

TESE DE DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS
TÍTULO: *IMPACTOS E MODIFICAÇÕES EM AGROECOSISTEMAS CULTIVADOS COM MILHO E ALGODÃO IRRIGADOS COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA*
AUTOR: MÁRCIA REJANE DE Q. ALMEIDA AZEVEDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE DOUTORADO TEMÁTICO
DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS

IMPACTOS E MODIFICAÇÕES EM AGROECOSSISTEMAS
CULTIVADOS COM MILHO E ALGODÃO IRRIGADOS COM
ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA

MÁRCIA REJANE DE QUEIROZ ALMEIDA AZEVEDO

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA - BRASIL

MARÇO – 2005

MÁRCIA REJANE DE QUEIROZ ALMEIDA AZEVEDO

**IMPACTOS E MODIFICAÇÕES EM AGROECOSSISTEMAS
CULTIVADOS COM MILHO E ALGODÃO IRRIGADOS COM ÁGUA
RESIDUÁRIA TRATADA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de “Doctor Scientiae” em Recursos Naturais.

Orientadores: Dra. Annemarie König

Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA - BRASIL

MARÇO – 2005

MÁRCIA REJANE QUEIROZ DE ALMEIDA AZEVEDO


**IMPACTO E MODIFICAÇÕES EM AGROECOSSISTEMAS CULTIVADOS COM
MILHO E ALGODÃO IRRIGADOS COM ÁGUA RESIDUÁRIA**

APROVADA EM: 18/03/2005


BANCA EXAMINADORA:

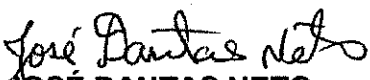

Prof. Dra. ANNEMARIE KÖNIG

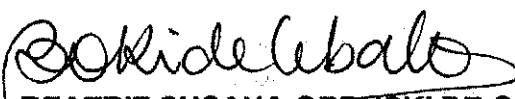
Departamento de Engenharia civil – DEC
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG


Prof. Dr. NAPOLEÃO ESBERARD DE MACEDO BELTRÃO - CNPA/EMBRAPA
Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - CNPA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA


Prof. Dr. FRANCISCO SUETÔNIO BASTOS MOTA
Universidade Federal do Ceará - UFC


Prof. Dr. HERMES ALVES DE ALMEIDA - PRODEMA/CCEN/UEPB
Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA
Centro de Ciências Exatas e da Natureza - CCEN
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB


Prof. Dr. JOSÉ DANTAS NETO
Departamento de Engenharia Agrícola - DEAg
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG


Profa. Dra. BEATRIZ SUSANA OBRUSKI DE CEBALLOS
Aposentada do Departamento de Engenharia civil – DEC
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

DEDICATÓRIA

“Louvado sejas Tu meu Senhor
por nossa irmã água
que é útil, humilde,
preciosa e casta”.
(São Francisco de Assis)

A meu pai René Rodrigues de Almeida (in memorian) pelo exemplo de honradez, humildade, caridade e responsabilidade. Por todos os sacrifícios que fez para que eu pudesse chegar até aqui e ser o que sou. O meu amor, que transcende este planeta.

A minha amada mãe Elza de Queiroz Almeida, por sua fé inabalável, seu imenso amor, zelo, paciência, amizade. Minha companheira, que sempre está ao meu lado me incentivando e dando forças através de suas palavras e orações para eu continuar a minha caminhada.

Aos meus verdadeiros tesouros e bênçãos de Deus, Gabriel Almeida Azevedo e Bianca Almeida Azevedo de quem subtraí muitos e grandes momentos de convivência, ternura, amor e aprendizado.

Ao meu esposo Carlos Alberto Vieira de Azevedo, grande companheiro e incentivador, pela paciência, amor, compreensão, apoio e conselhos durante todo o tempo em que estamos juntos e principalmente durante a realização deste trabalho.

Aos meus irmãos Magda, Vilma e Roberto.

A Natureza.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Pai e Criador de todo o universo, pela oportunidade de viver e por tudo que me concedeu.

A minha orientadora Prof. Dra. Annemarie König pela grande amizade, ensinamentos, dedicação, incentivo, carinho e paciência na condução dessa pesquisa.

Ao meu orientador Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão pela paciência, amizade, ensinamentos e orientações recebidos.

A professora Dra. Beatriz Suzana O. de Ceballos pelas valiosas sugestões.

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) pelo financiamento desta pesquisa.

A EMBRAPA Algodão, especialmente aos laboratórios de solos, sementes e fibras e fios pelas análises realizadas.

A CAGEPA pela cessão da área experimental e pelo empréstimo dos hidrômetros.

Ao laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande, pela realização das análises microbiológicas.

Aos laboratórios de física e química e fertilidade dos solos da Universidade Federal da Paraíba, Campus de Areia, pelas análises realizadas.

A EMBRAPA Algodão na pessoa do Engenheiro José Renato pela cessão da tubulação.

A amiga e companheira de pesquisa, Tatiana de Lima Tavares (Tati, folhinha da minha árvore) com quem dividi todos os momentos da condução dos trabalhos de campo, laboratórios, análises estatísticas e finalização deste experimento, e que nos momentos difíceis sempre me apoiou e me ajudou.

A amiga Lúcia de Fátima da Silva, companheira incansável e incentivadora nos exaustivos trabalhos de plantio, medição de plantas e colheita dos dois experimentos, e tantos outros, pela dedicação, responsabilidade na condução dos trabalhos, pela paciência e amizade.

Ao amigo Frederico Antônio Loureiro Soares pela valiosa ajuda nas análises estatísticas.

A amiga Thais Araújo Kogiso, companheira nos longos dias e noites de trabalho no laboratório de Saneamento.

Ao amigo e companheiro de curso Roberto Vieira Pordeus pela ajuda na localização de material bibliográfico, na realização das fotografias, pela atenção, carinho e paciência nos vários momentos em que dele precisei.

As companheiras de colheita Rosilda Medeiros, Elizabeth (Beta), Ana Lúcia e Damar.

A professora Joana D'arc Araújo Ferreira pela compreensão, amizade e carinho.

A amiga Ormezinda Lima Rego por sua amizade, pelos momentos de descontração, apoio e carinho.

A funcionária do laboratório de saneamento Valmária pelo carinho, e ajuda nos trabalhos de laboratório.

A minha amiga Dilma Maria de Brito Melo Trovão pelas palavras de carinho e incentivo.

Aos técnicos e funcionários da EMBRAPA Algodão, Jânio, Teresa, Mário, Isaias, Bereu e Jaílson que contribuíram dentro de suas áreas para o desenvolvimento deste trabalho.

A Narciso porteiro da EMBRAPA Algodão que sempre me recebeu com um sorriso largo, gentileza e carinho.

Ao Professor Adailson Pereira de Souza, chefe do Laboratório de Química e Fertilidade dos solos do CCA/AREIA/UFPB pelas valiosas sugestões.

Ao Professor Dr. Walter do departamento de fitotecnia do CCA/AREIA/UFPB, pelas orientações nas análises estatísticas.

Aos funcionários da UFPB, campus de Areia, Naldo, Suelene (Sula), Roberval (Vaval), Montesquieu, Sr. Castor, Eng. José do Patrocínio pela amizade, carinho e ajuda nas análises dos solos.

Aos irmãos que fizeram suas orações pedindo por mim.

A todas as pessoas que direta e/ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABELAS	xvi
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	xxiv
RESUMO	xxvi
ABSTRACT	xxvii
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1 A disponibilidade de água no planeta Terra	3
2.2 A escassez de água	4
2.3 Tratamento e reúso de esgoto na agricultura	5
2.4 Fertirrigação com uso de águas residuárias	7
2.5 Características das águas residuárias	9
2.5.1 Características físico-químicas da água residuária	12
2.6 Tratamento de águas residuárias	13
2.6.1 Lagoas de estabilização	14
2.7 Qualidade da água para irrigação	14
2.7.1 Qualidade da água e a salinidade	15
2.7.2 Qualidade da água e a infiltração	16
2.7.3 Qualidade da água e a toxicidade de ions específicos	17
2.7.4 Qualidade da água e o nitrogênio	18
2.7.5 Qualidade da água e o pH	19
2.7.6 Qualidade sanitária da água de irrigação	19
2.7.6.1 Padrões de qualidade da água residuária para reúso agrícola	20
2.7.6.2 Coliformes totais, fecais e <i>Escherichia coli</i>	20
2.8 Impactos da disposição de efluentes no sistema solo-planta-ambiente	22
2.8.1 Efeitos sobre as características físicas e químicas do solo	22
2.8.1.1 pH	23
2.8.1.2 Carbono e nitrogênio	24
2.8.1.3 Fósforo e enxofre	25
2.8.1.4 Cálcio, magnésio e potássio	26
2.8.1.5 Micronutrientes e elementos tóxicos	27
2.8.1.6 Salinidade, sodicidade e condutividade hidráulica	27
2.8.2 Efeito na nutrição das plantas	29
2.8.3 Sobrevivência dos microorganismos na água, no solo e na planta	30
2.8.3.1 Sobrevivência de patógenos na água	30
2.8.3.2 Sobrevivência de bactérias indicadoras de contaminação fecal e patogênicos nos solos	30
2.8.3.3 Sobrevivência de micoorganismos indicadores e patogênicos nas culturas	31
2.9 A adubação nitrogenada mineral: efeito sobre o meio edáfico e culturas	32

2.10 A cultura do milho	33
2.10.1 Histórico da cultura	33
2.10.2 Aspectos edafoclimáticos	34
2.10.3 Necessidade hídrica	35
2.10.4 Os nutrientes na cultura do milho	36
2.10.4.1 Nitrogênio	36
2.10.4.2 Fósforo	37
2.10.4.3 Potássio	38
2.10.5 Produção e produtividade	39
2.11 A cultura do algodoeiro herbáceo	41
2.11.1 Histórico da cultura	41
2.11.2 Aspectos edafoclimáticos	42
2.11.3 Necessidades hídricas	42
2.11.4 Os nutrientes na cultura do algodão	43
2.11.4.1 O nitrogênio na cultura do algodão	44
2.11.4.2 O fósforo na cultura do algodão	45
2.11.4.3 O potássio na cultura do algodão	45
2.11.5 Características da fibra e do fio do algodão	46
2.11.6 Efeito da adubação sobre a fibra do algodão	49
2.11.7 A cultivar BRS 187 8H	49
CAPÍTULO III – MATERIAL E MÉTODOS	51
3.1 Localização da área de estudo	51
3.1.1 A estação de tratamento de esgotos	52
3.2 A área experimental	54
3.3 Caracterização do solo da área de estudo	57
3.4 Análise dos solos	57
3.4.1 Parâmetros físicos	58
3.4.2 Parâmetros químicos	58
3.4.3 Parâmetros microbiológicos	59
3.5 Análise das águas de irrigação	59
3.5.1 Parâmetros físico-químicos	60
3.5.2 Parâmetros microbiológicos	60
3.6 Sistema de irrigação utilizado nos experimentos	60
3.7 Instalação e condução do experimento I: cultura do milho	62
3.7.1 Delineamento experimental	62
3.7.2 Análises estatísticas	64
3.7.3 Plantio e tratos culturais	64
3.7.4 Disposição das plantas nas parcelas experimentais	65
3.7.5 Lâmina de irrigação	65
3.7.6 Controle de ervas daninhas e pragas	66
3.7.7 Avaliação do crescimento das plantas	66
3.7.8 Componentes de produção	67
3.7.9 Avaliação microbiológica dos grãos e das folhas do milho	68
3.8 Instalação e condução do 2º experimento: cultura do algodão	69
3.8.1 Delineamento experimental	69
3.8.2 Análises estatísticas	71
3.8.3 Adubação mineral	71
3.8.4 Caracterização da semente BRS 187 8H	72

3.8.5	Plantio e tratos culturais	72
3.8.6	Lâmina de irrigação	72
3.8.7	Controle de ervas daninhas e pragas	73
3.8.8	Avaliação do crescimento das plantas	73
3.8.9	Componentes de produção	75
3.8.10	Características físicas da fibra	76
CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO		78
4.1	Cultura do milho	78
4.1.1	Água de irrigação	78
4.1.2	Solo	82
4.1.2.1	Caracterização do solo antes do experimento	82
4.1.2.2	Caracterização do solo após o cultivo do milho	86
4.1.2.2.1	Fertilidade	86
4.1.2.2.1.1	Potencial hidrogeniônico (pH)	86
4.1.2.2.1.2	Nitrogênio (N)	87
4.1.2.2.1.3	Fósforo (P)	89
4.1.2.2.1.4	Potássio (K)	91
4.1.2.2.1.5	Sódio (Na)	92
4.1.2.2.1.6	Cálcio (Ca)	93
4.1.2.2.1.7	Magnésio (Mg)	94
4.1.2.2.1.8	Soma de bases (SB)	95
4.1.2.2.1.9	Capacidade de troca catiônica (CTC)	97
4.1.2.2.1.10	Matéria orgânica (MO)	98
4.1.2.2.2	Salinidade	99
4.1.2.2.2.1	Carbonato (CO_3^{2-})	100
4.1.2.2.2.2	Cloreto (Cl^-)	101
4.1.2.2.2.3	Sulfato (SO_4^{2-})	102
4.1.2.2.2.4	Bicarbonato (HCO_3^-)	103
4.1.2.2.2.5	Condutividade elétrica (CE)	105
4.1.2.2.2.6	Razão de adsorção do sódio (RAS)	106
4.1.2.2.2.7	Percentual de sódio trocável (PST)	108
4.1.2.2.3	Metais pesados e Micronutrientes	109
4.1.2.2.3.1	Boro (B)	111
4.1.2.2.3.2	Ferro (Fe)	111
4.1.2.2.3.3	Cobre (Cu)	112
4.1.2.2.3.4	Manganês (Mn)	113
4.1.2.2.3.5	Zinco (Zn)	113
4.1.2.2.3.6	Níquel (Ni)	115
4.1.2.2.3.7	Chumbo (Pb)	116
4.1.2.2.4	Microbiologia	117
4.1.3	Planta	120
4.1.3.1	Análise de crescimento não destrutiva	120
4.1.3.1.1	Diâmetro caulinar	120
4.1.3.1.2	Altura	127
4.1.3.1.3	Área foliar por planta	129
4.1.3.2	Componentes de produção e produtividade	135
4.1.3.2.1	Peso da espiga de milho com palha (PM)	136
4.1.3.2.2	Peso das espigas de milho sem palha (PE)	137

4.1.3.2.3	Peso dos grãos (PG)	137
4.1.3.2.4	Diâmetro, comprimento e peso de uma espiga de milho	139
4.1.3.3	Microbiologia	140
4.2	Cultura do algodão	145
4.2.1	Água de irrigação	145
4.2.2	Solo	148
4.2.2.1	Caracterização do solo antes do plantio	148
4.2.2.2	Caracterização do solo após o cultivo do algodão	152
4.2.2.2.1	Fertilidade	152
4.2.2.2.1.1	Potencial hidrogeniônico (pH)	152
4.2.2.2.1.2	Nitrogênio(N)	152
4.2.2.2.1.3	Fósforo (P)	154
4.2.2.2.1.4	Potássio (K)	155
4.2.2.2.1.5	Sódio (Na)	156
4.2.2.2.1.6	Cálcio (Ca)	157
4.2.2.2.1.7	Magnésio (Mg)	157
4.2.2.2.1.8	Soma de Bases (SB)	159
4.2.2.2.1.9	Capacidade de troca catiônica (CTC)	159
4.2.2.2.1.10	Matéria Orgânica (MO)	160
4.2.2.2.2	Salinidade	161
4.2.2.2.2.1	Carbonato (CO_3^{2-})	162
4.2.2.2.2.2	Cloreto (Cl^-)	162
4.2.2.2.2.3	Sulfato (SO_4^{2-})	163
4.2.2.2.2.4	Bicarbonato (HCO_3^-)	164
4.2.2.2.2.5	Condutividade elétrica (CE)	166
4.2.2.2.2.6	Razão de Adsorção do Sódio(RAS)	166
4.2.2.2.2.7	Porcentagem de Sódio Trocável (PST)	167
4.2.2.2.3	Metais Pesados e Micronutrientes	168
4.2.2.2.3.1	Cobre (Cu)	169
4.2.2.2.3.2	Ferro (Fe)	169
4.2.2.2.3.3	Zinco (Zn)	171
4.2.2.2.3.4	Manganês (Mn)	172
4.2.2.2.3.5	Chumbo (Pb)	173
4.2.2.2.3.6	Níquel (Ni)	173
4.2.2.2.4	Microbiologia	174
4.2.2.2.4.1	Evolução da microbiologia do solo ao longo da pesquisa	176
4.2.3	Planta	181
4.2.3.1	Crescimento	181
4.2.3.1.1	Diâmetro caulinar	181
4.2.3.1.2	Altura da planta	186
4.2.3.1.3	Área foliar por planta	195
4.2.3.1.4	Peso da raiz pivotante	203
4.2.3.1.5	Comprimento da raiz pivotante	204
4.2.3.1.6	Diâmetro da raiz pivotante	204
4.2.3.2	Produção	205
4.2.3.2.1	Produção em caroço, número de capulhos por planta peso de 100 sementes, peso de 1 caroço e peso de 1 capulho	207

4.2.3.2.2 Peso da pluma, percentagem de fibra e grau de folha	211
4.2.3.3 Características tecnológica da fibra do algodão	212

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES	218
--------------------------------	-----

CAPÍTULO VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	220
-------------------------------------------------	-----

ANEXOS	243
---------------	-----

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1: Composição geral das águas residuárias domésticas	10
Figura 3.1: Localização geográfica da cidade de Campina Grande-PB	51
Figura 3.2: Vista das lagoas da ETE de Campina Grande-PB	52
Figura 3.3: Vista do vertedouro de entrada da 1 ^A . lagoa, calha Parshall e grade	53
Figura 3.4: Vista do vertedouro de saída do efluente da 2 ^A . lagoa da ETE	53
Figura 3.5: Vertedouro de saída do efluente final	54
Figura 3.6: Diagrama da área experimental	55
Figura 3.7: Diagrama da disposição das parcelas experimentais nos quatro blocos de acordo com o tipo de água de irrigação	56
Figura 3.8: Área experimental onde se visualiza os quatro blocos e as parcelas experimentais	57
Figura 3.9: Hidrômetro e registro que controlam a alimentação do tubo janelado	61
Figura 3.10: Vista do sistema de irrigação e dos quatro tanques para armazenamento da água de abastecimento	61
Figura 3.11: Conjunto motor-bomba para adução da água de abastecimento	62
Figura 3.12: Vista do vertedouro e da casa da bomba de adução da água residuária	62
Figura 3.13: Disposição das parcelas quanto ao tipo de água de irrigação	64
Figura 3.14: Diagrama da disposição das plantas de milho na parcela experimental	65
Figura 3.15: Medição do diâmetro caulinar das plantas do milho	67
Figura 3.16: Milho colhido acondicionado em sacos de pano identificados por parcela	68
Figura 3.17: Disposição das parcelas quanto aos tratamentos nos blocos	71
Figura 3.18: Irrigação das plantas de algodão nos 1 ^{OS} dias após a germinação	73
Figura 3.19: Medição da altura das plantas com trena de madeira	74
Figura 3.20: Capulho de algodão com quatro lojas	76
Figura 3.21: Caixa com capacidade para acondicionamento de 20 capulhos	76
Figura 4.1: pH do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	87
Figura 4.2: Nitrogênio do solo em função dos tratamentos, antes do plantio e depois da colheita do milho	88
Figura 4.3: Relação entre as doses de nitrogênio e o fósforo do solo	90
Figura 4.4: Fósforo do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	91
Figura 4.5: Potássio do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	92
Figura 4.6: Sódio do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	93
Figura 4.7: Cálcio do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	94
Figura 4.8: Magnésio do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	95
Figura 4.9: Relação entre a soma de bases no solo e as doses de nitrogênio em tratamentos que receberam água de abastecimento e água residuária	96
Figura 4.10: Capacidade de troca catiônica do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	98
Figura 4.11: Matéria orgânica do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	98
Figura 4.12: Carbonato do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	101
Figura 4.13: Cloreto do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	102
Figura 4.14: Sulfato do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	102

Figura 4.15: Relação entre as doses de nitrogênio e o bicarbonato do solo	103
Figura 4.16: Bicarbonato do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	104
Figura 4.17: Condutividade elétrica do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	106
Figura 4.18: Relação entre a RAS do solo e as doses de nitrogênio	107
Figura 4.19: Razão de adsorção de sódio do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	107
Figura 4.20: Curva representativa da influência das doses de nitrogênio sobre o PST do solo	108
Figura 4.21: Percentual de sódio trocável do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	109
Figura 4.22: Boro do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	111
Figura 4.23: Ferro do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	112
Figura 4.24: Cobre do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	112
Figura 4.25: Manganês do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	113
Figura 4.26: Relação entre as doses de nitrogênio e o zinco do solo	114
Figura 4.27: Concentração de zinco do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	114
Figura 4.28: Curva representativa da relação entre as doses de nitrogênio e o níquel no solo	115
Figura 4.29: Concentração de níquel do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	116
Figura 4.30: Concentração de chumbo do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	117
Figura 4.31: Concentração de coliformes totais no solo depois da colheita do milho	119
Figura 4.32: Concentração de coliformes fecais no solo depois da colheita do milho	119
Figura 4.33: <i>Escherichia coli</i> do solo antes do plantio e depois da colheita do milho	120
Figura 4.34: Relação do contraste DN x TA sobre o diâmetro caulinar das plantas do milho aos 40 DAS.	123
Figura 4.35: Relação entre as doses de nitrogênio e o diâmetro caulinar das plantas do milho aos 60 DAS	124
Figura 4.36: Relação entre as doses de nitrogênio e o diâmetro caulinar das plantas do milho aos 80 DAS	125
Figura 4.37: Efeito das doses de nitrogênio sobre o diâmetro das plantas do milho aos 100 DAS	126
Figura 4.38: Diâmetro caulinar das plantas aos 20, 40, 60, 80 e 100DAS em função dos tratamentos	126
Figura 4.39: Diâmetro caulinar das plantas aos 100DAS em função das doses de nitrogênio e dos tipos de água	126
Figura 4.40: Altura das plantas aos 20, 40, 60, 80 e 100DAS	128
Figura 4.41: Altura das plantas aos 100DAS em função das doses de nitrogênio e do tipo de água de irrigação	129
Figura 4.42: Efeito do contraste DN x TA sobre a área foliar por planta para a cultura do milho aos 60 DAS	131
Figura 4.43: Efeito do contraste DN x TA sobre a área foliar por planta para a cultura do milho aos 80 DAS	133
Figura 4.44: Efeito do contraste DN x TA sobre a área foliar por planta para a	

	cultura do milho aos 100 DAS	133
Figura 4.45:	Área foliar por planta aos 20, 40, 60, 80 e 100 DAS em função dos tratamentos	134
Figura 4.46:	Área foliar por planta aos 100DAS em função das doses de nitrogênio e do tipo de água de irrigação	134
Figura 4.47:	Relação entre doses de nitrogênio e o peso das espigas de milho com palha	136
Figura 4.48:	Relação entre as doses de nitrogênio e o peso das espigas de milho sem palha	137
Figura 4.49:	Relação entre as doses de nitrogênio e o peso dos grãos de milho	138
Figura 4.50:	Relação entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e água de abastecimento sobre os coliformes totais nos grãos de milho	142
Figura 4.51:	Número de coliformes totais, por tratamento, nos grãos de milho	142
Figura 4.52:	Número de coliformes fecais, por tratamento, nos grãos de milho	144
Figura 4.53:	pH no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	152
Figura 4.54:	Nitrogênio no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	152
Figura 4.55:	Fósforo no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	154
Figura 4.56:	Potássio no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	155
Figura 4.57:	Sódio no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	156
Figura 4.58:	Cálcio no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	157
Figura 4.59:	Magnésio no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	158
Figura 4.60:	Capacidade de troca catiônica do solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	160
Figura 4.61:	Matéria orgânica no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	160
Figura 4.62:	Carbonato no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	162
Figura 4.63:	Cloreto no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	163
Figura 4.64:	Sulfato no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	164
Figura 4.65:	Bicarbonato no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	164
Figura 4.66:	Condutividade elétrica do solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	166
Figura 4.67:	Razão de adsorção do sódio no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	167
Figura 4.68:	Percentual de sódio trocável no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	167
Figura 4.69:	Teor de cobre no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	169
Figura 4.70:	Curva que representa o efeito das doses de nitrogênio sobre o ferro no solo	170
Figura 4.71:	Ferro no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	171
Figura 4.72:	Teor de zinco no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	172
Figura 4.73:	Concentração de manganês no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	172
Figura 4.74:	Concentração de chumbo no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	173
Figura 4.75:	Teor de níquel no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão	174
Figura 4.76:	Efeito da adubação nitrogenada sobre a presença de <i>E. coli</i> no solo aos 180 dias após a instalação do experimento I	180

Figura 4.77: Efeito das doses de nitrogênio sobre o diâmetro caulinar das plantas do algodão aos 60 DAS	184
Figura 4.78: Efeito das doses de nitrogênio sobre o diâmetro caulinar das plantas do algodão aos 80 DAS	185
Figura 4.79: Efeito das doses de nitrogênio sobre o diâmetro caulinar das plantas do algodão aos 120 DAS	185
Figura 4.80: Diâmetro caulinar das plantas do algodão aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 DAS	186
Figura 4.81: Diâmetro caulinar das plantas do algodoeiro aos 120DAS em função das doses de nitrogênio e do tipo de água	186
Figura 4.82: Altura das plantas aos 60 DAS em função das diferentes doses de nitrogênio	189
Figura 4.83: Altura das plantas em função do desdobramento da interação DN x TA aos 80 DAS	191
Figura 4.84: Altura das plantas em função do desdobramento da interação DN x TA aos 100 DAS	191
Figura 4.85: Altura das plantas em função do desdobramento da interação DN x TA aos 120 DAS	192
Figura 4.86: Altura das plantas do algodoeiro em função dos tratamentos e dos dias após a semeadura (DAS)	194
Figura 4.87: Altura das plantas aos 120 DAS em função do tipo de água de irrigação e das doses de nitrogênio	194
Figura 4.88: Influência das doses de nitrogênio sobre a AFP aos 60 DAS	197
Figura 4.89: Influência das doses de nitrogênio sobre a AFP aos 120 DAS	198
Figura 4.90: Relação entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e água de abastecimento e a área foliar por planta aos 80DAS	199
Figura 4.91: Relação entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e água de abastecimento e a área foliar por planta aos 100DAS	199
Figura 4.92: Área foliar por planta do algodoeiro em função dos tratamentos e dos dias após a semeadura	201
Figura 4.93: Área foliar por planta em função das doses de nitrogênio e do tipo de água de irrigação	201
Figura 4.94: Relação entre as doses de nitrogênio e o peso das raízes pivotantes	204
Figura 4.95: Influência das doses de nitrogênio sobre o diâmetro da raiz pivotante das plantas	205
Figura 4.96: Relação entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e água de abastecimento sobre a produção do algodão em caroço	208
Figura 4.97: Produção do algodão em caroço em função do tipo de água de irrigação e das doses de nitrogênio	210
Figura 4.98: Relação entre as doses de nitrogênio e a quantidade de partículas interpretadas como impurezas	214

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 2.1: Aumento da produtividade agrícola (t/ha/ano) possibilitada pela irrigação com esgotos domésticos em Napgur - Índia	8
Tabela 2.2: Composição típica das águas residuárias domésticas brutas	11
Tabela 2.3: Diretrizes para a interpretação da qualidade da água para irrigação	15
Tabela 2.4: Tolerância à salinidade de algumas culturas e seu rendimento potencial em função da salinidade da água	16
Tabela 2.5: Classificação das águas destinadas à irrigação quanto aos aspectos sanitários.	22
Tabela 2.6: Fatores que influenciam a sobrevivência de bactérias e vírus no solo	31
Tabela 2.7: Tempo de sobrevivência das bactérias em algumas culturas com temperaturas variando entre 20 e 30°C	32
Tabela 2.8: Absorção de nutrientes durante o ciclo do algodoeiro e extração total para produzir uma tonelada de fibra por hectare	43
Tabela 2.9: Parâmetros ideais da fibra exigidos pela indústria têxtil nacional	48
Tabela 2.10: Principais características tecnológicas da fibra da variedade BRS 187 8H e comparação entre outras linhagens	50
Tabela 4.1: Valores médios das variáveis físico-químicas e microbiológicas das águas de abastecimento e residuária utilizadas na irrigação da cultura do milho	79
Tabela 4.2: Características físicas do solo antes da instalação do experimento I	82
Tabela 4.3: Características químicas do solo antes da instalação do experimento I	84
Tabela 4.4: Resumo da análise de variância, referente as variáveis: fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água.	88
Tabela 4.5: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T), para as variáveis: fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água.	89
Tabela 4.6: Resumo das análises de regressão, referente fósforo (P) do solo sob efeito de adubação nitrogenada; e irrigado com dois tipos de água.	90
Tabela 4.7: Resumo das análises de variância referentes as variáveis: soma das bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e matéria orgânica (M.O.) do solo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água.	95
Tabela 4.8: Desdobramento da interação (DN x TA) para a variável soma de bases (SB) do solo quando submetido ao efeito de diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água	96
Tabela 4.9: Médias do desdobramento da interação (DN x TA) para a variável soma de bases (SB) do solo quando submetido ao efeito de diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água	97
Tabela 4.10: Resumo das análises de variâncias, referentes as variáveis:	

	carbonato (CO_3^{2-}), cloreto (Cl), sulfato (SO_4^{2-}) e bicarbonato (HCO_3) do solo, sob efeito de adubação nitrogenada e irrigado com dois tipos de água.	99
Tabela 4.11:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN) e tipo de água (TA) e testemunhas (T) para o carbonato (CO_3^{2-}), cloreto (Cl), sulfato (SO_4^{2-}) e bicarbonato (HCO_3) do solo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água.	99
Tabela 4.12:	Resumo das análises de regressão referente ao bicarbonato (HCO_3) do solo adubado com nitrogênio e irrigado com dois tipos de água	100
Tabela 4.13:	Valores médios da concentração de bicarbonato no solo para as duas testemunhas	100
Tabela 4.14:	Resumo das análises de variâncias, referentes as variáveis: condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST) do milho sob efeito residual de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água.	104
Tabela 4.15:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) para as variáveis: condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST).	105
Tabela 4.16:	Resumo das análises de regressão, referente as variáveis: condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST) do milho adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água	105
Tabela 4.17:	Resumo das análises de variâncias, referentes as variáveis: boro (B), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), níquel (Ni) e chumbo (Pb) do solo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água.	110
Tabela 4.18:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) para as variáveis: boro (B), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), níquel (Ni) e chumbo (Pb)	110
Tabela 4.19:	Resumo das análises de regressão, referente as variáveis: zinco (Zn) e níquel (Ni) do solo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigado com dois tipos de água.	110
Tabela 4.20:	Resumo das análises de variâncias, referentes as variáveis: coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) e <i>Escherichia coli</i> (EC) do solo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água.	118
Tabela 4.21:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio residual (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (TA) para as variáveis coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) e <i>Escherichia coli</i> (EC) do solo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água.	118
Tabela 4.22:	Resumo das análises de variâncias, referente a variável diâmetro do caule das plantas do milho aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) sob efeito de adubação nitrogenada e irrigado com dois tipos de água.	121
Tabela 4.23:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água	

	(TA) e testemunhas (T) para a variável diâmetro do caule aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS)	121
Tabela 4.24:	Resumo das análises de regressão, referente a variável diâmetro do caule aos 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) do milho adubados com diferentes doses de nitrogênio e irrigados com dois tipos de água.	121
Tabela 4.25:	Médias dos diâmetros caulinares das plantas de milho, por tratamento, aos 20 DAS.	122
Tabela 4.26:	Desdobramento da interação (DN x TA) para o diâmetro do caule aos 40 dias após semeadura (DAS) do milho sob efeito residual de adubação nitrogenada do solo e irrigação com dois tipos de água	122
Tabela 4.27:	Médias do desdobramento do contraste (DN x TA) para o diâmetro do caule aos 40 dias após semeadura (DAS) do milho sob efeito residual de diferentes doses de nitrogênio e irrigação com dois tipos de água	124
Tabela 4.28:	Resumo das análises de variância, referente a variável altura da planta aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) do milho sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água.	127
Tabela 4.29:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e tratamentos (T) para a variável altura da planta aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS)	127
Tabela 4.30:	Resumo das análises de variâncias, referente a variável área foliar (cm ²) por planta aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) do milho adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água	129
Tabela 4.31:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) para a variável área foliar da planta aos 40 dias após semeadura (DAS) do milho.	130
Tabela 4.32:	Desdobramento do contraste (DN x TA) para a área foliar da planta aos 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) do milho adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	131
Tabela 4.33:	Médias do desdobramento do contraste (DN x TA) para a área foliar da planta aos 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) do milho adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	132
Tabela 4.34:	Resumo das análises de variância, referente as variáveis: peso do milho com palha (PM), peso da espiga sem palha (PE) e do peso dos grãos de milho (PG) adubados com diferentes doses de nitrogênio e irrigados com dois tipos de água.	135
Tabela 4.35:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) para as variáveis: peso da espiga de milho com palha (PM), peso da espiga de milho sem palha (PE) e peso dos grãos (PG).	135
Tabela 4.36:	Resumo das análises de regressão, referente as variáveis: peso da espiga de milho com palha (PM), peso da espiga de milho sem a	

	palha (PE) e do peso do grão (PG) do milho adubados com diferentes doses de nitrogênio e irrigados com dois tipos de água.	136
Tabela 4.37:	Peso dos grãos de milho, por tratamento, sob efeito de adubação nitrogenada residual e dois tipos de água de irrigação.	138
Tabela 4.38:	Resumo das análises de variâncias, referentes as variáveis: diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE) e peso da espiga (PE) numa amostra de 10 espigas de uma parcela de milho sob efeito de diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	139
Tabela 4.39:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN) e tipo de água (TA) e testemunhas (T), para as variáveis: diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE) e peso da espiga de milho de uma amostra de 10 espigas por parcela.	140
Tabela 4.40:	Resumo das análises de variâncias, referentes as variáveis coliformes totais (CTG) e coliformes fecais (CFG) do milho sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água.	140
Tabela 4.41:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) para as variáveis coliformes totais (CTG) e coliformes fecais (CFG) dos grãos do milho sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água.	141
Tabela 4.42:	Desdobramento da interação (DN x TA) para a variável coliforme total (CTG) dos grãos do milho sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água	141
Tabela 4.43:	Médias do desdobramento da interação (DN x TA) para os coliformes totais nos grãos de milho sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água	143
Tabela 4.44:	Médias por tratamento para a <i>Escherichia coli</i> dos grãos de milho sob efeito de adubação nitrogenada residual e dois tipos de água	144
Tabela 4.45:	Valores médios das análises físico-químicas e microbiológicas das águas de abastecimento e residuária tratada utilizadas na irrigação da cultura do algodão	146
Tabela 4.46	Características químicas do solo antes do estabelecimento do Experimento II	150
Tabela 4.47:	Resumo das análises de variância, referente as variáveis: fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	153
Tabela 4.48:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T), referente as variáveis: fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	153
Tabela 4.49:	Resumo das análises de regressão referente ao potássio (K) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água	156
Tabela 4.50:	Resumo das análises de variância referente as variáveis: soma das bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e matéria orgânica (M.O.) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e	

	irrigado com dois tipos de água.	158
Tabela 4.51:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) referente as variáveis: soma das bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e matéria orgânica (M.O.) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	159
Tabela 4.52:	Resumo das análises de variância referente as variáveis: carbonato (CO ₃), cloreto (Cl ⁻), bicarbonato (HCO ₃ ⁻) e sulfato (SO ₄ ²⁻) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	161
Tabela 4.53:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) referente as variáveis: carbonato (CO ₃), cloreto (Cl ⁻), bicarbonato (HCO ₃ ⁻), sulfato (SO ₄ ²⁻) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	161
Tabela 4.54:	Resumo das análises de variância referentes as variáveis condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	165
Tabela 4.55:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) referente as variáveis: condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	165
Tabela 4.56:	Resumo das análises de variâncias dos metais pesados e micronutrientes do solo do experimento referente as variáveis: cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), chumbo (Pb) e níquel (Ni) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	168
Tabela 4.57:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) das variáveis: cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), chumbo (Pb) e níquel (Ni) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	168
Tabela 4.58:	Resumo das análises de regressão, referente a variável ferro (Fe) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	170
Tabela 4.59:	Resumo das análises de variâncias referentes as variáveis: coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) e <i>Escherichia coli</i> (EC) do solo depois do cultivo do algodão, adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	174
Tabela 4.60:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para as variáveis: coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) e <i>Escherichia coli</i> (EC) do solo depois do cultivo do algodão, adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	175
Tabela 4.61:	Resumo das análises de variância referentes a variável coliforme	

	fecal (CF) do solo aos 120, 180 e 240 dias da instalação do experimento I	176
Tabela 4.62:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para a variável coliforme fecal (CF) do solo, aos 120, 180 e 240 dias da instalação do experimento I.	177
Tabela 4.63:	Médias das concentrações de coliformes fecais (NMP/100g) no solo para cada tratamento antes do plantio, no meio do cultivo e ao final do cultivo do algodão.	177
Tabela 4.64:	Resumo das análises de variâncias referentes a variável <i>Escherichia coli</i> (EC) do solo aos 120, 180 e 240 dias da instalação do experimento I.	178
Tabela 4.65:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para a variável <i>Escherichia coli</i> (EC) do solo aos 120, 180 e 240 dias da instalação do experimento I	178
Tabela 4.66:	Resumo das análises de regressão, referente a variável <i>Escherichia coli</i> (EC) do solo aos 180 dias da instalação da pesquisa.	179
Tabela 4.67:	Médias das concentrações de <i>Escherichia coli</i> (MNP/100g) no solo para cada tratamento antes do plantio, no meio do cultivo e ao final do cultivo do algodão.	180
Tabela 4.68:	Resumo das análises de variâncias, referente a variável diâmetro do caule aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	181
Tabela 4.69:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) referentes a variável diâmetro do caule aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	182
Tabela 4.70:	Resumo das análises de regressão, referente a variável diâmetro do caule aos 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubados com diferentes doses de nitrogênio e irrigados com dois tipos de água.	184
Tabela 4.71:	Resumo das análises de variâncias, referente a variável altura de planta (AP) aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	187
Tabela 4.72:	Valores médios referentes a variável altura de planta (AP) aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	187
Tabela 4.73:	Resumo das análises de regressão, referente a variável altura de planta (AP) aos 60 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	189
Tabela 4.74:	Desdobramento da interação (DN x TA) para variável altura de planta (AP) aos 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com	

	dois tipos de água.	190
Tabela 4.75:	Médias do desdobramento da interação (DN x TA) para altura de planta (AP) aos 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	192
Tabela 4.76:	Resumo das análises de variância, referente a variável área foliar da planta (AFP) aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	195
Tabela 4.77:	Valores médios referentes a variável área foliar da planta (AFP) aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	196
Tabela 4.78:	Resumo das análises de regressão para variável área foliar da planta (AFP) aos 60 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água	197
Tabela 4.79:	Desdobramento da interação (DN x TA) para variável área foliar da planta (AFP) aos 80 e 100 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água	198
Tabela 4.80:	Médias do desdobramento da interação (DN x TA) para área foliar da planta (AFP) aos 80 e 100 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água	200
Tabela 4.81:	Resumo das análises de variância referente as variáveis: peso da raiz pivotante (PR), comprimento da raiz pivotante (CR), e diâmetro da raiz pivotante (DR), de cinco plantas do algodoeiro adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	202
Tabela 4.82:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para o peso das raízes de cinco plantas (PR), comprimento da raiz pivotante das plantas (CR), diâmetro da raiz pivotante das plantas (DR), de cinco plantas do algodoeiro adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	202
Tabela 4.83:	Resumo das análises de regressão para o peso das raízes (PR) e diâmetro das raízes (DR), do algodoeiro adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	203
Tabela 4.84:	Resumo das análises de variância referente as variáveis: produção em caroço (P), número de capulhos por planta (NC), peso de 100 sementes (P100S), peso de 1 caroço (PC) e peso de 1 capulho (P1C) de algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água	206
Tabela 4.85:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para as variáveis: produção em caroço (P), número de capulhos por planta (NC), peso de 100 sementes	

	(P100S), peso de 1 caroço (PC) e peso de 1 capulho (PIC) de algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água	206
Tabela 4.86:	Desdobramento do contraste (DN x TA) para a produção (P), do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	207
Tabela 4.87:	Médias do desdobramento do contraste (DN x TA) para a produção (P), do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	209
Tabela 4.88:	Resumo das análises de variâncias de produção referente as variáveis: peso da pluma (PP), percentagem de fibras (%F) e graus de folha (L) do algodoeiro adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	211
Tabela 4.89:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para o peso das plumas (PP), percentagem de fibras (%F) e graus de folha (L) do algodoeiro adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	212
Tabela 4.90:	Resumo das análises de variâncias referentes as variáveis: percentagem da amostra representada como impurezas (AREA), quantidade de partículas interpretadas como impurezas (CNT), comprimento da fibra (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI) e resistência (STR) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	213
Tabela 4.91:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para as variáveis: percentagem da amostra representada como impurezas (AREA), quantidade de partículas interpretadas como impurezas (CNT), comprimento da fibra (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI) e resistência (STR) do algodoeiro adubados com diferentes doses de nitrogênio e irrigados com dois tipos de água.	213
Tabela 4.92:	Resumo das análises de regressão para a quantidade de partículas interpretadas como impurezas (CNT) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água	214
Tabela 4.93:	Resumo das análises de variâncias de produção referente as variáveis: alongamento a ruptura (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (Rd), grau de amarelecimento (+b) e índice de fiabilidade (CSP) da fibra do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	215
Tabela 4.94:	Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para as variáveis: alongamento a ruptura (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (Rd), grau de amarelecimento (+b) e índice de fiabilidade (CSP) da fibra do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.	216
Tabela 4.95:	Resumo das análises de regressão para a reflectância (Rd) do algodoeiro adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água	217

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

- AFP – Área foliar por planta
AP – altura da planta
+b – Grau de amarelo
CE – Condutividade elétrica
CE – Comprimento de uma espiga de milho
CF – Coliforme fecal
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento
CR – Comprimento da raiz pivotante
CT – Coliforme total
CTC – Capacidade de troca catiônica
EC – *Escherichia coli*
ETE – Estação de tratamento de esgotos
DAS – Dias após a semeadura
DBO – Demanda bioquímica de oxigênio
DE – Diâmetro de uma espiga de milho
DMS – Desvio médio quadrático
DN – Dose de nitrogênio
DQO – Demanda química de oxigênio
DR – Diâmetro da raiz pivotante
ELG – Alongamento à ruptura
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC – Índice de colheita
MAT – Maturidade da fibra do algodão
MENA – Middle East and North Africa
MIC – Índice micronaire
NCSWS – National center for Sustainable Water Supply
NMP – Número mais provável
OD – Oxigênio dissolvido
PE – Peso de uma espiga de milho
PE – Peso de espigas de milho com palha
PG – Peso dos grãos de milho

pH – Potencial hidrogeniônico

PM – Peso de espigas de milho sem palha

PR – Peso da raiz pivotante

PST – Percentual de sódio trocável

RAS – Razão de adsorção de sódio

Rd - Reflectância

SFI – Índice de fibras curtas

STR – Resistência da fibra

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

SVS – Secretaria de Vigilância Sanitária

TA – Tipo de água

TA1 – Água de abastecimento

TA2 – Água residuária tratada

UHM – Comprimento da fibra do algodão

UNF – Uniformidade de comprimento da fibra do algodão

USEPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

RESUMO

Com o objetivo de se avaliar os impactos e modificações no meio edáfico e sobre duas culturas causados pela irrigação com água residuária tratada e adubação química nitrogenada de fundação e cobertura, desenvolveu-se esta pesquisa nas dependências da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), em Campina Grande, PB, cujas culturas foram milho forrageiro híbrido, cultivar AG 1051, e algodão herbáceo, cultivar BRS 187 8H; para o Experimento I (milho), utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso em que o fatorial foi $[(2 \times 5) + 2]$, e, os fatores: dois tipos de água de irrigação (residuária tratada e abastecimento), cinco doses residuais de adubação química nitrogenada (0, 60, 90, 120 e 180kgN/ha) e duas testemunhas absolutas (água de abastecimento e água residuária tratada). No Experimento II (algodão), o delineamento experimental foi o mesmo, porém com adubação química nitrogenada nas doses de 0, 80, 160, 240 e 320kgN/ha. Ambos experimentos tiveram quatro repetições. Para a cultura do milho, foram avaliadas as variáveis de crescimento das plantas (altura da planta, diâmetro caulinar, área foliar por planta, diâmetro, comprimento e peso de uma espiga de milho, por tratamento), as variáveis de produção (peso de espigas com e sem palhas e peso dos grãos, por tratamento) e a contaminação microbiológica dos grãos de milho. Para o solo foram feitas análises físicas, químicas (macro e micronutrientes), de metais pesados e de microbiologia (coliformes totais, coliformes fecais e *Escherichia coli*). Para a cultura do algodão, foram repetidas as análises de solo do Experimento I e para a planta do algodoeiro herbáceo, análises de crescimento, produção e de fibras. De acordo com os resultados das análises estatísticas, concluiu-se que tanto o milho quanto o algodão responderam satisfatoriamente à irrigação com água residuária tratada, com todas as variáveis de crescimento e produção, respondido melhor à irrigação com esse tipo de água do que com água de abastecimento. O milho obteve uma produção de 3812,5kg de grãos/ha, enquanto a produção do algodão em caroço foi de 3310kg/ha, superando em 116% a média do Nordeste brasileiro que é de 1528kg/ha. A água residuária tratada exerceu influência nos elementos químicos do solo em ambos os experimentos, havendo ao final do Experimento II aumento de todos os micronutrientes e metais pesados no solo. A contaminação do solo por coliformes fecais e *Escherichia coli* diminuiu ao final do Experimento I e mais ainda ao final do Experimento II. Os grãos de milho sofreram contaminação por coliformes totais e coliformes fecais.

Palavras-chave: Água residuária tratada, solo, adubação nitrogenada, algodão, milho.

ABSTRACT

With the objective of evaluating the impacts and modifications in the edaphic medium and on two crops caused by irrigation with treated wastewater and by nitrogen chemical manuring, a research was developed in the Sewers Treatment Station belonging to the Company of Water and Sewers of Paraíba state (CAGEPA), in Campina Grande, Brazil. The crops were fodder hybrid corn, variety AG 1051, and herbaceous cotton, variety BRS 187 8H. For the Experiment I (corn), the randomized blocks design was used with a factorial of $[(2 \times 5) + 2]$, in which the factors were two types of water irrigation (treated wastewater and provisioning), five residual doses of nitrogen chemical manuring (0, 60, 90, 120 and 180kgN/ha) and two absolute proofs (water of provisioning and treated wastewater). In the Experiment II (cotton), the experimental design was the same, however there was nitrogen chemical manuring in the doses of 0, 80, 160, 240 and 320kgN/ha. Both experiments had four replications. For the corn crop, the growth variables (height and diameter of the stem, foliar area per plant, diameter, length and weight of a corn ear), the production variables (weigh of corn ears with and without straw, weight of the slough and of the grains) and the microbiologic contamination of the corn grains were analysed. For the soil, physical, chemical (macro and micro nutrients), heavy metals and microbiology (total coliformes, fecal coliformes and *Escherichia coli*) analyses were made. For cotton crop, all soil analyses accomplished in the Experiment I were also performed for the Experiment II, and for the plant, growth, production and fibers analyses. According to the results of the statistical analyses, it was concluded that both crops responded satisfactorily to irrigation with treated wastewater, having all growth and production variables responded better to irrigation with that kind of water than with water of provisioning. The corn obtained a production of 3812,5kg of grains/ha, while the production of cotton in pit was 3310kg/ha, overcoming in 116% the average of the brazilian Northeast, which is 1528kg/ha. The treated wastewater influenced the soil chemical elements in both experiments, having by the end of the Experiment II increase of all micro nutrients and heavy metals in the soil. The levels of soil contamination by fecal coliformes and *Escherichia coli* fell at the end of the Experiment I, and even much more at the end of the Experiment II. The corn grains suffered contamination by total coliformes and fecal coliformes.

Key words: Treated wastewater, nitrogen manuring, cotton, corn, edaphic medium

1.0 INTRODUÇÃO

Em decorrência da instabilidade climática e da má gestão dos recursos hídricos, a maior parte do nordeste brasileiro apresenta um dramático quadro de destruição de lavoura, desemprego e fome.

A água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola do semi-árido nordestino. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos procuram, continuamente, novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica ainda existente, condições em que o conceito de "substituição de fontes" se mostra como alternativa mais plausível para satisfazer demandas menos restritivas em qualidade, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico.

As águas de qualidade inferior, como esgotos tratados, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem agrícola e águas salobras devem, sempre que possível, ser consideradas fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o aproveitamento dessas fontes constitui-se atualmente, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema de escassez de água.

Estudos efetuados em diversos países demonstraram que a produção agrícola aumenta em sistemas de irrigação com esgotos adequadamente manejados sob o ponto de vista agrícola e sanitário. O aumento de produtividade não é, entretanto, o único incremento ao sistema quantitativo, uma vez que se torna possível ampliar a área irrigada e efetuar colheitas múltiplas, praticamente ao longo de todo o ano.

A água residuária tratada já vem sendo utilizada há mais de 20 anos em alguns países do mundo.

Pesquisas realizadas mostram que águas residuárias tratadas por lagoas de estabilização têm apresentado índices satisfatórios para utilização em irrigação de culturas industriais e em alguns casos até para culturas que são ingeridas cruas.

Em vários países do mundo onde se verifica escassez de água, a irrigação com água residuária tratada vem promovendo desenvolvimento econômico e social e a melhoria da qualidade de vida das populações. Mediante esta constatação desenvolveu-se um estudo utilizando água residuária tratada pela Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de Campina Grande – PB, para irrigar cultivos de milho e algodão que são culturas de grande importância econômica para o pequeno e médio produtor paraibano, procurando-se analisar as modificações

no meio edáfico, causadas pelo uso da água residuária e, sua avaliação como alternativa para produzir milho e algodão nesta região, tendo os seguintes objetivos.

OBJETIVO GERAL

Avaliar os impactos e as modificações causados no meio edáfico e nas culturas de milho (*Zea mays* L.) e algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), quando irrigados com água residuária tratada, proveniente das lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) da cidade de Campina Grande – PB.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorar mensalmente a qualidade química e microbiológica das águas de abastecimento e residuária tratada, utilizadas nos cultivos do milho e algodão;
- Analisar química e microbiologicamente o solo ao final do experimento I (milho), ao qual foi adicionado água residuária tratada, e do experimento II (algodão) que recebeu adubação nitrogenada e água residuária tratada;
- Avaliar a eficiência da água residuária tratada como única fonte de nutrientes na cultura do milho, cultivar AG 1051, através das variáveis: crescimento, produção e produtividade;
- Verificar se há ou não contaminação microbiológica nos grãos do milho, quando irrigados com água residuária tratada;
- Analisar os efeitos da irrigação e da adubação química no crescimento, produção, produtividade e qualidade da fibra do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch.), cultivar BRS 187 8H.

2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO PLANETA TERRA

A água é o recurso natural mais importante para a manutenção da vida no planeta. A quantidade de água disponível no mundo é de $1,36 \times 10^8 \text{ m}^3$, 97% se constituem de água salgada; 2,2% compõem as geleiras e apenas 0,8% são compostas de água doce. Desta, apenas 3% apresentam-se na forma de água superficial (VON SPERLING, 1995).

A distribuição e a quantidade de água no mundo dependem das condições climáticas, da geologia, orografia, tipo de solo e da cobertura vegetal. Estes fatores conjuntamente impõem variações temporais e espaciais na abundância do recurso, resultando numa distribuição desigual a tal ponto que apenas oito países, dentre eles o Brasil, detém 90% da água do planeta (JIMÉNEZ CISNEROS, 2001). Exemplo dessa distribuição irregular está no Japão, que possui uma população de 126 milhões de pessoas, 2,5% da população mundial, e que apresenta 1% da disponibilidade hídrica do planeta (SENRA, 2001).

O aumento da população mundial implica em elevação da demanda de água, principalmente para a produção de alimentos. Em muitas regiões do globo, a população ultrapassou o ponto em que podia ser abastecida pelos recursos hídricos disponíveis. Hoje existem 26 países que abrigam 262 milhões de pessoas e que se enquadram na categoria de áreas com escassez de água (SANTOS & MANCUSO, 2003).

No Brasil, que possui uma população de 182 milhões de habitantes, 2,8% da população mundial, e que ocupa o primeiro lugar em reserva de água do planeta (12%), o que dá uma média anual de 36.000 m^3 de água por habitante, a água não se encontra equitativamente distribuída entre a população, pois a região amazônica, com 5% da população do país, possui 40% do total da reserva, enquanto o nordeste tem apenas 3% da reserva e é a segunda região mais populosa (IBGE, 2004).

Nos últimos 40 anos, o Brasil teve reduzido em 50% sua disponibilidade de água de boa qualidade por habitante, em função do aumento da população, da industrialização, dos processos de erosão, de desmatamento, de queimadas, de impermeabilização dos solos, de poluição doméstica e industrial, dos agrotóxicos e dos projetos de irrigação mal conduzidos (SENRA, 2001).

A demanda de água para a agricultura no Brasil é muita elevada aproximadamente 80% (HESPANHOL, 2003) e compromete o abastecimento humano e o desenvolvimento das cidades, tornando-se necessária a utilização de recursos hídricos não convencionais como a água

residuária tratada na agricultura irrigada, destinando-se a água de melhor qualidade para o consumo humano. ✕

2.2 A ESCASSEZ DE ÁGUA

A falta de água é um dos grandes problemas a serem enfrentados pela humanidade neste milênio. Em vários países grupos de cientistas buscam soluções para a escassez de água, que deve ser entendida não somente sob o aspecto de disponibilidade, mas também pelo uso que se pretende fazer dela. ✓

No Oriente Médio, quando se perfura um poço, o desejo maior é encontrar água e não petróleo. No Iraque, a situação já está tão crítica que se trocam dois barris de petróleo por um barril de água com a Bulgária (SENRA, 2001).

O National Center for Sustainable Water Supply (NCSWS), grupo patrocinado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e pela Fundação de Pesquisas da American Water Works Association, afirma que, com o crescimento populacional em áreas urbanas, por volta de 2025, a população sujeita à escassez de água será dez vezes maior do que a atual, e ainda, que o reúso e a recirculação da água são os únicos métodos para aumentar o suprimento após o esgotamento da água superficial e do aquífero subterrâneo (SANTOS & MANCUSO, 2003).

Nas regiões áridas e semi-áridas do mundo, a água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola.

O Middle East and North África (MENA), que abriga os países da Argélia, Baharein, Chipre, Egito, Irã, Iraque, Israel, Jordânia, Kuwait, Líbano, Líbia, Marrocos e Saara Ocidental, Omã, Autoridade Palestina, Qatar, Arábia Saudita, Síria, Tunísia, Turquia, Emirados Árabes Unidos e Iêmen é a região de maior escassez de água do planeta, abriga 300 milhões de pessoas e possui apenas 1% do estoque anual de água renovável do planeta (SANTOS & MANCUSO, 2003). De acordo com BAKIR (2001), a produção de esgotos, cada vez maior com o aumento da população, é a única forma significativa, crescente e confiável de água para o futuro do MENA.

No Brasil o problema de escassez de água atinge algumas regiões; mesmo sendo um país privilegiado em disponibilidade de água, a mesma não se encontra equitativamente distribuída entre seus habitantes. A região nordeste do Brasil abriga 33,3% da população do País; é uma região que sofre longos períodos de estiagens, que se traduz em paisagens desérticas, com rios secos e cidades desabitadas, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas. A área do polígono da seca, segundo a SUDENE, é de 1.044.606km², ou seja, 12,28% do território brasileiro e

65,29% do nordeste. O período de chuvas no semi-árido nordestino é curto. A média de chuva anual é cerca de 500mm (JALFIM & BAPTISTA, 2003), sendo irregularmente distribuída tanto temporal quanto espacialmente.

As tecnologias de tratamento que permitem a reutilização de esgotos sanitários tratados despontam em todo o mundo como uma alternativa marcante para minorar o panorama de escassez, cada vez mais evidente em diversos países.

Em vários países onde há escassez de água, a prática do reúso de esgotos tratados, principalmente na agricultura, vem sendo realizada já há algum tempo e nesses locais tem sido observado um desenvolvimento econômico e social grande, traduzido em qualidade de vida para as populações locais.

O aumento da população implica diretamente em maior demanda de água para a produção de alimentos. Face às grandes vazões envolvidas, (chegando a até 80% do uso consumptivo, em alguns países), especial atenção deve ser atribuída ao reúso para fins agrícolas. Atualmente a agricultura depende de suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida, sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais (HESPANHOL, 2003).

2.3 TRATAMENTO E REÚSO DE ESGOTO NA AGRICULTURA

A aplicação no solo constitui uma das práticas mais antigas de tratamento, destino final e/ou reciclagem de esgotos sanitários. As “fazendas de esgotos”, como ficaram conhecidas as primeiras experiências na Inglaterra, no início do século XIX, logo se disseminaram pela Europa e Estados Unidos. Entretanto, com o crescimento das cidades a valorização das áreas periurbanas, a sedução exercida pelo desenvolvimento de alternativas tecnológicas mais sofisticadas, o desenvolvimento da microbiologia sanitária e a preocupação com a saúde pública, entre outros, fizeram com que a opção pela disposição no solo, como método de tratamento de esgotos, fosse praticamente abandonada por volta do final da primeira metade do século XX.

Nessa época, o avanço do conhecimento sobre a microbiologia sanitária e a epidemiologia e o desenvolvimento dos processos de tratamento de esgotos, além da demanda crescente de água para a irrigação, renovaram o interesse pela utilização de esgotos em irrigação, geralmente acompanhada de regulamentação bastante restritiva (BASTOS et al., 2003). Embora as primeiras experiências tivessem por objetivo inicial o tratamento dos esgotos; a irrigação,

como meio de reciclagem de água e produção agrícola, também constitui uma prática centenária (MARA & CAIRNCROSS, 1989).

Em vários países do mundo a prática do reúso de esgotos tratados na agricultura vem sendo praticada há algum tempo e os benefícios econômicos auferidos se devem graças ao aumento da área cultivada e ao aumento da produtividade agrícola, os quais são mais significativos em áreas onde se depende apenas de irrigação natural, proporcionada pelas águas de chuvas. Um exemplo notável de recuperação econômica, associada à disponibilidade de esgotos para irrigação é citado por HESPANHOL (2001) apud SANTOS E MANCUSO (2001); é o caso do Vale de Mezsquital, no México, onde, a utilização de águas residuárias para irrigação data de fins do século retrasado; de acordo com o CNA (1993), a renda agrícola aumentou de quase zero no início do século, quando os esgotos da cidade do México foram postos à disposição da região, para cerca de 4 milhões de dólares por hectare, em 1990. Nos dias atuais estão assentadas numa área de mais de 70.000ha irrigada com esse tipo de água, mais de 45.000 famílias de agricultores, que cultivam principalmente milho e alfafa e, em menor proporção, a aveia, o trigo, a cevada a pimenta e o tomate (LÉÓN & MOSCOSO, 1999).

Nos Estados Unidos a tradição de reúso de água para diversas finalidades é uma prática antiga em alguns estados como a Califórnia, onde no ano de 1987, 63% dos esgotos tratados eram destinados para irrigação agrícola; 14% para recarga de aquíferos; 13% para irrigação de áreas verdes urbanas; e 10% para aplicações industriais, recreativas e para a vida silvestre.

Em vários países, a prática é regulamentada em legislação específica e faz parte de programas governamentais de irrigação e gestão de recursos hídricos, como no caso de Israel e México. Para 2010, estimou-se que os esgotos tratados no México responderiam por quase 30% de toda a água disponibilizada para a agricultura (SHELEF, 1991). Na cidade do México, 45m³/s de esgotos sanitários, combinados a 10m³/s de águas pluviais irrigam uma área de 80.000ha de cereais e forrageiras (STRAUSS & BLUMENTHAL, 1989).

De acordo com MARA & CAIRNCROSS (1989), a irrigação com esgotos sanitários é praticada tanto em países industrializados quanto nos chamados países em desenvolvimento e a China é o país que possui a maior área irrigada com esgotos sanitários (1.330.000ha), o México (250.000ha), Índia (73.000ha), Argentina (3.700ha), Alemanha (28.000ha), Chile (16.000ha) e Estados Unidos (14.000ha).

Na Califórnia, duzentas estações de tratamento produzem diariamente 759.000m³ de efluentes tratados, usados em vinte diferentes cultivos alimentares: macieira, aspargo, abacate, cevada, feijão, brócolis, couve, couve-flor, aipo, cítricos, uvas, alface, milho, pêssego, pimenta, pistachos, ameixa, cabaceira, beterraba e trigo. Também são irrigados com águas residuárias:

alfafa, trevo, algodão, eucalipto, flores, feno, árvores e sementes vegetais, grama e árvores natalinas (LÉON & MOSCOSO, 1999).

No Brasil, a prática de reúso planejado é pouco difundida, principalmente devido ao baixo índice de coleta e tratamento dos esgotos domésticos, entretanto existem experiências bem sucedidas nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo (PAGANINI, 1997).

Apesar dos poucos registros sobre a utilização de efluentes domésticos para irrigação, isto não significa que não ocorra e, principalmente, de forma indiscriminada, considerando-se que a maioria dos municípios brasileiros não dispõe sequer de qualquer tipo de tratamento de esgotos (CABES, 1994).

2.4 FERTIRRIGAÇÃO COM USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Apesar de a descarga de esgoto bruto representar um problema ambiental, o mesmo possui características desejáveis agronomicamente. Tais vantagens referem-se ao seu potencial como fertilizante, pois é rico em nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio e, sobretudo, apresenta potencialidade de uso como fonte de água para as plantas.

De acordo com HESPANHOL (2003) a irrigação com esgotos domésticos tratados reduz substancialmente, ou mesmo elimina, a necessidade do emprego de fertilizantes comerciais. Além dos nutrientes (e dos micronutrientes, não disponíveis em fertilizantes sintéticos), a aplicação de esgotos tratados proporciona a adição de matéria orgânica, que age como um condicionador do solo, aumentando a sua capacidade de reter água. O aumento de produtividade não é, entretanto, o único benefício, uma vez que se torna possível ampliar a área irrigada e, quando as condições climáticas permitem, efetuar colheitas múltiplas, praticamente ao longo de todo o ano (BARTONE & ARLOSOROFF, 1987).

SHENDE (1985), apud HESPANHOL (2003), diz que estudos efetuados em diversos países demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em sistemas de irrigação com esgotos adequadamente administrados. A Tabela 2.1 mostra os resultados experimentais efetuados em Nagpur, Índia, pelo Instituto Nacional de Pesquisas de Engenharia Ambiental (NEERI), que investigou os efeitos da irrigação com esgotos, sobre culturas ali produzidas.

Tabela 2.1: Aumento da produtividade agrícola (t/ha/ano) possibilitada pela irrigação com esgotos domésticos em Napgur - Índia

Irrigação efetuada com	Trigo 8 anos ^(a)	Feijão 5 anos ^(a)	Arroz 7 anos ^(a)	Batata 4 anos ^(a)	Algodão 3 anos ^(a)
Esgoto bruto	3,34	0,9	2,97	23,11	2,56
Efluente primário	3,45	0,87	2,94	20,78	2,3
Efluente de lagoa de estabilização	3,45	0,78	2,98	22,31	2,41
Água + NPK	2,7	0,72	2,03	17,16	1,7

(a) - Número de anos para cálculo da produtividade média.

Fonte: Shende, 1985.

No Brasil alguns trabalhos têm sido realizados utilizando-se água residuária para irrigação. SOUZA (1997), desenvolveu uma pesquisa no campus da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, SP, utilizando águas do ribeirão Lavapés para irrigar alface (*Lactuca sativa* L.), sob quatro regimes de aplicação de águas. Concluiu que a possibilidade de aproveitamento de águas residuárias pode trazer ainda maiores benefícios aos usuários, como por exemplo, uma menor utilização de insumos, principalmente fertilizantes, sem prejuízo à produtividade e qualidade dos produtos obtidos.

BEZERRA (2000), desenvolveu experimento no Estado do Ceará, utilizando efluente da ETE da Universidade Federal do Ceará e água da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) como fontes de irrigação para três culturas: sorgo, algodão e capim. De acordo com os resultados obtidos, o autor pôde concluir que houve aumento nos teores de massa verde, matéria seca e na produtividade do sorgo quando se utilizou água residuária tratada em comparação com a água do sistema de abastecimento. Já na cultura do algodão observou-se superioridade nos tratamentos que utilizaram água residuária, em relação à água da CAGECE, sobre os seguintes parâmetros: produção (48,82%), percentual de fibra (15,84%), produção de fibra por hectare (72,4%), peso médio do capulho (10,53%), peso médio de 100 sementes (9,09%) e comprimento médio da fibra (11,64%). Para o capim, houve acréscimo da irrigação com água residuária tratada apenas para a proteína bruta em relação a água da CAGECE.

KÖNIG et al. (1997), desenvolveram um experimento de irrigação de forrageiras utilizando efluente tratado pela ETE de Guarabira (PB); o experimento consistia de quatro tratamentos: T1 - água potável sem cloro; T2 - água potável + adubo NPK adicionado ao solo; T3 - esgoto tratado + adubo NPK adicionado ao solo e T4 - esgoto tratado, com quatro repetições, totalizando 16 parcelas experimentais. Os resultados mostraram que as parcelas irrigadas apenas com esgoto tratado (T4) apresentaram a maior produtividade, evidenciando a

capacidade de fertirrigação do esgoto doméstico tratado devido a seu alto conteúdo de nutrientes dissolvidos e armazenado em compostos orgânicos.

DUARTE (2002) estudou os efeitos da irrigação com água residuária tratada por lagoas de polimento, e por reator UASB, sobre o desenvolvimento de pimentão (*Capsicum annuum* L.) e concluiu que as águas residuárias utilizadas mostraram ser uma fonte adequada de macronutrientes para a referida cultura, pois supriram as necessidades nutricionais das plantas.

FERREIRA (2003), estudando os efeitos da água residuária tratada pela ETE de Campina Grande (PB), e da adubação nitrogenada sobre a cultura do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), concluiu que nas parcelas que receberam apenas água residuária houve um incremento de mais de 73% na produtividade, em relação às que receberam somente água de abastecimento, e ainda, que a água residuária chegou a substituir a adubação nitrogenada mineral em mais de 90kgN/ha.

2.5 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Os esgotos sanitários contêm 99,9% de água; a fração restante (0,1), é composta por sólidos orgânicos (70%), inorgânicos (30%), suspensos e dissolvidos. A matéria orgânica é constituída, principalmente, de carboidratos, proteínas, gorduras, óleos e graxas e é composta por resíduos alimentícios, fezes, materiais vegetal, sais minerais, materiais orgânicos e materiais diversos como sabões e detergentes sintéticos. Os sólidos inorgânicos são compostos de partículas de areia, sais e metais (VON SPERLING, 1996).

Na Figura 2.1, pode ser observada a composição geral das águas residuárias domésticas de acordo com TEBBUTT (1977) apud MENDONÇA (2000).

As águas residuais resultam da combinação de líquidos e resíduos sólidos transportados pela água, que provêm de residências, oficinas, edifícios comerciais e instituições, junto com os resíduos das indústrias e de atividades agrícolas, assim como das águas subterrâneas, superficiais e de precipitação que também podem agregar-se eventualmente à água residuária. Em regiões industrializadas, a fração de resíduos industriais presentes nas águas residuais pode ser bastante significativa, alterando por completo as características das mesmas (MENDONÇA, 2000).

O efluente de esgoto caracteriza-se por apresentar características peculiares, o que o diferencia da água convencional. As principais diferenças em relação à água consistem na presença de matéria orgânica expressa pela demanda química de oxigênio (DQO – quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO –

quantidade de oxigênio requerida para degradação microbiana de compostos orgânicos nas águas residuárias a 20°C), macro e micronutrientes, metais pesados e patógenos.

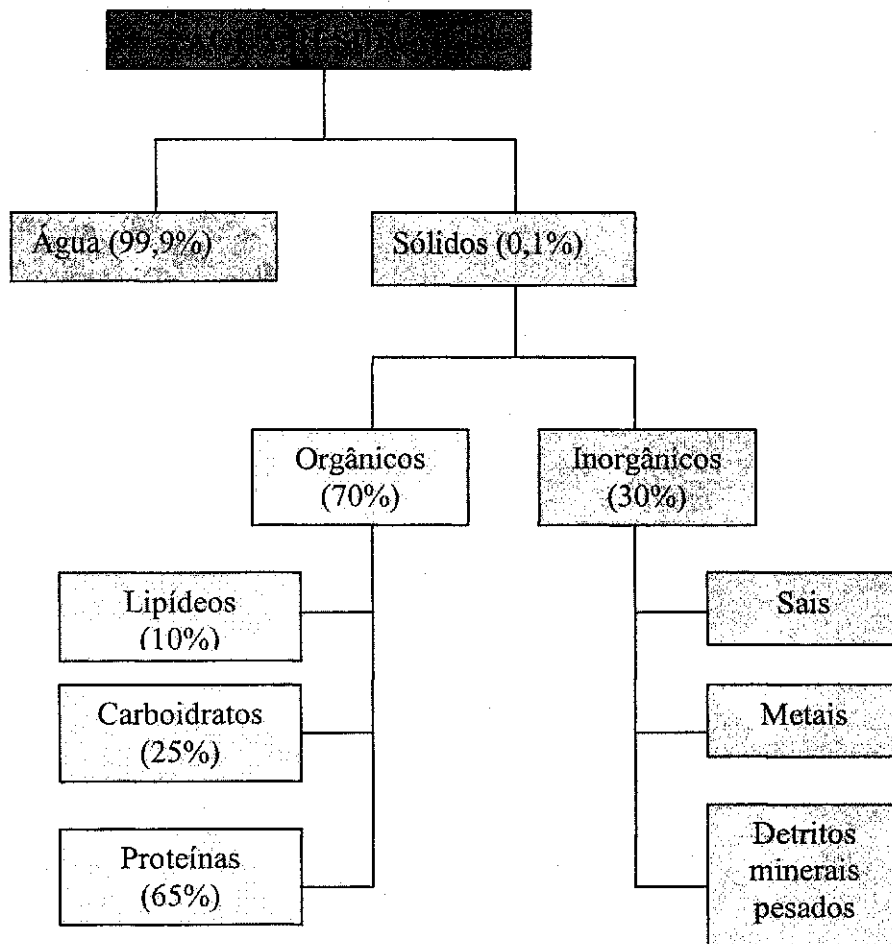


Figura 2.1: Composição geral das águas residuárias domésticas

Fonte: Tebbutt (1977) apud Mendonça (2000).

A composição e a concentração da contribuição de esgotos sanitários de uma comunidade dependem de sua condição sócio-econômica, dos hábitos alimentares, da qualidade e da quantidade de água consumida. De acordo com VAN HAANDEL & LETTINGA (1994) em locais onde o consumo de água é alto (350 a 400l/hab.dia), a concentração das águas residuárias é fraca (a DBO₅ varia de 200 a 250mg/l); onde o consumo é menor (40 a 100l/hab.dia), a concentração das águas residuárias é forte (a DBO₅ varia de 400 a 700mg/l)

Quando as águas residuárias domésticas são lançadas sem tratamento prévio em rios e lagos, estes corpos receptores são contaminados com vírus, bactérias, protozoários e helmintos

patogênicos, os quais podem gerar graves problemas para a saúde pública.

Nos efluentes industriais a concentração de coliformes fecais é menor que nos efluentes domésticos e esta diferença faz com que os resíduos industriais constituam um problema ecológico, enquanto que os esgotos domésticos constituem um problema de saúde pública. Quanto maior a concentração de organismos patogênicos na água, maior será a probabilidade da transmissão de enfermidades à população.

As características típicas das águas residuárias brutas são apresentadas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Composição das águas residuárias domésticas brutas.

PARÂMETROS	UNIDADE	CONCENTRAÇÃO	
		Faixa	Típico
Sólidos totais	mg/l	700 – 1350	110
Sólidos dissolvidos totais	mg/l	500 – 900	700
Sólidos suspensos totais	mg/l	200 – 450	400
DBO* (5dias -20°C)	mg/l	200 – 500	350
DQO**	mg/l	400 – 800	700
Nitrogênio total	mg/l	35 – 70	50
Orgânico	mg/l	15 – 30	20
Amoniacal	mg/l	20 – 40	30
Nitritos	mg/l	≈ 0	≈ 0
Nitratos	mg/l	0 – 2	≈ 0
Fósforo total	mg/l	25	14
Orgânico	mg/l	2 – 8	4
Ortofósforo	mg/l	4 – 17	10
pH		6,7 – 7,5	7,0
Cloretos	mg/l	20 – 50	35
Sulfatos	mg/l	–	–
Coliformes totais	NMP/100ml	$10^6 - 10^9$	–
Coliformes fecais	NMP/100ml	$10^5 - 10^8$	–
Estreptococos fecais	NMP/100ml	$10^5 - 10^6$	–
Ovos de Helmintos	Ovos/100ml	$>10^3$	–

(*) Demanda bioquímica de oxigênio; (**) Demanda química de oxigênio.

Fonte: von Sperling (1996).

2.5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA RESIDUÁRIA

Os componentes considerados importantes em águas de reúso para irrigação agrícola, levando-se em consideração seus efeitos sobre as plantas, são a salinidade, a toxicidade de íons específicos (sódio, cloro e boro), a infiltração da água e os excessos de nutrientes. Suas concentrações na água dependem, entre outros fatores, do tipo de esgoto utilizado, especialmente da parcela de contribuição de efluentes industriais e dos processos de tratamento empregados na recuperação da água. Seus efeitos sobre as plantas irrigadas se dão pela absorção de água pelas raízes e pelas folhas.

A salinidade pode afetar bastante o desenvolvimento das plantas irrigadas, e os teores dependem da tolerância à salinidade da cultura.

Teores excessivos de sais dissolvidos podem resultar na redução do potencial osmótico do solo, reduzindo a retirada de água na zona radicular pelas plantas e conseqüentemente, o rendimento das culturas. Portanto, o monitoramento das concentrações de sais na água de irrigação é uma condição básica no controle de qualidade da irrigação. Para isso, normalmente, utiliza-se a condutividade elétrica (CEa) da água ou sais dissolvidos totais para se avaliar a água de irrigação.

Quando se utilizam águas recuperadas de esgotos municipais, os íons mais importantes considerados são o sódio, o boro e os cloretos. O excesso de sódio em relação ao cálcio e magnésio diminui a permeabilidade do solo, provocando uma redução nas taxas de infiltração de água e, em conseqüência, a absorção de água pelas plantas. Assim a infiltração é avaliada usando-se a CEa e a razão de adsorção de sódio (RAS). Os cloretos, quando em concentrações excessivas, podem causar uma redução das taxas de crescimento das plantas irrigadas e queima das folhas.

Com relação aos compostos tóxicos, a sua presença na água de irrigação pode afetar gravemente as plantas irrigadas, pela absorção através da raiz. Os esgotos tratados de origem predominantemente doméstica geralmente apresentam teores de metais pesados e de compostos orgânicos abaixo daqueles considerados fitotóxicos.

Águas recuperadas de esgotos sanitários geralmente contêm os nutrientes necessários para o crescimento de plantas. Os nutrientes de maior interesse agrônômico são: fósforo, nitrogênio, potássio, zinco, boro e enxofre, cujos teores nessas águas geralmente atendem, se não toda, pelo menos boa parte das necessidades das plantas em geral. O nitrogênio é considerado o nutriente mais importante, e alguns cuidados são necessários em relação a sua presença em águas de irrigação. Teores excessivos desse elemento na água, apesar de aumentar a velocidade de

crescimento vegetativo, podem retardar a maturação ou provocar colheitas de baixa qualidade. Nas plantas forrageiras, o excesso de nitratos na água de irrigação pode acarretar problemas para os animais que se alimentam dela. O fósforo é outro nutriente importante na agricultura e seus teores em águas recuperadas de esgotos geralmente não atendem às necessidades das plantas, exigindo, portanto, uma complementação. Por outro lado, um eventual excesso desse elemento na água de irrigação não traz nenhum prejuízo às plantas (BLUM, 2003).

2.6 TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

O tratamento das águas residuárias tem como objetivo a transformação da matéria orgânica em material inorgânico e a redução ou eliminação dos organismos patogênicos de transmissão hídrica. Este processo se denomina de estabilização ou mineralização, e sua consequência imediata é a diminuição da DBO e dos microorganismos patogênicos. Os processos biológicos de tratamento de águas residuárias se fundamentam nas inter-relações dos microorganismos entre si (mutualismo, comensalismo, competição, etc.) e com o ambiente (pH, condutividade elétrica, temperatura, umidade, etc.) Para avaliar a eficiência da eliminação dos microorganismos por meio dos métodos de tratamento, é necessário quantificá-los usando técnicas simples e econômicas.

Nos países em desenvolvimento, o principal objetivo do tratamento das águas residuárias deve ser a remoção de parasitos, bactérias e vírus patogênicos, pois são causadores de doenças endêmicas na América Latina (LÉON & CAVALLINI, 1996).

Os efluentes destinados à irrigação devem ser tratados com o objetivo principal de proteger o público tanto da contaminação por consumo de alimentos contaminados, quanto da contaminação pela exposição direta dos trabalhadores aos efluentes aplicados. Para aplicação na irrigação restrita seria necessário submeter os esgotos ao tratamento secundário que se destina à degradação biológica de compostos carbonáceos. Processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos são envolvidos, ocorrendo a decomposição ou oxidação do material do complexo orgânico através de microorganismos. Quando é feita essa degradação, naturalmente ocorre a decomposição de carboidratos, óleos, graxas e de proteínas a compostos mais simples como: CO_2 , H_2O , NH_3 , H_2S , etc., dependendo do tipo de processo predominante. As bactérias que efetuam o tratamento, por outro lado, se reproduzem e têm a sua massa total aumentada em função da quantidade de matéria degradada. Nessa etapa são utilizados sistemas de lodo ativado, filtros biológicos, lagoas aeradas, lagoas de estabilização e tanques de oxidação; para garantir um nível aceitável de segurança dessa água.

2.6.1 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

As lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética das algas. Apresentam excelente eficiência de tratamento. A matéria orgânica dissolvida no efluente das lagoas é bastante estável, e a DBO geralmente encontra-se numa faixa de 30 a 50mg/l. Nem sempre o objetivo é a remoção da DBO ou da DQO, interessa muitas vezes a remoção de organismos coliformes, e tem-se alcançado até 99,9999% de eficiência em lagoas de maturação em série. Modernamente se aceita que as lagoas devem cumprir dois objetivos principais: a proteção ambiental, principalmente pela remoção da DBO; e a proteção da saúde pública, através da remoção de organismos patogênicos.

As lagoas de estabilização têm hoje um campo muito importante de aplicação: preparar o efluente para uso em agricultura ou aquicultura (JORDÃO & PESSÔA, 1995).

2.7 QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

A qualidade da água para irrigação assume atualmente extrema importância, tendo em vista que a escassez desse recurso, principalmente em regiões áridas e semi-áridas, tem levado à utilização de água de qualidade inferior na irrigação de cultivos alimentares.

O conceito de qualidade da água refere-se às características que podem afetar sua adaptabilidade para usos específicos e pode ter diferentes requisitos de qualidade. Deste modo, a melhor qualidade da água é aquela que produz melhor resultado causando o mínimo de danos possível. De modo geral, as águas de irrigação devem ser analisadas considerando-se os seguintes parâmetros: salinidade; proporção relativa de sódio, em relação a outros íons; concentração de elementos tóxicos; concentração de bicarbonatos e qualidade sanitária (BERNARDO, 1995).

Considerando que a qualidade da água de irrigação tem efeito sobre o rendimento das culturas, as características físico-químicas do solo e sobre mudanças no meio ambiente, AYRES & WESTCOT (1999) classificaram as águas para irrigação em graus de restrição de uso: nulo, moderado e severo conforme diretrizes presentes na Tabela 2.3.

Tabela 2.3: Diretrizes para a interpretação da qualidade da água para irrigação.

Problema Potencial	Unidades	Grau de restrição ao uso		
		Nenhum	Moderado	Severo
Salinidade				
Cea	dS/m	<0,7	0,7 – 3,0	>3,0
SDT	mg/L	<450	450 – 2000	>2000
Infiltração				
RAS = 0 – 3 e CEa =		>0,7	0,7 – 0,2	<0,2
RAS = 3 – 6 e CEa =		>1,2	1,2 – 0,3	<0,3
RAS = 6 – 12 e CEa =		>1,9	1,9 – 0,5	<0,5
RAS = 12 – 20 e CEa =		>2,9	2,9 – 1,3	<1,3
RAS = 20 – 40 e CEa =		>5,0	5,0 – 2,9	<2,9
Toxicidade de íons específicos				
Sódio (Na)				
Irrigação por superfície	RAS	<3,0	3,0 – 9,0	>9,0
Cloreto (Cl)				
Irrigação por superfície	meq/L	<4,0	4,0 – 10,0	>10,0
Boro (B)	mg/L	<0,7	0,7 – 3,0	>3,0
Outros				
Nitrogênio (NO ₃ – N)	mg/L	<5,0	5,0 – 30,0	>3,0
pH		Faixa normal: 6,5 – 8,4		

CEa: Condutividade elétrica da água a 25°C; RAS; Razão de adsorção de sódio.

Fonte: Ayers & Westcot (1999).

2.7.1 QUALIDADE DA ÁGUA E SALINIDADE

A classificação das águas de irrigação quanto aos riscos de salinização tem como parâmetro de avaliação mais empregado, a condutividade elétrica, que expressa a concentração de sais. Esse parâmetro corresponde à medida da capacidade de uma água em conduzir eletricidade, e cresce proporcionalmente à medida que a concentração de sais aumenta (HOLANDA & AMORIM, 1997).

Os sais solúveis são facilmente transportados pela água e são eles os que mais contribuem com os problemas de salinidade nos solos.

A presença de sais na solução do solo reduz a disponibilidade da água para as plantas devido ao potencial osmótico, que é diretamente proporcional à concentração salina, que se adiciona ao potencial total da água pelo solo, do qual a planta extrai a água que necessita. O aumento da pressão osmótica reduz a capacidade de absorção de água pelas raízes, causando déficit hídrico nas plantas (AUDRY & SUASSUNA, 1995).

Para evitar que os sais se acumulem em concentrações acima do limite tolerável nas plantas, é necessário lixiviar quantidades de sais iguais ou superior à quantidade aplicada através da água de irrigação.

Nem todas as culturas respondem bem à salinidade. Algumas culturas possuem uma alta capacidade de adaptação osmótica e conseguem extrair água em condições de elevada salinidade, produzindo rendimentos aceitáveis (Tabela 2.4). Culturas como algodão, milho, sorgo, trigo e beterraba produzem bem quando irrigadas com esse tipo de água (AYERS & WESTCOT, 1999).

Tabela 2.4: Tolerância à salinidade de algumas culturas e seu rendimento potencial em função da salinidade da água (CE).

Cultura	Rendimento potencial			
	100%	75%	50%	0%
	Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			
Algodão	5.100	8.400	12.000	18.000
Milho	1.100	2.500	3.900	6.200
Milho forrageiro	1.200	3.500	5.700	10.000

Fonte: HOLANDA & AMORIM (1997).

2.7.2 QUALIDADE DA ÁGUA E A INFILTRAÇÃO

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

A diminuição da infiltração está freqüentemente relacionada ao problema de sodicidade do solo. De acordo com LIMA (1996), 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.

Segundo BERNARDO (1995), a capacidade de infiltração de um solo cresce com o aumento da sua salinidade e decresce com o aumento da razão de adsorção do sódio (RAS), que expressa a relação entre os cátions sódio, cálcio e magnésio na forma solúvel em meq/L, de acordo com a equação 2.1.

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{++} + Mg^{++})}{2}}} \quad (\text{Equação 2.1})$$

AYERS & WESTCOT (1999) recomendam que os teores de cálcio e magnésio para as águas de irrigação sejam 400mg/l e 60mg/l, respectivamente.

Os tratamentos para solucionar problemas de infiltração da água no solo podem ser físicos ou químicos, incluindo a adição de corretivos como o gesso, com o 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 outros corretivos ácidos como enxofre, que se transforma em ácido sulfúrico e reage com o calcário existente no solo, liberando o cálcio. Um manejo bem adequado do sistema de irrigação, como irrigações mais frequentes, prolongamento das irrigações e irrigações no pré-plantio, bem como os tratos culturais como aração e aplicação de resíduos orgânicos, complementam os métodos físicos e químicos, resolvendo os problemas de infiltração (BERNARDO, 1995).

2.7.3 QUALIDADE DA ÁGUA E A TOXICIDADE DE ÍONS ESPECÍFICOS

Além dos riscos relacionados à salinidade e a sodicidade, existem determinados íons presentes na solução do solo que, quando absorvidos pelas plantas, podem ser tóxicos e provocar danos.

A toxicidade é, portanto, um problema interno da planta. O grau de toxicidade depende da quantidade de íons absorvidos, da sensibilidade da cultura e do uso de água pela cultura. Em culturas sensíveis, concentrações pequenas de íons podem ser suficientes para que ocorram queimaduras nas bordas das folhas, clorose na área internerval, e se a dose for alta, poderá causar a morte das plantas. Dentre esse íons destacam-se os cloretos, o sódio e o boro (LIMA, 1996).

- Cloreto – o conteúdo desse elemento na água de irrigação é uma das causas de toxicidades mais frequentes em virtude de não ser adsorvido pelas partículas do solo; é facilmente absorvido pelas raízes das plantas e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração; quando sua concentração excede o limite de tolerância da planta, ocorrem danos como necrose e queimaduras no ápice das folhas. Em concentrações pequenas no solo pode estimular a produtividade de certas culturas, acima, porém, de 10meq/L, representam riscos severos de toxicidade (DAKER, 1988 e AYERS & WESTCOT, 1999).
- Sódio – as concentrações de sódio nas folhas alcançam níveis tóxicos depois de vários dias ou semanas. Os sintomas aparecem primeiro nas bordas das folhas mais velhas. A toxicidade do sódio é afetada pela disponibilidade de cálcio no solo e é medida pela RAS. Valores de RAS superiores a 9 representam sérios riscos de toxicidade (AYERS & WESTCOT, 1999).
- Boro – os problemas de toxicidade desse elemento se devem principalmente à presença do boro contido na água do que no solo. Concentrações acima de 3,0mg/L na água apresentam riscos severos de toxicidade. Os sintomas apresentados são manchas amarelas, ou pontos secos nas bordas e ápices das folhas mais velhas (AYERS & WESTCOT, 1999).

2.7.4 QUALIDADE DA ÁGUA E O NITROGÊNIO

Segundo AYERS & WESTCOT (1999), o nitrogênio é ao mesmo tempo nutriente e estimulante de crescimento para as plantas. Quando presente nas águas de irrigação, exerce o mesmo efeito do nitrogênio utilizado com os fertilizantes, sendo que a aplicação de quantidades excessivas pode aumentar o crescimento vegetativo, retardar a maturação ou provocar colheita de baixa qualidade.

A forma mais assimilável do nitrogênio pelas plantas é o nitrato (NO_3^- - N) e o amônio (NH_4^+ - N), sendo o nitrato preferível para as plantas por ser pouco tóxico e por circular em maiores concentrações na seiva; é a forma de nitrogênio mais lixiviada (PRIMAVESI, 1987). Segundo LIMA (1996) apud ARAÚJO (1999), a desnitrificação é um importante mecanismo de remoção de nitrogênio do solo.

De acordo com a CETESB (1988), a concentração máxima de nitrato nas águas utilizadas para abastecimento público deve ser menor que 10mg/l, e a de amônia, 1 mg/l. As águas residuárias brutas possuem uma elevada concentração de nitrogênio total, entre 10 e 50mg/l;

estas concentrações podem comprometer as culturas não tolerantes ao excesso de nitrogênio (VON SPERLING, 1996)

2.7.5 QUALIDADE DA ÁGUA E O pH

O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um ambiente. Para águas de irrigação, o pH normal é entre 6,5 e 8,4. As mudanças no pH do solo, ocasionadas pela água, são bastante lentas. Um pH de solo não recomendado para uma cultura pode ser corrigido mediante a aplicação de corretivos na água, o que não é prático, preferindo-se um tratamento direto do pH do solo. Para correção do baixo pH do solo utiliza-se o calcário; para um pH alto, utiliza-se o enxofre ou outras substâncias ácidas (AYERS & WESTCOT, 1999).

2.7.6 QUALIDADE SANITÁRIA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Na América Latina e no Caribe, uma quantidade muito pequena da população é beneficiada com redes de esgoto. Diariamente, cerca de 40 milhões de metros cúbicos de água residuárias sem tratamento, são lançados nos rios, lagos e mares. O lançamento dessas águas sem tratamento prévio nos mananciais afeta seu uso posterior. (LÉON & MOSCOSO, 1999).

Os microorganismos patogênicos encontrados em esgotos englobam um grupo muito grande e diversificado que inclui vírus, bactérias, protozoários e nematóides, que são responsáveis pela transmissão de diversas doenças humanas (FEACHEM et al., 1983).

A maioria dos rios e lagos utilizados como fontes de abastecimento de água possui altos níveis de contaminação microbiológica. Na América Latina, muitos superam os 1000CF/100ml. Esse fato mostra que a saúde da população está exposta a risco, considerando-se que apenas um pequeno percentual dos serviços de tratamento de água potável, produz água desinfetada (LÉON & MOSCOSO, 1996).

As bactérias do grupo coliforme vêm sendo utilizadas como indicadores de poluição fecal desde o início do século XX. Esse grupo se constitui de espécies comensais presentes no intestino do homem e de animais de sangue quente e são eliminadas nas fezes em números elevados: $10^6 - 10^9$ /g de fezes. Nas águas onde há contaminação fecal, é muito provável a presença de bactérias patogênicas (FEACHEM et al., 1983). A *Escherichia coli* foi recentemente citada como um dos melhores indicadores de contaminação fecal, por ser exclusiva de fezes de animais homeotérmicos, tendo em vista que no grupo dos coliformes fecais há também bactérias de origem ambiental ou termotolerantes adaptadas à temperatura de incubação (APHA, 1995).

Embora se saiba que os coliformes totais não são os indicadores de contaminação fecal mais adequados em amostras ambientais, a legislação nº 20 do CONAMA (1986) permite seu uso quando não há possibilidade de quantificar coliformes fecais.

2.7.6.1 Padrões de qualidade da água residuária para reúso agrícola

Quando se pretende reutilizar o esgoto para fins de irrigação, deve-se fazer uma avaliação de suas características microbiológicas e bioquímicas, de acordo com as normas vigentes de saúde pública, levando-se em consideração a cultura, o solo, o método de irrigação e a forma de consumo do produto (AYERS & WESTCOT, 1999).

Deve-se dar prioridade à remoção dos helmintos, principalmente ovos de *Ascaris lumbricoides*, pois são muito persistentes à maioria dos sistemas de tratamento de esgotos e têm dose infectiva muito baixa. Contudo, sistemas de tratamento com elevado tempo de detenção, como as lagoas de estabilização, são eficientes na remoção destes microorganismos. O segundo grupo de microorganismos de maior interesse sanitário são as bactérias patogênicas como a *Salmonella* spp, *S. typhi*, *S. paratyphi*, *Shigella* spp, *Vibrio cholerae* e *Campylobacter* spp, entre outras.

Os aerossóis também devem ser considerados como um veículo contaminante; pois são partículas microscópicas de água que carregam bactérias e vírus, principalmente estes últimos, pelo seu minúsculo tamanho. Os aerossóis são formados em sistemas de irrigação por aspersão, processos de aeração e pela ação dos ventos e podem atingir distâncias de mais de 1km e contaminar águas, culturas, solo e a população circunvizinha (BITTON, 1994).

2.7.6.2 Coliformes totais, fecais e *Escherichia coli*

As bactérias do grupo coliformes vêm sendo utilizadas como indicadores de contaminação fecal, tanto em solos e água como nos alimentos (CEBALLOS, 1998).

O grupo de bactérias coliformes, denominado de coliformes totais (CT) é constituído por vários gêneros da família Enterobacteriaceae (*Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Escherichia* entre outros), que são definidos como bastonetes Gram-negativos, não esporulados, com metabolismo anaeróbio facultativo e que fermentam a lactose em 24 – 48h, com produção de ácido e gás em temperatura de 35°C a 37°C (APHA, 1995).

De acordo com CEBALLOS (1995), essa definição baseia-se no método de quantificação por tubos múltiplos e abrange um grupo bastante heterogêneo de bactérias. 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 nestes ambientes.

Os coliformes fecais (CF) possuem a mesma definição dos coliformes totais (CT), entretanto acrescentam-se características exclusivas do grupo: fermentam a lactose com produção de gás e ácido a temperaturas de $44,5^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em 24 horas (APHA, 1995) e possuem enzimas específicas (STANDARD METHODS 1995-1998).

A qualidade sanitária para reúso agrícola está relacionada com os parâmetros microbiológicos.

O ser humano excreta aproximadamente de 100 a 400 bilhões de organismos coliformes por dia, além de outros tipos de bactérias. Os coliformes são encontrados no intestino do homem e no de animais de sangue quente, onde vivem saprofitamente, não causando, em geral, nenhum dano ao hospedeiro. Esses organismos não são patogênicos, e indicam uma satisfatória contaminação e potencialidade de transmissão de doenças (BRANCO, 1986).

Contaminações por coliformes fecais na água sugerem a possível presença de microrganismos patogênicos, que causam doenças como febre tifóide, febres entéricas e ainda infecções generalizadas com acesso a corrente sanguínea e a urina (PAGANINI, 1997).

Para contornar a controvérsia da existência de coliformes que não são exclusivamente de origem fecal, vários autores sugeriram a utilização da *Escherichia coli* como indicadora de poluição fecal. A *Escherichia coli* é um microorganismo presente na flora intestinal humana e de animais de sangue quente e constitui o principal componente do grupo coliforme fecal e foi, até 1950, reconhecida como não patogênica (DUFOUR, 1977). O mesmo autor afirmou que dos coliformes totais encontrados nas fezes frescas de animais de sangue quente, mais de 90% corresponde a *Escherichia coli* e o remanescente tem sido associado a outras espécies.

Os primeiros padrões adotados para irrigação com águas residuárias foram estabelecidos no Estado da Califórnia (EUA) em 1918 (BASTOS & MARA, 1993). A Califórnia tem um dos padrões mais rigorosos do mundo: 2,2 coliformes/100ml para culturas consumidas cruas (LÉON & MOSCOSO, 1999).

CASTRO de ESPARZA & SÁENZ (1990), sugerem que para que não se encontre *Salmonella* spp em verduras irrigadas com águas residuárias, o limite de coliformes fecais na água de irrigação deve ser de 10^4 organismos /100ml, valor este considerado muito elevado para culturas a serem ingeridas cruas. OK

Vários estudos foram realizados para obtenção de índices aceitáveis. Em 1989, após analisar o relatório Engelberg, de 1985, a OMS passou a recomendar um padrão de qualidade bacteriológica de 1000 coliformes fecais/100ml para irrigação sem restrições. Desde a

publicação dos critérios da OMS, diversos estudos permitiram o respaldo dos padrões estabelecidos (BISCARO, 2003).

No Brasil, a Resolução nº 20/86 do CONAMA, de 18/08/86, estabelece que para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de plantas frutíferas que se desenvolvem rente ao solo as águas não devem estar poluídas por excrementos humanos. As condições sanitárias das águas destinadas à irrigação, de acordo com esta resolução, encontram-se na Tabela 2.5.

Para alimentos, a legislação em vigor no Brasil é regulamentada pela portaria nº 451 de 19/08/97 e aprovada pela Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (SVS), que estabelece o limite de 2×10^2 CF/g para alimentos a serem consumidos crus.

Tabela 2.5: Classificação das águas destinadas à irrigação quanto aos aspectos sanitários.

CLASSE	CONDIÇÃO SANITÁRIA
1	As águas não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas.
2	Não deverá ser excedido um limite de 1000 coliformes/100ml, em 80% ou mais de, pelo menos, 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês. No caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice será de até 5000 coliformes totais/100ml em 80% ou mais de, pelo menos, 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.
3	Número de coliformes fecais até 4000/100ml, em 80% ou mais de, pelo menos, 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês. No caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice será de até 20000 coliformes totais/100ml em 80% ou mais de, pelo menos, 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

FONTE: Resolução do CONAMA nº20, 18/06/86.

2.8 IMPACTOS DA DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES NO SISTEMA SOLO-PLANTA-AMBIENTE

2.8.1 EFEITOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO

Sabe-se que os efluentes e seus constituintes exercem influência sobre algumas características do solo e podem modificá-las. Por esse motivo, a disposição no meio edáfico deve ser controlada de forma a que situações indesejáveis não surjam ou, se assim ocorrer, elas possam ser controladas.

2.8.1.1 pH

Normalmente, o pH da água de irrigação não tem afetado significativamente o pH do solo, por causa do seu poder de tamponamento, que é o equilíbrio entre a acidez ativa e a de reserva. Se houver remoção dos íons hidrogênio da solução do solo haverá uma compensação ou equilíbrio a partir da acidez de reserva. A resistência à mudança na concentração dos íons hidrogênio (pH) da solução do solo fica, por conseguinte, estabelecida (BRADY, 1989). Assim, não é de se esperar efeito direto do efluente no pH do solo, mesmo com a ocorrência de HCO_3^- nas águas residuárias. No entanto, existe a possibilidade dessa alcalinidade, associada às altas concentrações de Na^+ e CO_3^{2-} em águas alcalinas, ocasionar aumento do valor de pH do solo (BOUWER, 2000).

FALKINER & SMITH (1997), não somente observaram aumento no valor de pH de solos irrigados com água residuária, mas também verificaram diminuição do teor de alumínio trocável, devido ao aumento dos cátions trocáveis no solo (Ca, Mg, K e Na) e da alcalinidade, adicionados por esse tipo de água.

Apesar do esgoto tratado poder contribuir para a elevação do pH do solo, tanto na camada superficial como no subsolo (SMITH et al., 1996a; AL-NAKSHABANDI et al., 1997), particularmente em solos que receberam aplicação de efluente por vários anos, este aumento de pH tem sido muito pequeno, da ordem de 0,1 a 0,8 unidades. Desse modo, os efeitos do aumento do pH do solo mediante adição de efluentes de esgotos em solos ácidos, de baixa fertilidade natural, têm sido desprezíveis e de pouca importância prática com relação à disponibilidade de nutrientes (SPEIR et al., 1999).

O aumento do pH do solo pelo uso da água residuária tratada tem sido atribuído a diversos fatores: alto pH do efluente (STEWART et al., 1990); aumento da reserva alcalina; à adição de cátions trocáveis e de ânions oriundos do esgoto tratado (FALKINER & SMITH, 1997); ao aumento do processo de denitrificação do NO_3^- em solos irrigados com efluentes (FRIEDEL et al., 2000), onde ocorre consumo de um mol de H^+ para cada mol de NO_3^- denitrificado a N_2 (BOLAN et al., 1991); à adição de resíduos orgânicos no solo que, em função do processo de descarboxilação de ânions orgânicos e a desaminação dos aminoácidos, ocorre consumo de prótons (YAN et al., 1996).

VASQUEZ-MONTIEL et al. (1996), verificaram diminuição no pH em solo cultivado com milho irrigado com água residuária tratada. Os autores sugeriram que essa queda no pH do solo foi devido a nitrificação, uma vez que esse efeito foi incrementado mediante a adição de fertilizante nitrogenado mineral (sulfato de amônio).

2.8.1.2 Carbono e nitrogênio

Tem sido comum na literatura citar referências do aumento dos teores totais de carbono orgânico e nitrogênio, que têm sido comprovados pelo aumento na biomassa microbiana e na sua atividade, devido à adição de matéria orgânica facilmente decomponível e de nutrientes, mediante longo período de disposição de água residuária tratada no solo (FRIEDEL et al., 2000).

De acordo com JOHNS & MCCONCHIE (1994), tem sido comum na literatura relatos sobre o aumento dos teores de N-disponível, notadamente de N-NO_3^- , em solos que receberam água residuária tratada independente de serem sistemas agrícolas.

Pelo fato da taxa de mineralização ser altamente dependente do potencial de água no solo, o fator umidade constante (devido à irrigação) associado a altas temperaturas, durante todo o ano em regiões tropicais e no verão, em regiões temperadas; promove uma rápida mineralização do material orgânico adicionado ao solo (ARTIOLA & PEPPER, 1992). Assim, a irrigação com água residuária tem o potencial de modificar os processos de ciclagem do N e também do C, por aumentar água no solo a teores que estimulam a atividade de decomposição da matéria orgânica (POLGLASE et al., 1995; FALKINER & SMITH, 1997).

A mineralização do nitrogênio depende da qualidade (relação C/N) do material orgânico e da concentração de nitrogênio no substrato (JANSSEN, 1996). A quantidade de nitrogênio mineralizada no solo em um dado período é dependente da temperatura, da disponibilidade de água, da taxa de reabastecimento de oxigênio, do pH, da quantidade e da natureza dos resíduos vegetais. Nos solos tratados com resíduos orgânicos, a mineralização do nitrogênio, além de ser altamente dependente da composição do resíduo e das características químicas e físicas do solo que receberá o resíduo, está diretamente relacionada à qualidade do material orgânico, por exemplo, relação C/N (MENGEL, 1996). Nas águas residuárias a relação C/N normalmente é muito baixa, da ordem de 5/1 ou até menor do que 1/1. Desse modo, espera-se que haja uma rápida mineralização no solo do N-orgânico do efluente e que o N-efluente faça parte do ciclo do nitrogênio tão logo atinja o solo. Assim, através da nitrificação, o amônio (NH_4^+) do efluente, bem como o que derivou do N-orgânico, é normalmente oxidado a nitrito (NO_2^-) e rapidamente a nitrato (NO_3^-). A amônia (NH_3), derivado do amônio, torna-se susceptível à volatilização em condições básicas e o NO_3^- no solo, pode ser lixiviado da zona radicular (eventualmente para as águas subterrâneas) ou pode ser denitrificado ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$) (FEIGIN et al., 1991).

Pelo fato do efluente de esgoto tratado por lagoa de estabilização normalmente ser alcalino, a volatilização de NH_3 pode ser um importante caminho de perda de N nos solos

irrigados. Assim, a concentração de N-amoniacoal no efluente, o pH da superfície do solo e a temperatura, são fatores que interferem diretamente no equilíbrio entre NH_4^+ e NH_3 na solução do solo e na quantidade potencial de NH_3 a ser volatilizada (SMITH et al., 1996a). Esses mesmos autores verificaram que a perda de NH_3 mediante a disposição de águas residuárias no solo é maior durante o dia, devido às maiores temperaturas e pode ser diminuída pela aplicação freqüente de pequena quantidade de efluente (FONSECA, 2001).

A adição do N-efluente pode facilmente exceder o requerimento de nitrogênio pelas plantas (POLGLASE et al., 1995). OVERMAN (1981) observou que o aumento na taxa de aplicação de efluente aumentou o conteúdo de fósforo e potássio no solo e a produtividade do milho, mas ocasionou redução na quantidade de nitrogênio recuperado.

2.8.1.3 Fósforo e enxofre

A quantidade de fósforo adicionado ao solo pela irrigação com efluente de sistemas de tratamento de esgotos domésticos, normalmente não tem sido excessiva. De acordo com JOHNS & MCCONCHIE (1994), na literatura têm sido observado aumentos nos teores de fósforo em solos irrigados com efluente de esgoto em sistemas agrícolas. Esses incrementos ocorrem principalmente na camada superficial do solo (STEWART et al., 1990; JOHNS & MCCONCHIE, 1994), mas também no subsolo (AL-NAKSHABANDI et al., 1997) e até na solução do solo (JOHNS & MCCONCHIE, 1994; SPEIR et al., 1999).

A disposição de água residuária no solo tem ocasionado aumento no teor de P-orgânico. LATTERELL et al. (1982), em estudos realizados em solo cultivado com milho, verificaram que o teor de P-orgânico aumentou até 60cm de profundidade, após cinco anos de irrigação com efluente. Os autores salientaram que, apesar desse aumento ter sido significativo, foi muito pequeno se comparado ao teor inicial de P no perfil do solo.

A capacidade do solo em reter e lixiviar fósforo e a capacidade de remoção deste nutriente pela vegetação foram avaliados por KARDOS & HOOK (1976); o estudo compreendeu dois sistemas com plantas forrageiras sendo um para fenação e outro em rotação com milho; um sistema florestal e um sistema de campo nativo. Esses autores verificaram, nos quatro locais estudados, que após 9 anos de irrigação com efluente de esgotos tratados (com teor médio de 5-6mg/l de P), 96% do fósforo adicionado ainda se encontrava na camada de 0 a 120cm; a penetração de P em camadas mais profundas estava diretamente relacionada ao menor teor de argila de sesquióxidos do solo; e a lixiviação de P foi menor que 3% do total aplicado no sistema com floresta, e menor que 0,1% no sistema de rotação forrageira/milho.

Segundo FALKINER & POLGLASE (1997), a capacidade do solo em reter fósforo tem contribuído para prevenir que este nutriente não seja lixiviado abaixo da zona radicular, podendo determinar a sustentabilidade dos cultivos que utilizem irrigação com efluentes. Os mesmos autores sugerem que os mecanismos que envolvem a migração de P-orgânico e a retenção de P-inorgânico em solos irrigados com efluentes deveriam ser mais bem estudados tendo em vista que em várias situações como essa, os teores de fósforo na solução do subsolo, é variável.

O comportamento do enxofre em solos irrigados com água residuária não tem sido muito estudado, mas JOHNS & MCCONCHIE (1994) verificaram aumentos nos teores desse elemento até 50cm de profundidade e ainda, que a concentração do mesmo na solução do solo aumentou.

2.8.1.4 Cálcio, magnésio e potássio.

Segundo SPEIR et al. (1999), resultados de diversos autores têm mostrado a ocorrência de aumentos nos teores de cálcio em solos que receberam águas residuárias após longos períodos de irrigação.

FALKINER & SMITH (1997), verificaram aumento nos teores de Ca e Mg em solos irrigados com água residuária tratada. JOHNS & MCCONCHIE (1994), observaram que a irrigação com efluente ocasionou aumento nos teores de cálcio até 50cm de profundidade, não alterou o teor de Mg trocável, mas aumentou sua concentração lixiviada na solução do solo.

Para o potássio, os resultados encontrados na literatura são divergentes. STEWART et al. (1990), verificaram redução no teor de K em profundidade abaixo de 100cm quando irrigaram com água residuária tratada, concluindo que a lixiviação de potássio está diretamente relacionada a CTC do solo. JOHNS & MCCONCHIE (1994), verificaram que apesar de os teores de Ca e Na trocáveis terem sido alterados pela irrigação com esgotos domésticos tratado, os teores de Mg e K trocáveis não foram influenciados. AL-NAKSHABANDI et al. (1997), verificaram aumento no teor de potássio até 60cm de profundidade, após cultivo de beringela, quando irrigado com água residuária tratada. FALKINER & SMITH (1997), verificaram aumento no teor de K em solos que receberam efluentes tratados e tal efeito foi atribuído à presença desse cátion no efluente.

Se o efluente for pobre em potássio e rico em sódio, para que sua disposição no solo seja sustentável, torna-se necessária à complementação potássica para manter adequada a absorção de nutrientes e a produtividade das culturas e, sobretudo na cultura do milho. Mesmo que ocorra aumento no teor de K disponível mediante a disposição de águas residuárias ao solo, a

quantidade desse nutriente exigido pelas plantas é tão elevada que dificilmente somente a irrigação com efluente poderia suprir adequadamente as plantas (FEIGIN et al., 1991).

2.8.1.5 Micronutrientes e elementos tóxicos

Os metais pesados encontram-se no efluente de esgoto, tanto industrial como doméstico, nos sólidos suspensos e dissolvidos. Os que se associam aos sólidos suspensos, se acumulam na superfície do solo, ao passo que os metais pesados associados à fração líquida penetram no solo (FEIGIN et al., 1991).

Segundo McBRIDE (1989), a maioria dos estudos tem demonstrado a alta capacidade dos solos em reter metais pesados, devido a baixa solubilidade e alta adsorção específica desses metais. A presença da matéria orgânica do solo tem afetado grandemente a solubilidade dos metais pesados. Os ácidos orgânicos, aminoácidos e ácidos fúlvicos, influenciam a solubilidade dos metais pesados no solo (FEIGIN et al., 1991).

O aumento ou diminuição de metais pesados no solo mediante a disposição de água residuária, é controverso, pois ora tem havido aumento, ora diminuição ou mesmo, nenhuma influência da aplicação de água residuária (predominantemente doméstica) nos teores de metais pesados disponíveis no solo. SMITH et al. (1996b), verificaram que a irrigação com água residuária não afetou as concentrações de Cd, Ni e Pb no solo.

AL-JALOUD et al. (1995) verificaram que em solos cultivados com milho e irrigados com água residuária, o teor de Ni não foi alterado, porém os teores de Cu, Fe, Mn e Zn diminuíram.

Na maior parte dos trabalhos que evidenciam aumento nos teores de metais pesados no solo mediante irrigação com efluente de esgotos domésticos, as observações referem-se a experimentos de longos períodos de aplicação dessas águas.

2.8.1.6 Salinidade, sodicidade e condutividade elétrica.

Normalmente, pelo fato das águas residuárias domésticas apresentarem elevada concentração salina, a irrigação com esse tipo de água têm induzido o aumento da salinidade do solo, a qual afeta a absorção d'água pelas plantas devido à presença de uma maior concentração dos íons Na^+ , Cl^- e HCO_3^- na solução do solo (SMITH et al., 1996b).

Entretanto STEWART et al. (1990) assinalaram diminuição na salinidade do solo pela irrigação com efluente tratado. No primeiro caso, o solo era naturalmente salino. No segundo, os

autores verificaram que, num solo de floresta irrigado com água residuária doméstica tratada por mais de quatro anos, a salinidade foi reduzida devido à lixiviação e à absorção dos sais, pelas árvores.

O aumento da condutividade elétrica do solo pela irrigação com águas residuárias tem sido comum em sistemas agrícolas, especialmente na camada superficial do solo. Esses aumentos, nessa camada, podem estar associados a dois fatores: a evaporação da água intersticial da superfície do solo, favorecendo o acúmulo de sais; a exposição do subsolo à contínua lixiviação e substituição dos sais na periferia da zona úmida, a qual normalmente tem apresentado aumento na concentração de sais (AL-NAKSHABANDI et al., 1997; SPEIR et al., 1999).

Aumentos no teor de Na^+ trocável e no percentual de sódio trocável (PST) têm sido comum em solos irrigados com águas residuárias, notadamente em experimentos de longa duração (BALKS et al., 1998).

FALKINER & SMITH, (1997) verificaram que os teores de Na^+ aumentaram de 3,5 até 25 vezes, em função da taxa de aplicação de efluente. Os aumentos no PST têm sido de 3,2 até 22%. Semelhantemente à salinidade, os principais efeitos do aumento do Na^+ trocável e do PST, têm sido mais evidentes na camada superficial do solo (STEWART et al., 1990).

JOHNS & MCCONCHIE (1994), verificaram que a irrigação com água residuária doméstica tratada não somente proporcionou o aumento no teor de Na^+ trocável, mas também levou ao incremento no teor de Na^+ lixiviado na solução do solo. No entanto, essa entrada de Na^+ não foi suficiente para substituir o Ca^{++} e o Mg^{++} na superfície dos colóides, tendo em vista que a lixiviação de Ca^{++} foi semelhante em todos os tratamentos irrigados, independente do tipo de água de irrigação. No trabalho realizado por STEWART et al. (1990), a irrigação com água residuária doméstica tratada com níveis de Na^+ variando de 66,6 a 113,0mg/L, apesar de haver elevado o teor de Na^+ trocável, não alterou a distribuição de sais solúveis e dos cátions trocáveis no solo, mesmo havendo dominância de Na^+ na água residuária tratada.

De acordo com MARTIN et al. (1964), em solos com diferentes pH e PST com base na CTC, uma mesma quantidade de Na^+ pode ocasionar maior efeito na redução da condutividade hidráulica em um solo ácido quando comparado a um neutro ou alcalino. Os mesmos autores observaram que o aumento nos teores de Na no solo influenciou o pH e a CTC do solo, principalmente no solo ácido e ainda, a condutividade elétrica diminuiu à medida que foi aumentado o PST na CTC, na CTC_e e na relação com o somatório dos cátions trocáveis (Ca, Mg, K e Na).

Não somente o Na^+ presente nos efluentes tratados pode afetar a condutividade hidráulica do solo. O impedimento hidráulico e a diminuição da taxa de difusão de O_2 nos solos irrigados com água residuária também são dependentes da qualidade do efluente (quantidade de sólidos suspensos e dissolvidos) e da taxa de aplicação (ORON et al., 1999).

2.8.2 EFEITO NA NUTRIÇÃO DAS PLANTAS

A quantidade de nitrogênio adicionado ao solo através da irrigação com água residuária tratada pode ser similar ou até mesmo exceder a quantidade aplicada através da fertilização nitrogenada recomendada, durante períodos de tempo similares (FEIGIN et al., 1991). Em Israel, enquanto a fertilização convencional de nitrogênio para o algodão variou de 120 a 180kgN/ha.ano, a quantidade de nitrogênio adicionado via irrigação com efluente oriundo de tratamento secundário, foi superior a 200kg/ha.ano, e resultou num aumento da concentração desse elemento nas folhas das plantas (FEIGIN et al., 1984).

FEIGIN et al. (1981), estudando a absorção de nitrogênio em folhas de milho submetido à irrigação com águas residuárias doméstica tratadas em sistemas de lagoas de estabilização, verificaram que a absorção de nitrogênio não foi afetada pela qualidade da água de irrigação, mas a disponibilidade do nitrogênio no efluente foi um pouco menor que a fertilização nitrogenada incorporada ao solo. Os referidos autores atribuíram esse fato às perdas por volatilização, uma vez que mediante a irrigação com efluente, os nutrientes são deixados na superfície do solo. Essa menor capacidade fertilizadora da água residuária tratada (particularmente como fonte de nitrogênio) pode provocar deficiência nutricional e/ou reduzir a produtividade da cultura, particularmente no milho, onde o desenvolvimento da espiga depende, acima de tudo, do adequado armazenamento de nutrientes nas folhas e colmos, para posteriormente serem translocados às espigas (OVERMAN et al., 1995). Por outro lado, de acordo com VASQUEZ-MONTIEL et al. (1996), a literatura pertinente tem evidenciado que a irrigação com água residuária tratada tem aumentado a absorção de nitrogênio e fósforo pelas plantas de milho e conseqüentemente a produtividade.

2.8.3 SOBREVIVÊNCIA DOS MICROORGANISMOS NO SISTEMA ÁGUA-SOLO-PLANTA

De acordo com FEACHEM et al. (1983) a sobrevivência dos organismos patogênicos no ambiente depende de fatores como a temperatura, o grau de umidade, a exposição à luz solar, etc.

2.8.3.1 Sobrevivência de patógenos na água

Algumas bactérias freqüentemente sobrevivem mais tempo em águas limpas do que em águas poluídas, contudo há evidências de que a sobrevivência de organismos como vírus é mais prolongada. A sobrevivência dos coliformes no esgoto bruto é mais prolongada em temperaturas baixas do que nas altas, podendo variar entre 25-30°C. As bactérias do grupo coliformes fecais, em especial a *Escherichia coli*, podem sobreviver na água doce no máximo por 50 dias em temperaturas entre 20 a 30°C (PAGANINI, 2003).

2.8.3.2 Sobrevivência de bactérias indicadoras de contaminação fecal e patogênicas nos solos

O solo propicia um tempo mais longo de sobrevivência aos coliformes fecais (mais de 5 meses), caso as temperaturas sejam <10°C, porém, quando acima de 25°C, podem eliminá-los em duas semanas ou menos (SHUVAL et al., 1985). Em climas quentes, especialmente em regiões áridas, a sobrevivência limita-se de 2 a 3 semanas. (FEACHEM et al., 1983 e PAGANINI, 2003).

LEWIS et al. (1986) afirmaram que o processo de filtração exercido pelo solo é um mecanismo altamente eficiente para a remoção de bactérias, protozoários e ovos de helmintos, devido ao seu tamanho relativamente grande (> 25 micras). Os fatores que mais favorecem esta remoção são sua adsorção pelas partículas do solo, a aeração, a disponibilidade de alimentos, a dessecação, a radiação e a temperatura, sendo responsáveis por cerca de 92 a 97% da remoção total dos microorganismos.

Diversos fatores influenciam a sobrevivência de vírus e bactérias no solo. Na Tabela 2.6 encontram-se alguns deles.

Tabela 2.6: Fatores que influenciam a sobrevivência de vírus e bactérias no solo.

FATOR	EFEITOS
GRAU DE UMIDADE	Sobrevivência por mais tempo em solos úmidos e durante longos períodos de grande precipitação pluviométrica.
CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE UMIDADE	O período de sobrevivência é menor em solos arenosos do que em solos com maior capacidade de retenção de umidade.
TEMPERATURA	Sobrevivência por mais tempo em temperaturas mais baixas.
ADSORÇÃO	A sobrevivência dos vírus é ampliada com o aumento de sua taxa de adsorção ao solo.
pH	O período de sobrevivência para vírus é mais reduzido em solos ácidos (pH: 3-5) do que em solos alcalinos.
LUZ SOLAR/EVAPORAÇÃO	Menor período de sobrevivência no solo.
MATÉRIA ORGÂNICA	Maior período de sobrevivência das bactérias e possibilidade de reprodução em presença de matéria orgânica.
ANTAGONISMO DA MICROBIOTA DO SOLO	Sobrevivência por mais tempo em solo estéril; a microbiota do solo compete com as bactérias por nutrientes; microorganismos aeróbios do solo diminuem a sobrevivência dos vírus, enquanto que os microorganismos anaeróbios não os afetam.

Fonte: LEWIS et al. (1982)

2.8.3.3 Sobrevivência de microorganismos indicadores e patogênicos nas culturas

Os microorganismos estão mais expostos às condições ambientais adversas na superfície das culturas do que no solo e o seu tempo de sobrevivência tende a ser menor (BASTOS, 1992).

Nas culturas a serem consumidas cruas esse tempo de sobrevivência é suficientemente alto para que os microorganismos cheguem até a mesa do consumidor, por causa da alta aderência destes às superfícies das plantas. Para os coliformes fecais o tempo de sobrevivência nas culturas sob condições de clima quente e seco é de 15 a 30 dias (STRAUSS, 1985).

Os microorganismos excretados, não conseguem penetrar nos tecidos das plantas, salvo se a membrana exterior que recobre os tecidos vegetais estiver danificada (FEACHEM et al., 1983), e neste caso não tem chances de sobrevivência.

Nem sempre a presença de microorganismos nas culturas representa risco à saúde. O risco depende de diversos fatores como: dose infectiva necessária para causar a doença em

indivíduos ou animais, e que varia de acordo com o tipo do patógeno e o grau de imunidade do hospedeiro.

De acordo com TRABULSI (1981), o risco à saúde humana depende da potencialidade da dose infectiva, sendo necessário, por exemplo, que um indivíduo saudável ingira cerca de 10^8 partículas de *E. coli* patogênico ou *Vibrio cholera*, ou 10^4 a 10^9 de *Salmonella* para causar doença. Há, porém, alguns microorganismos que possuem dose infectiva mais baixa, como *Shigella* (10 a 10^2 microorganismos), alguns protozoários como a *Entamoeba histolítica* (20 cistos) e alguns vírus (1 a 10^2 microorganismos).

A quantidade de microorganismos indicadores de contaminação fecal presente nas culturas irrigadas com água residuária depende da eficiência de remoção destes pelo sistema de tratamento de esgotos, da morfologia da planta, da latência dos microorganismos, de sua persistência, do método de irrigação utilizado e do tipo de cultura escolhido (FEACHEM et al., 1983). O tempo de sobrevivência das bactérias em algumas culturas com temperaturas entre 20 e 30°C são apresentados na Tabela 2.7.

TABELA 2.7: Tempo de sobrevivência de algumas bactérias em algumas culturas com temperaturas variando entre 20 e 30°C.

BACTÉRIAS	TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA (dias)
Coliformes fecais	< 60, geralmente < 15
<i>Salmonella</i> spp	< 60, geralmente < 15
<i>Shigella</i> spp	< 10, geralmente < 5
<i>Vibrio cholerae</i>	< 5, geralmente < 2

Fonte: Adaptado de Shuvall et al. (1985).

2.9 A ADUBAÇÃO NITROGENADA MINERAL: EFEITO SOBRE O MEIO EDÁFICO E NAS CULTURAS

O nitrogênio aplicado com o fertilizante é submetido aos mesmos tipos de reação que o liberado pelos processos bioquímicos (decomposição, degradação) dos resíduos vegetais. A maioria do nitrogênio contido nos fertilizantes apresentar-se-á sob uma ou mais das três formas: amônia, nitrato e uréia. Nos fertilizantes que contêm amônio este poderá ser oxidado para nitrato ou utilizado sem nenhuma modificação pelos microorganismos e vegetais superiores.

Os fertilizantes que contêm amônio e os que formam amônia mediante reação no solo mostram tendência para aumentar a acidez. O processo de nitrificação libera íons hidrogênio que permanecem adsorvidos pelos colóides do solo. A menos que sejam submetidos a algum tratamento especial, quase todos os fertilizantes mais completos apresentam tendência a deixar resíduos ácidos no solo. Os fertilizantes de uso convencional que contêm fósforo e potássio exercem menor influência sobre o pH do solo, a menos que contenham também nitrogênio. Aos fertilizantes comerciais são adicionados enxofre elementar e sulfatos de ferro e de alumínio com o objetivo de aumentar a acidez do solo, podendo ser adicionados ao solo com vistas a reduzir seu pH (BRADY, 1989).

2.10 A CULTURA DO MILHO

2.10.1 HISTÓRICO DA CULTURA

O milho (*Zea mays* L.) é considerado uma das culturas de maior interesse no mundo. Anualmente, são plantados cerca de 140 milhões de hectares, os quais contribuem para uma produção de aproximadamente 610 milhões de toneladas de grãos (FANCELLI, 1997). A sua importância se deve à acentuada habilidade fisiológica na conversão de carbono mineral em compostos orgânicos, ao seu alto potencial produtivo em relação aos demais cereais e à sua ampla adaptabilidade ambiental.

A planta de milho é considerada uma das mais eficientes na conversão de energia radiante e, conseqüentemente, na produção de biomassa, visto que uma semente que pesa, em média, 260mg, quando plantada produz num período de tempo de aproximadamente 140 dias, cerca de 0,8 a 1,2kg de biomassa e 180 a 250g de grãos por planta, o que resulta em quase 1000 vezes o peso da semente que a originou.

O melhoramento genético tem propiciado o desenvolvimento de novos cultivares, resistentes às condições mais adversas, de forma que atualmente é possível cultivar milho desde o paralelo de 0° até o limite das latitudes temperadas e desde o nível do mar até 3600m de altitude (EMBRAPA, 1996).

A cultura do milho no Brasil abrange uma área de aproximadamente 12 milhões de hectares e apresentou, no ano de 2002, uma produção superior a 36 milhões de toneladas, sendo um dos mais importantes produtos do agronegócio brasileiro (AGRIANUAL, 2003).

O país apresenta grande diversidade de condições de cultivo, desde a agricultura de subsistência, praticamente sem utilização de insumos, até o cultivo para exportação, onde são

utilizadas ao máximo, as tecnologias disponíveis, com o objetivo de competir em produtividade com países de tecnologia mais avançada.

No Brasil, cerca de 14% da área cultivada com milho encontra-se em regiões de clima árido e semi-árido, o que reduz significativamente a produção, havendo, em algumas circunstâncias, a perda total do plantio, que chegam a somar 3,7 milhões de toneladas.

Na região Nordeste do Brasil, o milho é produzido por pequenos e médios produtores e se constitui num dos componentes essenciais da economia regional. As condições edafoclimáticas da região levaram pesquisadores a desenvolverem híbridos com alto potencial genético de produção e rusticidade, adaptáveis a esse meio.

2.10.2 ASPECTOS EDAFOCLIMÁTICOS

A germinação das sementes de milho em temperaturas do solo inferiores a 10°C e superiores a 42°C é prejudicada sensivelmente, ao passo que aquelas situadas entre 25 e 30°C propiciam as melhores condições para o desencadeamento dos processos de germinação das sementes e emergência das plântulas. Por ocasião do período de florescimento e maturação, temperaturas médias diárias superiores a 26°C podem promover a aceleração dessas fases, da mesma forma que temperaturas inferiores a 15,5°C podem prontamente retardá-las (BERGER, 1962).

Resultados experimentais relatam que a cada grau de temperatura média diária superior a 21,1°C, nos primeiros 50-60 dias após a semeadura, pode antecipar o florescimento de dois a três dias. Ainda, o rendimento do milho pode ser reduzido, bem como pode ser alterada a composição protéica dos grãos, quando da ocorrência de temperaturas acima de 35-37°C (>3 horas), por ocasião do período de formação do grão. Tal efeito, na maior parte das vezes, pode estar relacionado à diminuição da atividade da enzima reductase do nitrato, a qual afeta o processo de transformação do nitrogênio disponível para a planta (FANCELLI & DOURADONETO, 1997).

Da mesma forma, a elevação da temperatura contribui para a redução da taxa fotossintética líquida em função do aumento da respiração, afetando diretamente a produção. Por essa razão, temperaturas elevadas prevaletentes no período noturno (>24°C) promovem um consumo energético demasiado, em função do incremento da respiração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, com conseqüente queda no rendimento da cultura. Cumpre salientar que a queda de rendimento em grãos, na condição mencionada (temperatura noturna elevada), pode ser também determinada pela redução acentuada do ciclo da planta, em função do

incremento da somatória térmica, conforme citado por FANCELLI & DOURADO-NETO (2000).

2.10.3 NECESSIDADE HÍDRICA

A cultura do milho exige um mínimo de 400-600mm/ciclo de precipitação pluvial para que possa manifestar seu potencial produtivo, sem a necessidade da utilização de irrigação, sendo que a evapotranspiração freqüentemente oscila entre 4 e 6 mm/dia. Todavia, o período compreendido entre o estágio fisiológico de emborrachamento/pendoamento e grãos leitoso, caracteriza-se como a mais sensível ao déficit hídrico, resultando em perda significativa e irreversível de produção.

A quantidade de água disponível para a cultura encontra-se na dependência da capacidade exploratória das raízes, do armazenamento de água do solo e da magnitude do sistema radicular da planta. Assim, o manejo racional do solo e da cultura reveste-se de suma importância para o crescimento e distribuição do sistema radicular, favorecendo o aproveitamento eficiente da água e de nutrientes.

De acordo com MAGALHÃES et al. (1995), a ocorrência de um período de seca na cultura do milho poderá ter influência distinta nas três etapas do estágio fisiológico: a) iniciação floral e desenvolvimento das inflorescências, afetando diretamente o número potencial de grãos; b) período de fertilização, onde é fixado o potencial de produção, cujos efeitos são a desidratação do grão de pólen e dificuldade de penetração e crescimento do tubo polínico e c) enchimento de grãos, através da redução na translocação de assimilados para o grão e também pela influência direta na fotossíntese.

Os estudos de épocas de ocorrência da deficiência hídrica, durante o ciclo da cultura do milho, revelaram que o florescimento é a época mais sensível para a definição do rendimento dos grãos e as perdas podem exceder 50% quando a falta de água coincide com esta época (BOLAÑOS & EDMEADES, 1993). Além do déficit hídrico outro fator que pode limitar o rendimento do milho é a disponibilidade de nutrientes, especialmente o nitrogênio. Este proporciona o aumento do rendimento da cultura através da influência no crescimento do sistema radicular, comprimento da espiga e número de espigas por planta (BULL, 1993). Nesse particular, a elevada concentração de nutrientes nas camadas superficiais do solo, a acentuada disponibilidade temporal de nutrientes e índices desfavoráveis de salinidade poderão afetar significativamente a arquitetura da raiz (*distribuição detalhada de raízes individuais no espaço*

tridimensional) dificultando o aproveitamento de água e nutrientes por parte da planta (TERUEL, 1999).

As perdas na produção resultam primeiramente da redução no número de grãos por planta, devido à inibição do florescimento, falhas na fertilização, e aborto dos embriões (WESTGATE, 1994).

2.10.4 OS NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO

2.10.4.1 Nitrogênio

O nitrogênio é um dos mais importantes nutrientes, responsável em grande parte pelas maiores produtividades obtidas na agricultura tecnificada (LATIRI-SOUKI et al., 1998).

A maior quantidade do nitrogênio é absorvida pelas raízes em forma de nitrato e este é necessariamente reduzido a NH_4^+ para ser incorporado em esqueletos carbônicos, fazendo então parte de muitos compostos orgânicos, principalmente das proteínas, as quais foram batizadas, por sua importância, como a “base física da vida” (MALAVOLTA, 1979). Como faz parte de moléculas como proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila. O nitrogênio é um dos nutrientes que apresenta os efeitos mais espetaculares no aumento do rendimento de grãos na cultura do milho e também sobre a qualidade da produção, uma vez que contribui para o aumento do teor de proteína dos grãos (BULL, 1993).

De acordo com BELOW (2000), o nitrogênio é considerado um dos maiores fatores de produção responsáveis pelo aumento da produtividade e da proteína dos grãos de milho. Embora o aumento no suprimento de NH_4^+ nos solos possa melhorar a performance da planta, numerosas espécies têm mostrado absorver mais nitrogênio e crescer mais rapidamente quando supridas com misturas de NO_3^- e NH_4^+ , que quando adubadas somente com NO_3^- . Ao estudar plantas de milho em condições hidropônicas, onde as formas de nitrogênio puderam ser controladas, o referido autor observou que houve aumento de produtividade (entre 10 e 14%) quando as plantas forma cultivadas com ambas formas de nitrogênio do que quando somente adubadas com NO_3^- . Esse aumento na produtividade induzido por essa mistura foi verificado pela maior produção de grãos por planta, principalmente devido à diminuição do abortamento de grãos no topo da espiga. Tais resultados mostraram um efeito direto na forma de nitrogênio sobre o desenvolvimento da espiga, uma vez que ambos os tratamentos presumivelmente têm mais que o adequado suprimento desse elemento disponível para as plantas. Mesmos resultados foram

obtidos por (SMICKLAS & BELOW, 1992), quando estudaram a aplicação de misturas de nitrogênio e de NO_3^- isoladamente, em experimento de campo com milho, e concluíram que as plantas acumularam mais nitrogênio quando supridas com uma mistura de formas de nitrogênio, do que somente na forma de NO_3^- .

O nitrogênio é o nutriente de custo mais elevado e o único exigido em grande quantidade pela maioria das culturas, especialmente a do milho. Do total de nitrogênio aplicado como fertilizante, cerca de 40 a 50% é absorvido pelo milho sob condições tropicais, o restante se perde por lixiviação, volatilização e desnitrificação (PEOPLES et al., 1995). O aproveitamento do nitrogênio na cultura do milho, em clima tropical, depende ainda da disponibilidade de água no solo, da fertilidade do solo e da presença de alumínio, dentre outros fatores (MACHADO & FERNANDES, 1993; MACHADO & MAGALHÃES, 1995).

2.10.4.2 Fósforo

O fósforo é, dos três macronutrientes, aquele exigido em menores quantidades pelas plantas e encontra-se na solução do solo como íon ortofosfato, derivado do ácido ortofosfórico (H_3PO_4). Embora seja classificado como um macronutriente primário e de grande importância na adubação, os seus teores nas plantas são bem mais baixos do que os de nitrogênio e potássio, aproximando-se àqueles dos macronutrientes secundários.

O fósforo é absorvido preferencialmente como H_2PO_4^- , conseqüência do efeito do pH na abundância dessa espécie iônica em solução, e de um marcante decréscimo de absorção de fósforo com elevação do pH da solução. Após a absorção, o fósforo é quase que imediatamente incorporado nos compostos orgânicos da planta. Esse elemento participa de um grande número de compostos vegetais, essenciais em diversos processos metabólicos. Está presente também nos processos de transferência de energia. O seu suprimento adequado, desde o início do desenvolvimento vegetal, é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas (BRADY, 1989).

O fósforo quando oferecido em quantidades adequadas estimula o desenvolvimento radicular, é essencial para a boa formação dos frutos e das sementes e incrementa a precocidade da produção. Esse nutriente, ao contrário do que ocorre no solo, apresenta alta mobilidade nas plantas, transferindo-se rapidamente de tecidos velhos para regiões de meristema ativo. A deficiência de fósforo nas plantas retarda seu crescimento. Os sintomas de déficit aparecem nas folhas mais velhas que se apresentam de cor verde escura. Em algumas plantas o talo adquire uma cor avermelhada, devida ao aumento da antocianina. (RAIJ, 1991).

De acordo com RAIJ et al. (1981), as respostas à aplicação de fósforo em milho têm sido altas e freqüentes.

2.10.4.3 Potássio

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

O comportamento do nutriente em solos tropicais aparenta ser muito mais simples do que em solos de clima temperado.

O nutriente ocorre no solo, na forma de cátion trocável e na solução do solo, sempre como íon K^+ , que é também a forma de ocorrência em minerais. Os teores trocáveis em geral pouco representam em relação aos teores totais. Contudo, em solos muito intemperizados, como é o caso de vastas regiões brasileiras, eles podem ser a reserva mais importante do potássio disponível. O teor de potássio nas plantas só é inferior, em geral, ao de nitrogênio. Os teores são elevados em folhas e mesmo nas partes colhidas, com exceção de grãos amiláceos (BRADY, 1989).

A maior parte do potássio é absorvida pelas plantas durante a fase de crescimento vegetativo, como K^+ , e o nutriente mantém-se sempre nesta forma, sendo o mais importante cátion na fisiologia vegetal. Sua principal função é de ativador de funções enzimáticas e de manutenção da turgidez das células. O potássio é extremamente móvel na planta, ocorrendo transporte a longas distâncias. É comum o potássio de folhas velhas ser distribuído para folhas novas. Órgãos de plantas são supridos preferencialmente e, assim, tecidos meristemáticos e frutos novos têm altos teores de potássio (FANCELLI & DOURADO-NETO, 2000).

A deficiência de potássio não revela sintomas imediatos, inicialmente só ocorre redução do crescimento e, em fases mais avançadas da deficiência, ocorre clorose e necrose nas pontas e nas margens das folhas. Plantas deficientes em potássio têm turgidez reduzida e, sob deficiência de água, tornam-se flácidas. A resistência à seca é reduzida e as plantas tornam-se mais susceptíveis a fungos. Em alguns casos, diminui a resistência das plantas ao acamamento e a qualidade dos produtos obtidos (BULL, 1993).

O potássio não se acumula tanto no solo como o fósforo, principalmente se a CTC for baixa. As adubações localizadas não podem ser muito elevadas, por causa do possível dano salino de cloreto de potássio causado às plantas (BRADY, 1989).

2.10.5 PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

Nas áreas tropicais onde é maior a ocorrência de estresses abióticos e há grande diversidade climática, o risco da atividade agrícola é mais elevado. Estima-se que 40% do milho cultivado nestas áreas sofra redução na produção devido a seca (EDMEADES et al, 1989).

A produtividade da cultura do milho no Brasil tem girado em torno de 2400kg/ha nos últimos anos, correspondendo à cerca de apenas a metade da mundial e a ¼ da apresentada pelos Estados Unidos da América (8400kg/ha), que é o líder tanto de produção quanto de produtividade (CONAB, 2001).

Para o milho, o potencial de produção é definido precocemente, ou seja, por ocasião da emissão da 4ª folha, podendo se estender até a 6ª folha, principalmente em função da natureza protândrica (dicogamia na qual os órgãos sexuais masculinos se desenvolvem inteiramente, antes dos femininos) dos principais genótipos utilizados no Brasil. A referida etapa é denominada de diferenciação floral, a qual também coincide com o término da fase de diferenciação das folhas. Portanto, nessa etapa já estará definida a área foliar potencial que a planta deverá apresentar. Da mesma forma, a confirmação do número de fileiras (ovários) da espiga, ocorrerá entre o período correspondente à emissão da 7ª e 9ª folha completamente expandidas, devido às transformações ocorridas na gema axilar que dará origem à espiga (FANCELLI & DOURADO-NETO, 2000). Segundo DWYER et al. (1992) a primeira gema axilar que muda do estado vegetativo para o estado reprodutivo é a gema superior, isto é, aquela posicionada entre a 5ª e a 7ª folha abaixo da panícula.

O número de ovários e o número de óvulos contidos na espiga são afetados significativamente pela temperatura, pelo genótipo (BERTRAND, 1991) e pela disponibilidade de nitrogênio, sendo menos sensíveis à radiação solar e densidade de plantas (UHART & ANDRADE, 1995). Todavia, nesse particular, a baixa disponibilidade de nitrogênio (<25 kg/ha) e a presença de temperaturas baixas (<12°C) no início do desenvolvimento da planta (4ª/5ª folha), contribuem de forma decisiva para a redução do tamanho da raiz (redução de síntese de citocinina) e do potencial de produção da cultura (FANCELLI, 1997).

Com relação ao aproveitamento de luz, a superfície da folha fotossinteticamente ativa em relação à unidade de superfície de solo é denominada de índice de área foliar (IAF). Tal índice permite estimar o grau de desenvolvimento da planta e o potencial de interceptação de energia radiante. O IAF determina, ainda, a taxa máxima de crescimento (IAF crítico), o qual varia em função do ambiente que a planta estiver submetida. Para FONSECA, (2001) o IAF crítico, para a

cultura do milho, oscila entre valores de 3 a 5, de acordo com a região, genótipo e sistema de produção considerados.

Para a cultura do milho manifestar sua elevada capacidade de produção de biomassa, torna-se necessário que a planta apresente adequada estrutura de interceptação da radiação solar disponível, que somente poderá ser obtida quando for evidenciado pelo menos 85-90 % de sua área foliar máxima. Assim, quanto mais rapidamente tal condição for atingida maior será a taxa de crescimento e a garantia de velocidade metabólica satisfatória (MAGALHÃES et al, 1995).

O rendimento de grãos de uma cultura pode ser definido como sendo o produto do rendimento biológico e índice de colheita (IC). O rendimento biológico é comumente determinado pelo peso total da matéria seca da planta, perfazendo medida integrada dos efeitos combinados da fotossíntese e respiração durante a fase de crescimento. A fotossíntese, por sua vez, é dependente da extensão da área foliar e da permanência das folhas em plena atividade. O índice de colheita, que se constitui na fração dos grãos produzidos em relação à matéria seca total da planta, pode ser empregado em programas de melhoramento genético e de avaliação de performance de genótipos submetidos a diferentes condições climáticas e ainda, poderá identificar a habilidade de um genótipo combinar elevada capacidade de produção total e de destinar a matéria seca acumulada a componentes de interesse econômico (DONALD & HAMBLIN, 1976).

O IC máximo para a cultura do milho encontra-se próximo de 0,52, em regiões de clima temperado e/ou elevada latitude. Em contrapartida, os menores índices de colheita mencionados na literatura referem-se àqueles oriundos de alguns países da África, quais sejam: Quênia (IC = 0,20) e Gana (IC = 0,27) (FANCELLI & DOURADO-NETO, 2000).

De acordo com DURÃES et al. (1993), as características morfo-fisiológicas da planta associadas com o elevado rendimento de grãos variam em função dos diferentes genótipos; contudo, a precocidade confere os maiores índices de partição. Porém, FANCELLI (1986) ressalta que a maior habilidade de partição relacionada aos genótipos superprecoces e precoces somente poderá se manifestar, quando forem efetivamente satisfeitas suas exigências climáticas e nutricionais.

2.11 A CULTURA DO ALGODOEIRO HERBÁCEO

2.11.1 HISTÓRICO DA CULTURA

O algodão é uma das maiores mercadorias do mundo, ao lado do automóvel e do petróleo, movimentando por ano mais de 190 bilhões de dólares somente em produtos manufaturados (OLIVEIRA & MEDEIROS, 1996).

A cultura do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch) no semi-árido nordestino foi e continua sendo uma das principais atividades do meio rural, em especial dos pequenos e médios produtores. Na maioria das áreas de produção da região Nordeste, em especial no semi-árido, que representa mais de 70% desta região, predomina a cotonicultura do pequeno produtor, que utiliza a mão-de-obra familiar, com elevada importância social e econômica. A região Nordeste já chegou a ter plantado mais de um milhão de hectares com este tipo de algodão, como na safra 1984/85 tendo, atualmente, 188.000 ha plantados na região, principalmente nos estados da Bahia (55.000ha), Ceará (29.000ha) e Alagoas (21.000 ha) com plena possibilidade de crescimento e desenvolvimento, via plataformas do algodão e programas de recuperação desta cultura (BELTRÃO, 1999).

Na safra de 2001/2002, a produtividade média no Nordeste foi de 1.528kg/ha de algodão em caroço, com produção de pluma de 106.000t, equivalente a 35,5% do consumo, que é em torno de 300.000t (IBGE, 2004).

Além da fibra, seu principal produto, o algodoeiro produz diversos subprodutos, que apresentam também grande importância econômica, destacando-se o linter, que corresponde a cerca de 10% da semente do algodão, o óleo bruto, média de 15,5% da semente, a torta, que é quase a metade da semente, além da casca e do resíduo (4,9% do total) (FERREIRA & FREIRE, 1999). Como cultura industrial, o algodão tem, na sua cadeia produtiva, diversos setores, que empregam e/ou fornecem ocupação, desde o campo até a indústria de confecção e, em nível de produção primária, cerca de 70% do custo de produção total da cultura desta malvácea, representam mão-de-obra, o oposto das demais regiões do Brasil e dos países produtores, que empregam elevado nível tecnológico, também com grande agressão ambiental, devido ao uso significativo de pesticidas (BELTRÃO, 1999).

2.11.2 ASPECTOS EDAFOCLIMÁTICOS

O algodoeiro herbáceo é uma planta de origem tropical e subtropical, necessitando, para obtenção de fibras de alta qualidade e boa produtividade, de condições climáticas favoráveis com dias ensolarados, baixa nebulosidade, temperatura média do ar superior a 20°C e umidade relativa do ar em torno de 60%. As precipitações pluviais devem estar entre 500 e 1800mm. A regularidade das chuvas é importante nas fases de floração, crescimento e desenvolvimento dos frutos. A disponibilidade de radiação solar é fator de grande importância para a abertura dos frutos (AMORIM NETO et al., 1992).

O algodoeiro herbáceo é exigente quanto ao tipo de solo (GRIDI-PAPP et al., 1992), preferindo aqueles de textura média, profundos, ricos em matéria orgânica, permeáveis, bem drenados e de boa fertilidade. No entanto, trata-se de uma cultura de larga adaptação edáfica, podendo ser cultivada em diversos tipos de solo, desde que sejam efetuadas as devidas correções, de forma que passem a apresentar características suficientes para atender as necessidades básicas ao seu pleno desenvolvimento (GARCIA-LORCA & CARNERO ORTEGA, 1991).

2.11.3 NECESSIDADES HÍDRICAS

As necessidades hídricas do algodoeiro variam com os estádios fisiológicos, em função do desenvolvimento da sua fitomassa, apresentando um mínimo na fase inicial, após a emergência, e um máximo, no estágio de floração. O consumo hídrico do algodoeiro durante o seu ciclo varia em função da cultivar, das práticas culturais, da disponibilidade de umidade no solo e da demanda atmosférica, exibindo considerável variação para diferentes regiões (GRIMES & EL-ZIK, 1990).

Segundo OLIVEIRA & SILVA (1987), um fator determinante na economia de trabalho, água e energia em áreas irrigadas, é a determinação da época de supressão das irrigações, de forma a não comprometer o rendimento nem a qualidade da fibra do algodoeiro, que além de promover o amadurecimento fisiológico precoce das plantas, antecipa a queda de folhas e, no caso da colheita mecânica, pode até mesmo dispensar o uso de desfolhantes. Para esses autores a supressão das irrigações no início da floração, 20, 40 e 60 dias após, apresentou efeito significativo sobre o rendimento do algodão, com valores médios de 1438, 2778, 3604 e 3709kg/ha, respectivamente.

OLIVEIRA et al., (1992a, 1992b) estudando o efeito da época da última irrigação no algodoeiro herbáceo de ciclo precoce (100 – 110 dias), utilizando o sistema de irrigação por

sulcos, observaram que os melhores rendimentos foram obtidos, quando as irrigações foram suspensas entre 80 e 110 dias, após a germinação, não havendo, entretanto, diferenças significativas nos resultados. Tais resultados indicam que interromper a aplicação de água quando a cultura estiver com os frutos maduros, favorece a antecipação da abertura das maçãs, sem comprometer o rendimento da lavoura.

2.11.4 OS NUTRIENTES NA CULTURA DO ALGODÃO

A extração de elementos nutritivos do solo pelo algodoeiro apresenta grandes variações em função da variedade, do clima, da capacidade produtiva e da fertilidade do solo, entre outras (CARVALHO & CHIAVENATO, 1999). A absorção de nutrientes é variável de acordo com a idade da planta do algodão (Tabela 2.8). Na fase de estabelecimento das plantas há maior absorção de fósforo, magnésio, enxofre e ferro. Na fase dos primeiros botões florais e formação das primeiras flores, o nitrogênio, o potássio, o cálcio e o enxofre são absorvidos com maior intensidade; já na fase da floração plena e de formação das primeiras maçãs, há maior absorção de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, enquanto durante o período de maturação e abertura dos primeiros capulhos o fósforo, o potássio, o magnésio e o ferro são os elementos absorvidos com maior intensidade (FRYE & KAIRUZ, 1990).

Tabela 2.8 – Absorção de nutrientes durante o ciclo do algodoeiro e extração total para produzir uma tonelada de fibra por hectare.

DIAS	ETAPA DE CULTIVO	% DO ELEMENTO ABSORVIDO						
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe
1-20	Estabelecimento	3,6	4,5	32,3	34,0	13,2	6,5	15,4
21-60	Botões Florais/Flores	46,0	35,9	47,1	44,3	32,4	46,7	24,1
61-100	Flores/Capulhos	29,1	30,0	28,5	30,7	23,1	26,1	27,8
101-140	Mat. e abertura capulhos	15,6	24,6	17,4	16,7	26,8	15,8	24,1
Extração total (kg/ha)		180	34	160	105	36	29	9

Fonte: Frye & Kairuz (1990)

2.11.4.1 O nitrogênio na cultura do algodão

O nitrogênio é o nutriente que o algodoeiro retira do solo em maior proporção. É fundamental no desenvolvimento da planta, principalmente dos órgãos vegetativos. Doses adequadas estimulam o crescimento e o florescimento, regularizam o ciclo da planta, aumentam a produtividade e melhoram o comprimento e resistência da fibra; e doses elevadas aumentam o desenvolvimento vegetativo em detrimento da produção e formação tardia dos capulhos do algodoeiro (STAUT & KURIHARA, 2001).

Para maximizar o aproveitamento do nitrogênio e reduzir as perdas da amônia pela volatilização propiciada pela lixiviação devido à mobilidade desse elemento no solo, emprega-se a prática do fracionamento da aplicação (LACA-BUENDÍA & NISRALA, 1997).

De acordo com ROSOLEM (2001), a adubação nitrogenada de cobertura deve ser realizada até 55-60 dias após a emergência das plantas de cultivares de ciclo tardio, dividida em, no máximo, duas aplicações. Aplicações mais tardias, além de não resultarem em maior produtividade, podem induzir maior crescimento vegetativo e alongar o ciclo da planta. Para MARTINS (1997), apud EMBRAPA (1997), o algodoeiro, até a floração e o aparecimento das maçãs, absorve apenas 20 a 35% da quantidade total de nitrogênio de que necessita.

OLIVEIRA E BALBINO (1995), em pesquisa realizada em Palotina, RS, objetivando o efeito da adubação nitrogenada com sulfato de amônio sobre a produtividade do algodoeiro, submeteram a cultura a dosagem de 50kg/ha de N e verificaram que a adubação proporcionou maior produtividade do algodão em caroço que a testemunha.

PEREIRA et al. (2003) desenvolveram um trabalho em Barbalha (CE) com objetivo de determinar o efeito de doses crescentes de adubação nitrogenada sobre algumas características agrônomicas e tecnológicas da fibra da linhagem CNPA 97-2865 e concluíram que o rendimento do algodão em caroço, a altura das plantas e o peso do capulho variaram linearmente como os níveis crescentes de adubação nitrogenada e que a percentagem e as características tecnológicas da fibra não foram afetadas pelos diferentes níveis de adubação.

Uma quantidade excessiva de nitrogênio, porém, estimula o crescimento vegetativo com prolongamento do ciclo do algodoeiro, o que nem sempre é desejável, principalmente em regiões onde podem ocorrer chuvas durante a colheita ou ataques tardios de pragas e/ou doenças. Nesse sentido, FRYE E KAIRUZ (1990) comentam que o excesso de nitrogênio produz plantas vigorosas, porém com pouca frutificação e abertura tardia e irregular dos capulhos. Além disso, elevadas doses de nitrogênio podem ocasionar maior queda de botões florais, sem afetar o rendimento final do algodoeiro. No entanto, em solos com deficiência de potássio pode ocorrer

queda de rendimento de algodão em caroço, em função da adubação nitrogenada, caso a deficiência de potássio não seja corrigida, concluindo-se que, em solos com problemas de fertilidade, o efeito positivo do nitrogênio somente se manifesta com uma adubação completa e balanceada.

Segundo MALAVOLTA et al. (1974) em plantas com deficiência de nitrogênio há um decréscimo marcante no número de sementes por capulho, redução na velocidade de floração, aumento da percentagem de línter e do teor de proteína das sementes. Níveis de nitrogênio mais elevados favorecem o maior comprimento das fibras.

2.11.4.2 O fósforo na cultura do algodão

O fósforo tem importante papel no crescimento inicial da raiz e, em consequência, sobre a implantação, o enraizamento, o vigor da planta e a precocidade da cultura (VIVANCOS, 1989). É um dos nutrientes menos absorvidos pelo algodoeiro, mas quando em déficit na planta a produção cai substancialmente (PASSOS, 1980).

De acordo com EMBRAPA (1997), o fósforo favorece a maturação dos capulhos e eleva a produção do algodoeiro. Entretanto, o efeito desse nutriente sobre o tamanho do capulho, o peso da semente, a percentagem de línter e o comprimento da fibra, parece ser pequeno ou nulo. Segundo RODRIGUEZ & CARNERO (1991) o fósforo faz com que os capulhos sejam de maior tamanho e consequentemente mais pesados, além de favorecer a sua abertura.

2.11.4.3 O potássio na cultura do algodão

A deficiência de potássio no algodoeiro tem ocorrido mesmo em solos com alto teor desse elemento, e está relacionada ao uso de variedades altamente produtivas, de rápida maturação, com menor capacidade de armazenar potássio antes do florescimento; ao decréscimo da atividade radicular durante a frutificação; a mudanças nas práticas culturais (aumento no uso do nitrogênio e reguladores de crescimento); à baixa disponibilidade aliada à fixação de potássio no solo e ao estresse hídrico (CHANG & OOSTERHUIS, 1995). O potássio é importante para o desenvolvimento e a qualidade da fibra (CASSMAN et al. 1990), e é o nutriente mais abundante na sua composição (KAFKAFI, 1992).

A deficiência de potássio resulta em menor deposição de celulose na parede secundária das fibras, causando decréscimo na maturidade, micronaire, alongamento, comprimento, perímetro e uniformidade; decréscimo na produção de fibras, peso de sementes e maçãs,

(PETTIGREW & MEREDITH, 1992) e produção de fibras mortas e imaturas (THOMPSON, 1999).

De acordo com THOMPSON (1999), cerca de 65% do potássio exigido é absorvido (até 5,6kg/ha.dia) entre o início da floração e a maturidade. Sabe-se, entretanto, que com a ação do potássio a folha aumenta a atividade assimiladora e, particularmente, a síntese do carbono. Na sua falta, a fotossíntese diminui e a respiração aumenta. É um elemento móvel e distribui-se por toda a planta; age como um catalisador da passagem de aminoácidos a proteína e reduz a susceptibilidade da planta a doenças (PASSOS, 1980).

2.11.5 CARACTERÍSTICAS DA FIBRA E DO FIO DO ALGODÃO

A fibra do algodão chamada de superfície unicelular é o principal insumo têxtil do mundo. Em 1960, cerca de 68% do vestuário da humanidade era de algodão. Atualmente apenas 47% das roupas são produzidas com esse insumo, apresentando, porém perspectivas de ampliação (International Cotton Advisory Committee, 1997).

A indústria têxtil nacional é, atualmente, a sexta maior do planeta, consumindo em média 850.000t de pluma de algodão por ano (SANTANA, 1997) e exige fibras médias, longas e extralongas, cada vez mais finas e resistentes para que possam ser fiadas nos rotores de alta velocidade, nas fiações modernas. Assim, as novas cultivares de algodão devem apresentar finuras em índice micronaire, na faixa de 3,5 a 4,2mg/in; e resistência em HVI superior a 24gf/tex (FREIRE et al., 1997).

As características tecnológicas da fibra do algodão estão intrinsecamente ligadas a fatores hereditários, mas sofrem influência de fatores ambientais como condições climáticas, fertilidade do solo, incidência de pragas e aparecimento de doenças (SANTANA et al., 1998, apud SANTANA, 2002).

A caracterização da qualidade tecnológica da fibra é realizada mediante análise dos seguintes parâmetros: comprimento da fibra (UHM), uniformidade de comprimento (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento à ruptura (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT), Reflectância (Rd), grau de amarelo (+b) (SANTANA et al, 1999).

- Comprimento a 2,5% S.L. é o comprimento médio que atinge, a 2,5% das fibras distribuídas ao acaso, em um pente ou pinça especial. A classificação do comprimento da fibra é: curta (abaixo de 25mm), média (25-29mm), longa (29-32mm) e muito longa acima de 32mm (LIMA & NABAS, 1995; SANTANA & WANDERLEY, 1995).

- Uniformidade de comprimento ou Relação de uniformidade é a relação existente entre os 50% S.L. para os 2,5% S.L., representando uma medida de irregularidade do comprimento das fibras dentro de uma população. Uma fibra de boa qualidade para a fiação, e que assegure um bom rendimento para as máquinas deve apresentar uma umidade relativa (UR) = 45%. A classificação da UR é de acordo com LIMA & NABAS, (1995) e SANTANA & WANDERLEY (1995) é: muito irregular (abaixo de 41%), irregular (41 a 42%), média (43 a 45%), uniforme (45 a 46%) e muito uniforme (acima de 46%).
- Índice de fibras curtas é a proporção entre a percentagem de fibras curtas e o peso, com comprimento inferior a 12,7mm contida em uma amostra de fibra. A classificação para este índice é: muito baixo (abaixo de 6%), baixo (6 – 9%), regular (10 – 13%), alto (14 – 17%) e muito alto (acima de 17%) (Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis s.d).
- A resistência das fibras é definida pela quantidade de celulose depositada no interior da fibra e tem, na sua classificação, relação direta com a resistência do fio e o andamento do fio na fiação. É obtida pela medição da força requerida para romper uma amostra de fibra (gf/tex). De acordo com LIMA & NABAS (1997), a classificação da fibra quanto a resistência é: muito fraca (abaixo de 22), fraca (23 – 26), média (27 – 30), forte (31 – 33) e muito forte (acima de 34).
- Alongamento à ruptura é o comprimento médio ao qual as fibras se distendem antes da ruptura (ZELLWEGER USTER, 1992). É classificado de acordo com a categoria como: muito baixa (abaixo de 5,0%), baixa (5,0 – 5,8%), média (5,9 – 6,7%), alta (6,8 – 7,6%) e muito alta (acima de 7,6%) (LIMA & NABAS, 1995; SANTANA & WANDERLEY, 1995).
- Índice Micronaire é um parâmetro utilizado para medir o diâmetro externo da fibra ou a área da seção transversal da fibra, ou ainda, a massa por unidade de comprimento (título da fibra) e representa atualmente um conjunto de todos esses fatores, aliado a sua maturidade. Essa característica tem influência direta na formação de neps no processo de abertura e cardagem. A classificação para esse índice é: muito fina (abaixo de 3,0), fina

(3,0 a 3,90, média (4,0 a 4,9), grossa (5,0 a 5,9) e muito grossa (acima de 6,0) (SANTANA et al, 1999).

- Maturidade é uma das principais características da fibra e está diretamente correlacionada à sua finura. As fibras maduras são as que apresentam a espessura da parede maior que a metade do diâmetro do lúmen, ou quando a espessura das paredes maior que a espessura do lúmen. As unidades de maturidade são o “LORD” e “ASTM”. Para a maturidade “LORD” tem-se: muito madura (>1,00), acima da média (1,00 – 0,95), madura (0,95 – 0,85), abaixo da média (0,85 – 0,80), imatura (0,80 – 0,70), incomum (< 0,70) (SANTANA & WANDERLEY, 1995).
- Reflectância é a quantidade de luz refletida de um objeto. É medida por uma resolução radiométrica com 100 níveis de cinza, graduados entre o preto (0) e o branco (100). Cada percentual de reflectância está associado a uma tonalidade de cinza. A fibra do algodão tem sua reflectância variando de 40 a 85Rd (SANTANA et al, 1999).
- Grau de amarelo indica o amarelecimento da fibra. Para a fibra do algodão esse grau varia de 4 a 18.

Na tabela 2.9 estão presentes os parâmetros ideais da fibra exigidos pela indústria têxtil nacional.

Tabela 2.9: Parâmetros ideais da fibra exigidos pela indústria têxtil nacional.

PARÂMETROS	TÍTULOS		
	Grosso/médio	Médio/fino	Fino
Comprimento comercial (mm)	30/32	34/36	36/38
Uniformidade de comprimento (%)	>45	>45	>45
Maturidade (% de fibra madura)	>68	>66,7	>66,7
Finura Índice micronaire	3,6 – 4,2	3,4 – 3,6	3,4 – 3,6
Resistência Pressley (lb/mg)	>7,9	>7,9	>7,9
Alongamento (%)	7	7	7
Produção de algodão desejada (%)	aprox. 80	aprox. 15	aprox. 5

Fonte: SANTANA et al., 1989 apud BELTRÃO (1999).

2.11.6 EFEITO DA ADUBAÇÃO SOBRE A FIBRA DO ALGODÃO

A adubação fosfatada tende a aumentar o comprimento da fibra, enquanto a potássica melhora consideravelmente a uniformidade de comprimento, aumentando também o teor de celulose depositada na parede celular das fibras. Este teor de celulose exerce grande influência em outros caracteres econômicos do algodoeiro, como produção, peso de um capulho e peso de cem sementes, comprimento de fibra, uniformidade de comprimento e finura, proporcionando maiores valores às referidas características (SANTANA et al, 1999).

2.11.7 A CULTIVAR BRS 187 8H

A cultivar BRS 187 8H é originária do cruzamento da CNPA 77/105 de alta produtividade e resistente à broca da raiz, com a D3-79 de origem americana. Após os cruzamentos, nas gerações segregantes, várias seleções foram efetuadas, surgindo a linhagem CNPA 86-1190-5 que deu origem a BRS 187 8H.

A BRS 187 8H tem ciclo normal de 140 dias e porte intermediário, com altura variando de 0,9 a 1,0m de altura, caule de cor arroxeadada com pilosidade, folha com 5 lóbulos, pouca pilosidade, recorte normal com presença de 1 nectário na nervura principal, brácteas com 12 a 13 dentes, inserção do primeiro ramo frutífero na altura do 5º ao 6º nó, 10 a 15 ramos frutíferos com 4 a 5 lojas por capulho, fibra de cor branco-clara e com boa retenção de cápsula e comprimento médio de 30 a 34mm. Os capulhos possuem tamanhos intermediários com peso de 6,5g e se abrem, em geral, ao 110º dia do plantio. O início do florescimento se dá entre 40º e 45º dia com o surgimento da flor de cor amarela. Em condições de sequeiro o ciclo varia de 120 a 130 dias.

A cultivar BRS 187 8H apresenta resistência a virose e *Alternaria*. É tolerante a ramulose (superbrotamento) e bacteriose. No Centro-Oeste brasileiro é susceptível a ramulose.

Em condições de precipitação que atenda as necessidades hídricas da cultura, ou sob irrigação, a produtividade dessa cultivar ultrapassa os 4.550kg/ha (EMBRAPA, 1999).

As principais características tecnológicas (físicas) da fibra da variedade BRS 187 8H e a comparação entre esta linhagem e outras analisadas, estão na Tabela 2.10. Esses dados são resultado das médias encontradas em 17 ensaios realizados na região Nordeste do Brasil (CNPA, 2000).

Tabela 2.10: Principais características tecnológicas da fibra da variedade BRS 187 8H e comparação entre outras linhagens.

Características	BRS 187 8H	Média das demais linhagens
Peso médio de 1 capulho (g)	6,5	6,0
Peso médio de 100 sementes (g)	11,9	11,0
Porcentagem média de fibra (%)	38,6	38,9
Comprimento S.L. 2,5% (mm)	28,0	28,5
Uniformidade de comprimento (%)	50,5	49,5
Resistência (HVI) (gf/tex)	20,8	20,5
Finura (micronaire)	4,5	4,1
Alongamento (%)	7,0	7,0
Reflectância (Rd)	61,0	61,8
Grau de amarelo	9,9	9,7

Fonte: CNPA (2000)

O melhoramento genético do algodão tem feito com que cada vez mais ele produza bem em condições adversas, dada a resistência de novas cultivares desenvolvidas. O algodão é uma das maiores atividades agrícola do mundo e uma cultura de grande importância para o Nordeste brasileiro porque pode ser plantada pelo pequeno agricultor, aumentando sua renda familiar e fixando-o ao campo. Pelos experimentos realizados em nível local, utilizando água residuária tratada como fonte de irrigação e diversos cultivares, vários pesquisadores puderam observar que esse tipo de água tem contribuído para aumentar a produção do algodão, ficando evidente o seu cultivo com poucos recursos hídricos disponíveis.

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi conduzida na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), localizada no bairro da Catingueira, distante 10 km do centro de Campina Grande-PB (Figura 3.1) latitude $7^{\circ}13'11''S$, longitude $35^{\circ}52'31''W$ e altitude 550m (IBGE, 2000). Situa-se no agreste paraibano na micro-região do Planalto da Borborema. O clima é semi-árido, com precipitação pluvial anual média de cerca de 800mm, e uma estação seca que pode atingir de 8 a 10 meses. As temperatura médias do ar são sempre maiores que $24^{\circ}C$. Os solos da região são classificados como Neossolos, Planossolos e Vertissolos (CARVALHO, 1982) e a população urbana do município é de 360.000 habitantes (IBGE, 2003).

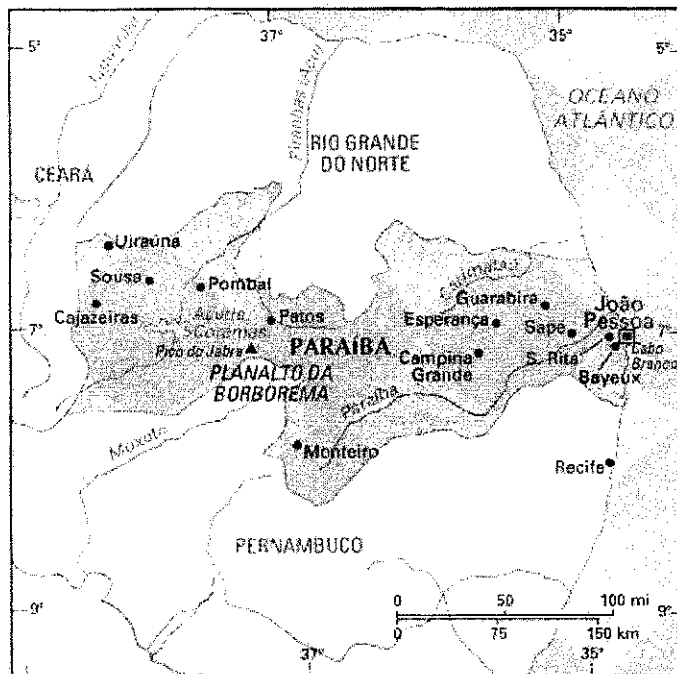


Figura 3.1: Localização geográfica da cidade de Campina Grande, PB.

Fonte: www.Paraiba.pb.gov.br – 2004.

3.1.1 A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

De acordo com OLIVEIRA (2002) apud FERREIRA (2003), a cidade já era, em 1940, beneficiada com rede coletora de esgotos e também com tratamento físico e químico de suas águas residuárias. Em 1969 com o crescimento urbano e a implantação de indústrias na cidade, foi proposta a instalação de uma nova ETE, que funcionaria em duas etapas: a primeira etapa teria a capacidade de depuração dos esgotos de 260.000 habitantes e que funcionaria até 1980. Na segunda etapa, ocorreria a duplicação da capacidade da primeira e funcionaria com pré-tratamento (caixa de areia, grade e calha Parshall) além de tratamento biológico por lagoas em série com aeração mecânica.

Atualmente a ETE de Campina Grande se compõe de duas lagoas, em série com profundidades de 3,5m (Figura 3.2). Problemas operacionais nos aeradores fizeram com que eles fossem desativados.

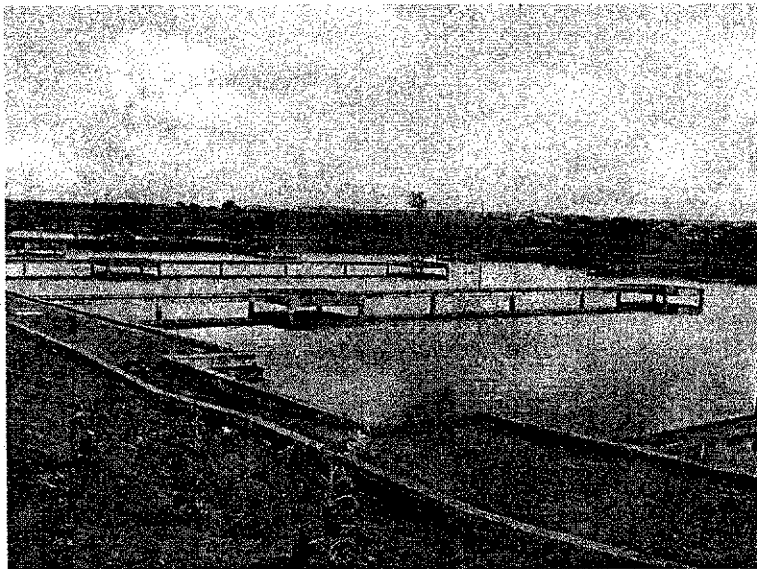


Figura 3.2: Vista das lagoas da ETE de Campina Grande, PB.

O efluente bruto antes de entrar na primeira lagoa passa por uma calha Parshall e uma grade, para conter a passagem de materiais sólidos de grande diâmetro (Figura 3.3).

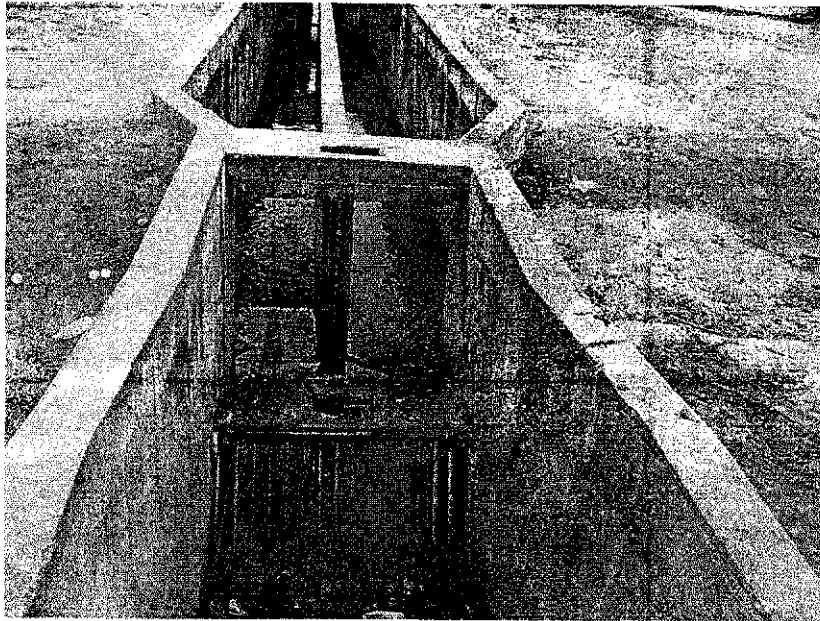


Figura 3.3: Vista do vertedouro de entrada da 1ª lagoa com grade e calha Parshall (Pré-tratamento) da ETE de Campina Grande, PB.

Na segunda lagoa encontra-se o vertedouro de saída (Figura 3.4)

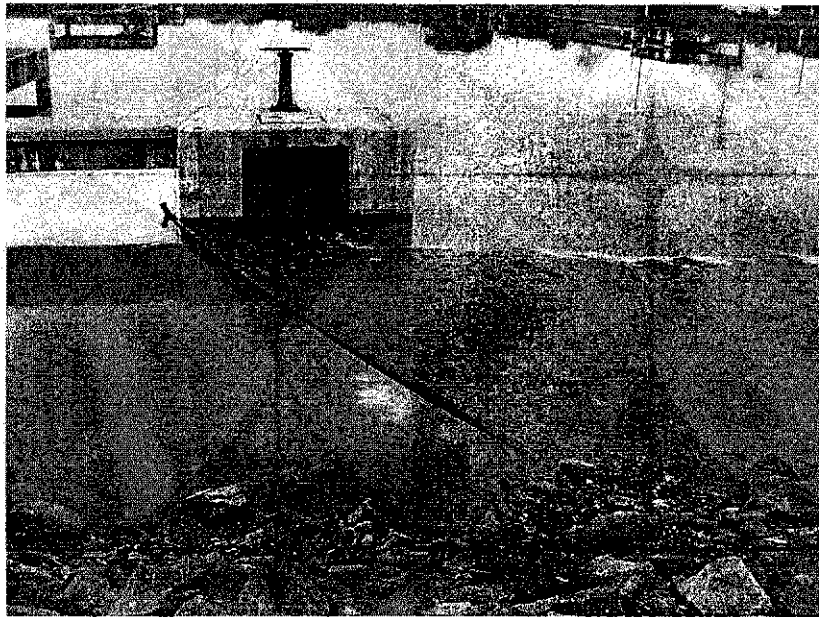


Figura 3.4: Vista do vertedouro de saída do efluente da 2ª lagoa da ETE de Campina Grande, PB

O efluente depois de passar pela 2ª lagoa desemboca no vertedor de saída (Figura 3.5) e será utilizado para irrigar plantios de milho, capim, tomate, pimentão e outras culturas.



Figura 3.5: Vertedouro de saída do efluente final.

3.2 ÁREA EXPERIMENTAL

A área experimental foi de aproximadamente 1200m^2 e dista 350m das lagoas. O diagrama da área experimental (Figura 3.6) mostra a localização dos quatro blocos, o sistema de alimentação das parcelas e a distribuição da tubulação de adução das águas de irrigação (abastecimento e residuária). O ponto A indica o local onde a tubulação passa a ser comum aos dois tipos de água.

Utilizou-se uma única tubulação para alimentar as parcelas (ponto A, Figura 3.6) por questão de custo. Para contornar essa situação foi realizada a lavagem por 10 minutos para o Experimento I (milho), e 20 minutos, para o Experimento II (algodão), com água de abastecimento após cada evento de irrigação com água residuária.

A área de plantio foi subdividida em quatro blocos medindo 240m^2 (5 x 48), com espaçamento entre eles de 1,5m. Cada bloco continha 12 parcelas de 20m^2 (5 x 4) (Figura 3.7), e estas tinham quatro linhas de plantio com 5,0m de comprimento e espaçadas 1,0m entre si.

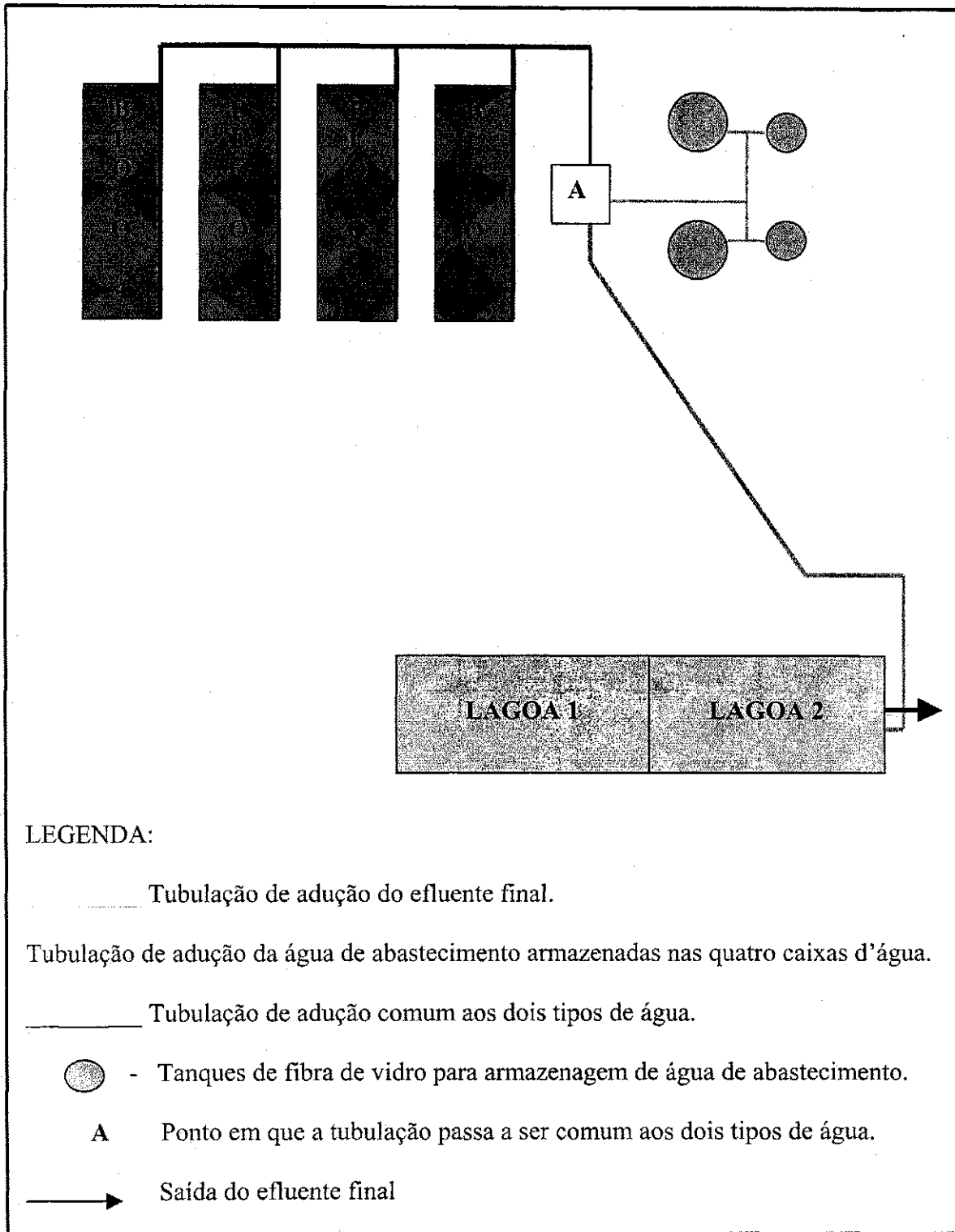


Figura 3.6: Diagrama da área experimental (sem escala).

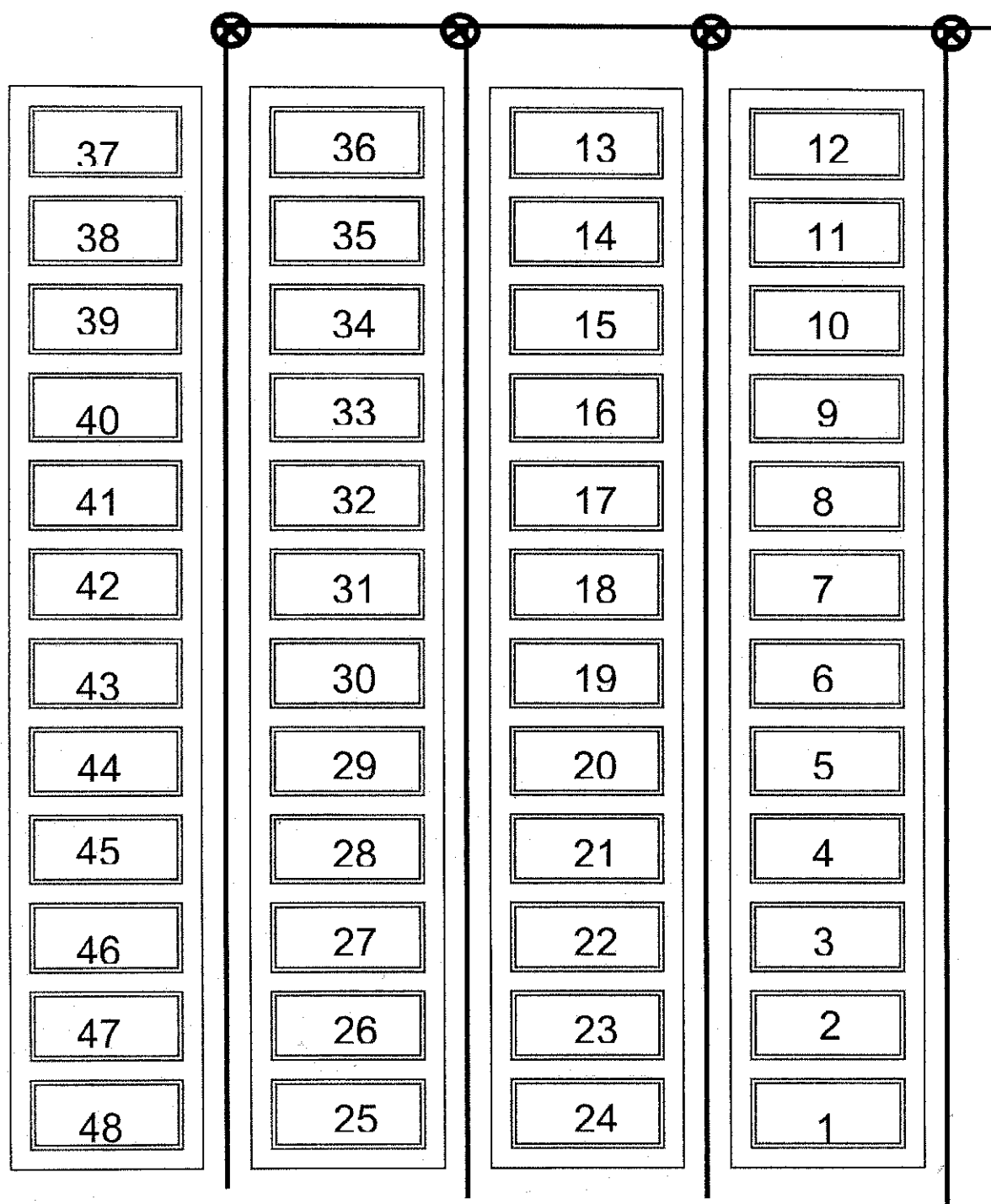


Figura 3.7: Diagrama da disposição das parcelas experimentais nos quatro blocos de acordo com o tipo de água de irrigação: água residuária (vermelho), água de abastecimento (azul). (ETE de Campina Grande, PB – CAGEPA, período: novembro de 2002 a abril de 2004).

Na Figura 3.8 podem ser vistos os quatro blocos experimentais, algumas parcelas identificadas por estacas numeradas e pintadas, indicando o número da parcela e o tipo de água de irrigação utilizada (vermelha: água residuária tratada e branca: água de abastecimento).

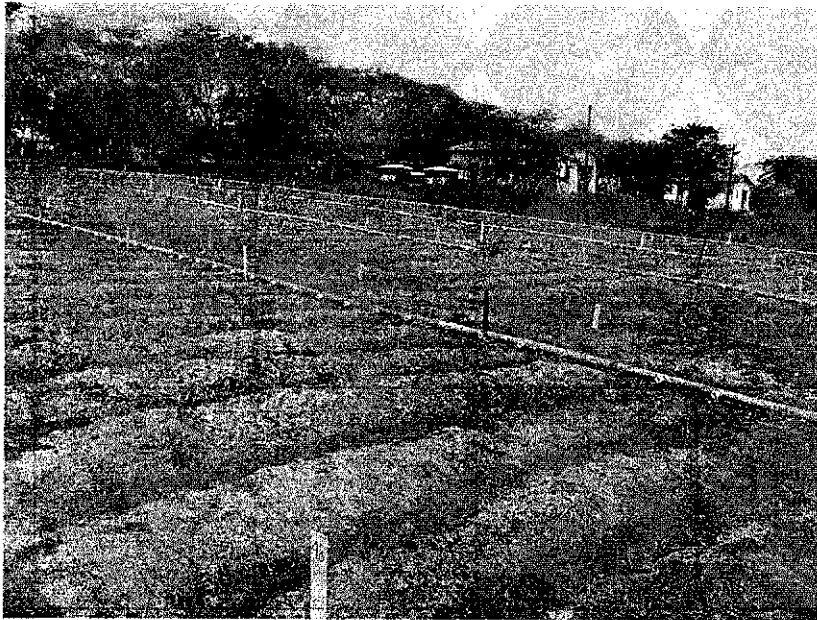


Figura 3.8: Área experimental onde se visualizam os quatro blocos e algumas parcelas experimentais.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO

Para caracterização do solo da área experimental foram coletadas amostras no corredor entre os dois blocos centrais em três profundidades: 0–20cm; 20–40cm; 40–60cm, devidamente identificadas e acondicionadas em sacos plásticos. As análises das características físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG em Campina Grande, PB.

3.4 ANÁLISE DOS SOLOS

Ao longo do período experimental foram feitas três análises físico-químicas do solo: a primeira antes do plantio do Experimento I (milho); a segunda no final desse Experimento; e a terceira no final do Experimento II (algodão). Em cada análise foram coletadas 48 amostras correspondentes aos 12 tratamentos e as quatro repetições (48 parcelas) e na primeira coleta, mais sete amostras coletadas nas cabeceiras, superior e inferior, da área experimental e entre os 4 blocos.

A primeira e a terceira análises foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade de solos do Centro de Ciências Agrárias da UFPB (Campus de Areia) e a segunda no Laboratório de Química e Fertilidade de solos da EMBRAPA- ALGODÃO em Campina Grande, PB.

A análise microbiológica do solo foi realizada 120 dias após o plantio do Experimento I e no Experimento II, no 60° e 120° dias após o plantio. Para essa análise o material coletado foi analisado no Laboratório de Saneamento da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental (AESAs) da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da UFCG. Coletaram-se amostras nas 48 parcelas com auxílio de cilindros de aço galvanizado com 30cm de comprimento e 7,5 cm de diâmetro com extremidade em bixel, lavados com detergente e colocados em solução de água e hipoclorito por 24 horas, depois de secos envoltos em papel e colocados em estufa a 180°C por 2 horas. A coleta consistiu na introdução do cilindro no solo até uma profundidade de aproximadamente 20cm, com o auxílio de uma marreta esterilizada, em campo, com álcool e fogo. O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados e acondicionados em caixas de isopor com gelo para o transporte até o laboratório. A metodologia utilizada para as análises seguiu as recomendações e os métodos prescritos por APHA et al. (1995).

Para verificar a contaminação dos solos nas áreas próximas à Estação de Tratamento de Esgotos da Companhia de Água e Esgotos (CAGEPA), procedeu-se à coleta de solo em duas propriedades próximas à área experimental. Numa delas o milho era irrigado com água residuária tratada proveniente das lagoas da ETE e na outra, a referida cultura recebia irrigação com água de abastecimento. As metodologias empregadas e o local onde se procedeu as análises foram os mesmos que no caso da área experimental.

3.4.1 PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO

Os parâmetros físicos utilizados para caracterização do solo e as respectivas metodologias utilizadas encontram-se na tabela 1A.

3.4.2 PARÂMETROS QUÍMICOS DO SOLO

Os parâmetros químicos utilizados para caracterização do solo (fertilidade, salinidade, micronutrientes e metais pesados) e as respectivas metodologias utilizadas encontram-se na Tabela 2A.

3.4.3 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO

Os parâmetros microbiológicos analisados foram: coliformes totais, coliformes fecais e *Escherichia coli*. Os métodos utilizados para as análises desses parâmetros encontram-se na Tabela 3A.

Nas amostras de solo utilizou-se à técnica de tubos múltiplos com caldo lactosado na fase presuntiva e meio EC-MUG na fase confirmativa. Dos tubos positivos na fase presuntiva foram feitas transferências com alça bacteriológica para tubos com o meio EC-MUG, para determinar a possível presença de coliformes fecais e *Escherichia coli*. Utilizou-se a metodologia proposta por APHA (1995) para determinar a presença de coliformes fecais e *E. coli*. Foram considerados positivos os tubos do EC-MUG que apresentaram fermentação da lactose (viragem do meio para a cor amarela), com produção de gás e turbidez. Para *E. coli*, foram considerados, portanto os tubos que apresentaram fluorescência quando iluminados com luz ultravioleta de comprimento de onda $\lambda = 365\text{nm}$. O cálculo do NMP foi realizado utilizando-se tabelas apropriadas seguindo-se as recomendações de APHA (1995).

3.5 ANÁLISE DAS ÁGUAS UTILIZADAS NA IRRIGAÇÃO

As características físico-químicas e microbiológicas da água de abastecimento e residuária foram monitoradas mensalmente durante todo o experimento.

Para as análises físico-químicas e de metais pesados, as amostras da água de abastecimento eram coletadas junto à torneira dos tanques de PVC onde era armazenada. A água era coletada às 6:00h em garrafas plásticas do tipo PET, limpas e lavadas com água destilada com capacidade para 2 litros. Após a coleta fazia-se a medição da temperatura e os frascos eram encaminhado para as análises físico-químicas no Laboratório de Saneamento da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental (AESA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da UFCG. Para análise de metais pesados foi coletado um volume de 200ml de água em garrafa de plástico e encaminhada ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II – Areia, PB.

Para detectar a existência ou não de variação nas características físico-químicas e microbiológicas do efluente final, optou-se por realizar estudos mensais com coletas de amostras entre 7 e 13 horas. As amostras eram coletas na primeira janela do tubo de irrigação da parcela de nº1, do 1º bloco da área experimental. O procedimento da coleta consistia no acondicionamento da água em garrafas plásticas tipo PET, com capacidade para 2,0 litros para as

análises físico-químicas, e acondicionamento em frasco de vidro âmbar, esterilizado a 160°C por quatro horas, para as análises microbiológicas. Para análise de OD a água era acondicionada em frascos de DBO. Os frascos eram acondicionados em caixas de isopor e conduzido ao Laboratório de Saneamento da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFCG.

3.5.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os parâmetros físico-químicos analisados nas águas e as metodologias utilizadas encontram-se na Tabela 4A.

3.5.2 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

Os parâmetros, unidades e métodos para análise microbiológica dos parâmetros coliformes fecais e *Escherichia coli* das águas utilizadas na irrigação encontram-se na Tabela 5A.

A quantificação dos coliformes fecais foi realizada nas amostras de água pela técnica da membrana filtrante (APHA, 1995), com incubação á 44,5°C ± 0,5 durante 24 horas. O meio de cultura utilizado foi m-FC (Difco). Foram quantificadas as colônias azuis e os resultados expressos em UFC/100ml de amostra. Em seguidas cada colônia típica foi transferida a um tubo com o meio de cultura de EC-MUG para a confirmação da *Escherichia coli* após 24 h de incubação seguindo-se as recomendações de APHA (1995).

3.6 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS

O sistema de irrigação foi por sulcos fechados em ambas as extremidades e constituído por tubos janelados de PVC com 75mm de diâmetro, localizados junto aos sulcos de cada parcela. Cada um recebia água de irrigação através dos tubos janelados. As janelas permitiam sua abertura/fechamento por rosqueamento.

A tubulação de cada bloco era conectada a um registro, um hidrômetro da marca ARAD (Figura 3.9) e a dois conjuntos de motor-bomba, que recalavam águas para irrigação.

A água de abastecimento era retirada do sistema de distribuição da cidade e armazenada em quatro tanques de fibra de vidro, dois deles com capacidade de 5m³ e os outros dois com capacidade de 3m³ (Figura 3.10). O conjunto motor-bomba utilizado para adução da água de

abastecimento era da marca STHIL, modelo P835 movido à gasolina, instalado próximo aos tanques (Figura 3.11). Para adução da água proveniente do efluente final da ETE foi utilizada uma tubulação de PVC de 75mm de diâmetro e uma bomba centrífuga de 2cv, modelo BC-92SJA de 60Hz, 220/380V movida à energia elétrica, instalada próximo ao vertedouro de saída da segunda lagoa (Figura 3.12).

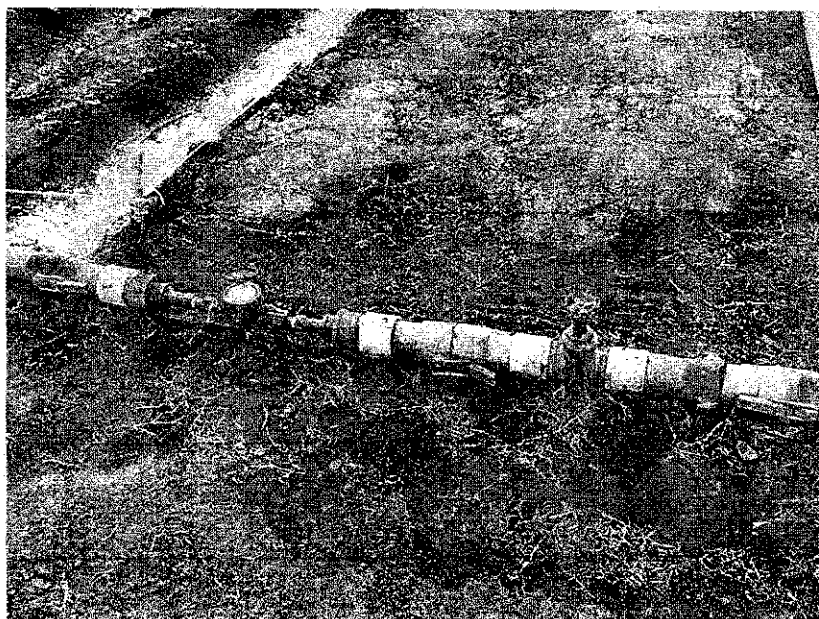


Figura 3.9: Hidrômetro e registro que controlam a alimentação do tubo janelado.

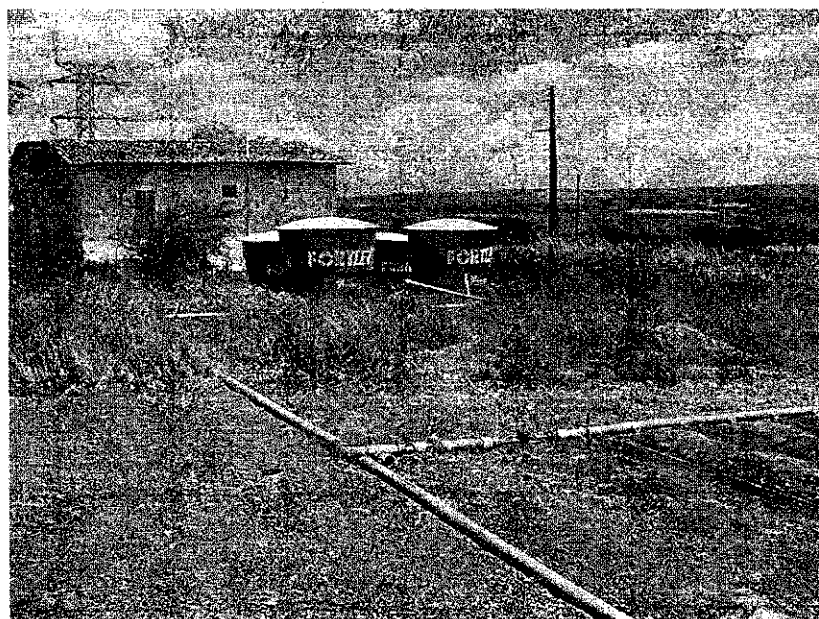


Figura 3.10: Vista do sistema de irrigação e dos quatro tanques para armazenamento da água de abastecimento.

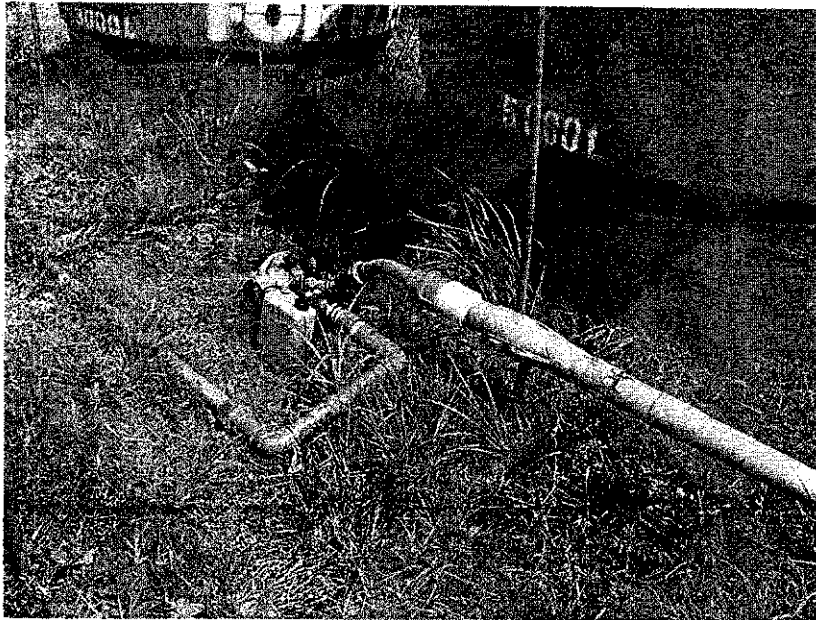


Figura 3.11: Conjunto motor-bomba para adução da água de abastecimento

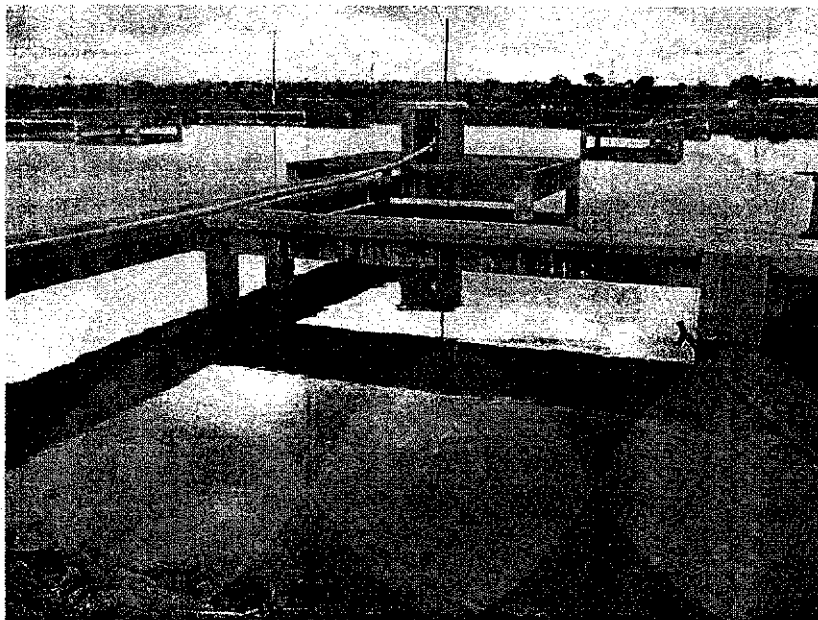


Figura 3.12: Vista do vertedouro e da casa da bomba de adução da água residuária.

3.7 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO I: CULTURA DO MILHO

3.7.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O Experimento I consistiu no plantio de milho (*Zea mays*. L) híbrido de ciclo precoce, cultivar AG 1051 submetido à irrigação com dois tipos de água: residuária tratada pela ETE de

Campina Grande e água de abastecimento proveniente do sistema de abastecimento de água da CAGEPA.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com esquema fatorial $((2 \times 5) + 2)$, onde os fatores foram: dois tipos de água, 5 doses de nitrogênio (0, 60, 90, 120 e 180kgN/ha e adubação de fundação), aplicadas no plantio anterior por FERREIRA (2003) e duas testemunhas absolutas (água de abastecimento e água residuária). Os tratamentos do referido experimento foram os seguintes:

T1: Irrigação com água de abastecimento sem adubação de fundação e nitrogenada (Testemunha).

T2: Irrigação com água residuária sem adubação de fundação e nitrogenada (Testemunha).

T3: Irrigação com água de abastecimento sem adubação nitrogenada, mas com adubação de fundação com P e K.

T4: Irrigação com água residuária sem adubação nitrogenada, mas com adubação de fundação.

T5: Irrigação com água de abastecimento e adubação de 60kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

T6: Irrigação com água residuária e adubação de 60kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

T7: Irrigação com água de abastecimento e adubação de 90kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

T8: Irrigação com água residuária e adubação de 90kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

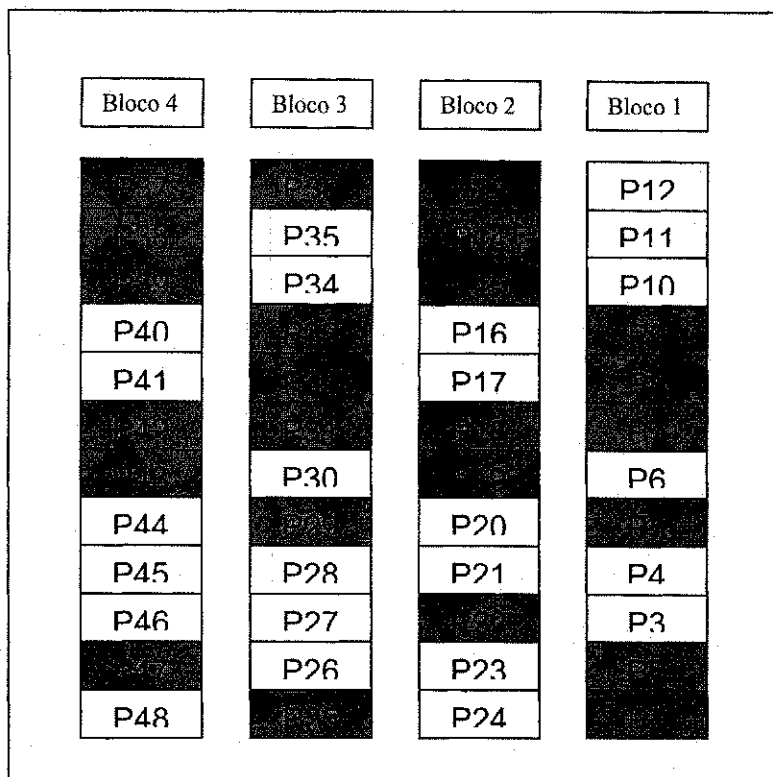
T9: Irrigação com água de abastecimento e adubação de 120kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

T10: Irrigação com água residuária e adubação de 120kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

T11: Irrigação com água de abastecimento e adubação de 180kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

T12: Irrigação com água residuária e adubação de 180kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

O diagrama com a distribuição das parcelas quanto ao tipo de água de irrigação (residuária e de abastecimento) está representado na Figura 3.13 e segue a mesma distribuição feita no experimento anterior conduzido por FERREIRA (2003).



■ Água residuária □ Água de abastecimento

Figura 3.13: Disposição das parcelas quanto ao tipo de água de irrigação (sem escala).

3.7.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises realizadas no solo, nas águas de irrigação (abastecimento e residuária tratada), nas plantas e nos grãos foram submetidas a análise estatística utilizando-se os softwares ESTAT – Sistema de Análises Estatísticas – versão 2.0 – UNESP; e o SISVAR - versão 4.6 (Build 6,0) - Universidade Federal de Lavras.

3.7.3 PLANTIO E TRATOS CULTURAIS

As sementes de milho híbrido cultivar AG-1051 da AGROCERES, safra 02/03, lote 06025 4867, devidamente tratadas provieram de Uberlândia (MG), com índice de germinação de 95%. A referida cultivar é utilizada para silagem, produção de milho verde e de grãos, tem ciclo semiprecoce, porte alto, excelente sistema radicular e grão dentado amarelo.

Antes do plantio foram coletadas amostras de solo para análise físico-química e após a coleta das amostras procedeu-se a limpeza da área para retirada dos restos da cultura anterior, correção dos sulcos e capina da área ao redor do experimento.

Nos dois dias que antecederam o plantio promoveu-se a irrigação com água de abastecimento para o solo ficar mais úmido e facilitar o plantio e a germinação. Em 17/03/03 foi feito o plantio de três sementes por cova, de forma manual, em covas de 3cm de profundidade, na face lateral dos sulcos, próximo à zona de molhamento e espaçadas entre si de 20cm. No 5º dia após o plantio ocorreu a germinação (21/03/03), sendo necessário o replantio em 24/03/03 das sementes que não germinaram.

3.7.4 DISPOSIÇÃO DAS PLANTAS NAS PARCELAS EXPERIMENTAIS

Após 20 dias do plantio foi feito desbaste, resultando em apenas uma planta por cova, totalizando 80 plantas por parcela (Figura 3.14). A área útil compreendia as duas fileiras centrais da parcela ($20m^2$), totalizando 40 plantas.

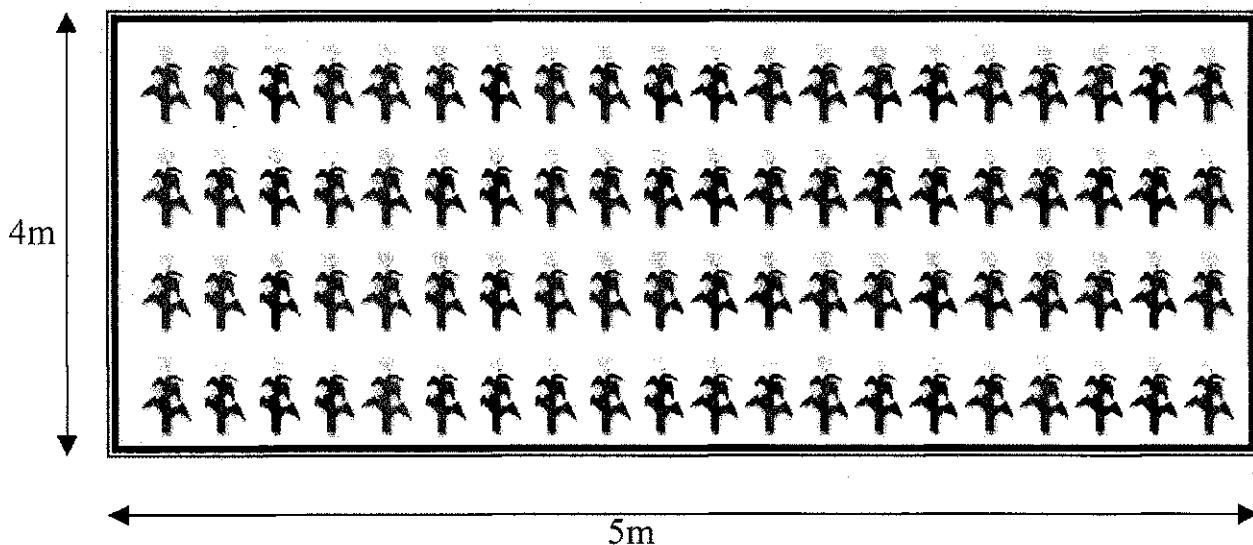


Figura 3.14: Diagrama da disposição das plantas de milho na parcela experimental (sem escala)

3.7.5 LÂMINA DE IRRIGAÇÃO

A cultura recebeu em sua fase inicial uma lâmina d'água de 4,5mm/dia e 6,5mm/dia na fase de enchimento dos grãos. Durante todo o experimento a cultura recebeu uma lâmina de água de aproximadamente 650mm. Durante os dez primeiros dias a cultura foi irrigada apenas com

água de abastecimento, independentemente do tratamento. A partir do dia 27/03/03 iniciou-se a irrigação diferenciada, com água de abastecimento e residuária tratada, de acordo com os tratamentos previamente determinados.

3.7.6 CONTROLE DE ERVAS DANINHAS E PRAGAS

Para o controle de ervas daninhas foram realizadas capinas manuais periódicas na área de plantio.

Aos doze dias após a germinação detectou-se um ataque da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), tendo sido feita uma aplicação, no dia 01/04/03, com uma calda de ENDOSULFAN de 50ml/litro d'água, utilizando-se pulverizador costal, sendo reaplicada em 05/04/03. Como não houve diminuição dessa praga, aplicou-se, no dia 23/04/03, o produto LANATE (2,5ml/5litros de água), repetindo-se a aplicação, com o mesmo produto, no dia 30/04/03, na concentração de 10ml/5 litros de água.

A área da Estação de Tratamento de Esgotos da Companhia de Água e Esgotos (CAGEPA), apresentou um elevado número de formigueiros. Aos quinze dias após a germinação das sementes (05/04/03), verificou-se que as plantas estavam sofrendo o ataque de formigas cortadeiras, cujos formigueiros se encontravam em área próxima à área experimental. Para eliminar essa praga foi utilizado o inseticida pó ATTA-FOSS 50, produzido pela UNIBRÁS, cujo princípio ativo é o Clorpirifós do grupo químico organofosforado. A aplicação foi feita diretamente sobre os formigueiros com uma bomba manual, para pó seco, que os extinguiu.

3.7.7 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS PLANTAS

Durante o ciclo da cultura (120dias), a cada 20 dias foram feitas medidas da altura da planta, diâmetro caulinar, largura e comprimento das folhas e índice foliar em cinco plantas da área útil de cada parcela, escolhidas aleatoriamente e identificadas por fitas amarradas no caule. As medições foram feitas utilizando-se paquímetro, régua de plástico e trenas de madeira dobráveis.

A medição da altura da planta (cm) foi realizada com trena de madeira dobrável e mediu-se o comprimento do colo da planta até a inserção da última folha.

O diâmetro do caule (mm) foi obtido a 1cm do colo da planta, utilizando-se paquímetro de plástico (Figura 3.15).

A determinação da área foliar da planta, pelo método não destrutivo, foi realizada na primeira medição, pela média da área foliar das cinco folhas, e nas demais medições, tomando-se a área foliar da 8ª. folha, contada a partir do ápice da planta para baixo, calculadas de acordo com as recomendações e fórmulas propostas por PEARCE et al. (1975) apud BELTRÃO (2002). A área da folha foi calculada de acordo com a equação 3.1 e a área foliar por planta a partir dos 40 dias após a germinação, pela equação 3.2.

$$AF = C \times L \times 0,75 \quad (3.1)$$

Sendo: AF = área da folha (cm²);
C = comprimento da folha (cm);
L = largura da folha (cm).

A área foliar da planta foi calculada pela equação 3.2.

$$AFP = AF \text{ da } 8^{\text{a}} \text{ folha} \times 9,39 \quad (3.2)$$



Figura 3.15: Medição do diâmetro caulinar da planta.

3.7.8 COMPONENTES DE PRODUÇÃO

A colheita do milho das parcelas úteis (duas fileiras centrais de cada parcela) foi realizada em 29/06/03, aos 101 dias após o plantio.

O milho colhido foi acondicionado em sacos de pano, identificados com os números de cada parcela, e conduzidos à EMBRAPA/CNPA para secagem (Figura 3.16).

As análises de produção foram realizadas após a secagem do milho com palha em câmara de ar quente, a temperatura constante de 28°C, durante doze dias. Os componentes de produção por parcela útil, depois da secagem, foram determinados mediante o número de espigas, as massas das espigas com palha, das palhas, dos sabugos, dos grãos de milho, de 100 grãos de milho, o diâmetro e o comprimento de dez espigas de milho de cada parcela.

Os diâmetros foram medidos com paquímetro e os comprimentos com régua. As pesagens foram realizadas em balança, marca FILIZOLA, modelo BR com capacidade para 15kg.



Figura 3.16: Milho colhido acondicionado em sacos de pano identificados por parcela.

3.7.9 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DO GRÃO E DAS FOLHAS DO MILHO

▪ GRÃOS DE MILHO

A análise microbiológica para coliformes fecais e *Escherichia coli* dos grãos de milho foi realizada em duas etapas: na 1^a. foram coletadas 24 amostras (parcelas de 1 a 24,) realizada em 04/07/03, e na segunda (parcelas de 25 a 48) em 11/7/03. As espigas para análise foram retiradas das bordaduras das 48 parcelas do experimento. Cada

amostra constava de uma a duas espigas de milho (dependendo do tamanho) por parcela. As espigas foram retiradas manualmente utilizando-se luvas plásticas estéreis, colocadas em sacos plásticos estéreis identificados e acondicionadas dentro de caixas de isopor com gelo. Após a coleta foram conduzidas ao Laboratório de Saneamento da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental (AESAs) da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da UFCG para análise de acordo com as recomendações e métodos descritos por APHA (1995).

▪ FOLHAS DE MILHO

A retirada do material vegetal para análise foi realizada em 23/06/03. Coletaram-se duas folhas da bordadura de cada uma das 12 parcelas (amostras compostas), perfazendo um total de 8 folhas por amostra. O processo de coleta desse material consistiu no corte, com tesoura sanitizada com álcool e fogo, de duas folhas de plantas distintas, na bordadura inferior de cada parcela. A parte vegetal cortada foi acondicionada em saco de plástico tipo zip (fechamento por canaletas de pressão) e depositada em caixas de isopor, com sacos de gelo e conduzidas ao Laboratório de Saneamento da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFCG para análise de acordo com as recomendações e métodos descritos por APHA (1995).

Para verificação de contaminação foliar através dos aerossóis, por coliformes fecais e *Escherichia coli* coletaram-se amostras das folhas de dois plantios de milho fora das dependências da ETE, mas próximas a ela, e procedeu-se ao mesmo tipo de análise. Os indicadores microbiológicos analisados nas folhas e nos grãos foram apenas coliformes fecais e *Escherichia coli* e os métodos utilizados estão na Tabela 3.6 em anexo.

3.8 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO II: CULTURA DO ALGODÃO

3.8.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A pesquisa de campo consistiu do plantio de sementes de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch.), cultivar BRS 187 8H, proveniente do campo experimental de Patos (PB), safra 2003 com taxa de germinação de 84% na primeira contagem. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 12 tratamentos e quatro repetições com esquema

fatorial misto $((2 \times 5) + 2)$ onde os fatores foram dois tipos de água de irrigação (residuária e de abastecimento), cinco dosagens de nitrogênio (0, 80, 160, 240 e 320kg/ha e adubação de fundação) e duas testemunhas (água residuária e água de abastecimento).

Os tratamentos experimentais foram:

T1: Irrigação com água de abastecimento sem adubação de fundação e nitrogenada (Testemunha).

T2: Irrigação com água residuária sem adubação de fundação e nitrogenada (Testemunha).

T3: Irrigação com água de abastecimento sem adubação nitrogenada, mas com adubação de fundação com P e K.

T4: Irrigação com água residuária sem adubação nitrogenada, mas com adubação de fundação.

T5: Irrigação com água de abastecimento e adubação de 80kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

T6: Irrigação com água residuária e adubação de 80kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

T7: Irrigação com água de abastecimento e adubação de 160kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

T8: Irrigação com água residuária e adubação de 160kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

T9: Irrigação com água de abastecimento e adubação de 240kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

T10: Irrigação com água residuária e adubação de 240kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

T11: Irrigação com água de abastecimento e adubação de 320kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

T12: Irrigação com água residuária e adubação de 320kg/ha de nitrogênio e adubação de fundação com P e K.

Na figura 3.17 é apresentado o diagrama da distribuição das parcelas de acordo com os tratamentos e por bloco.

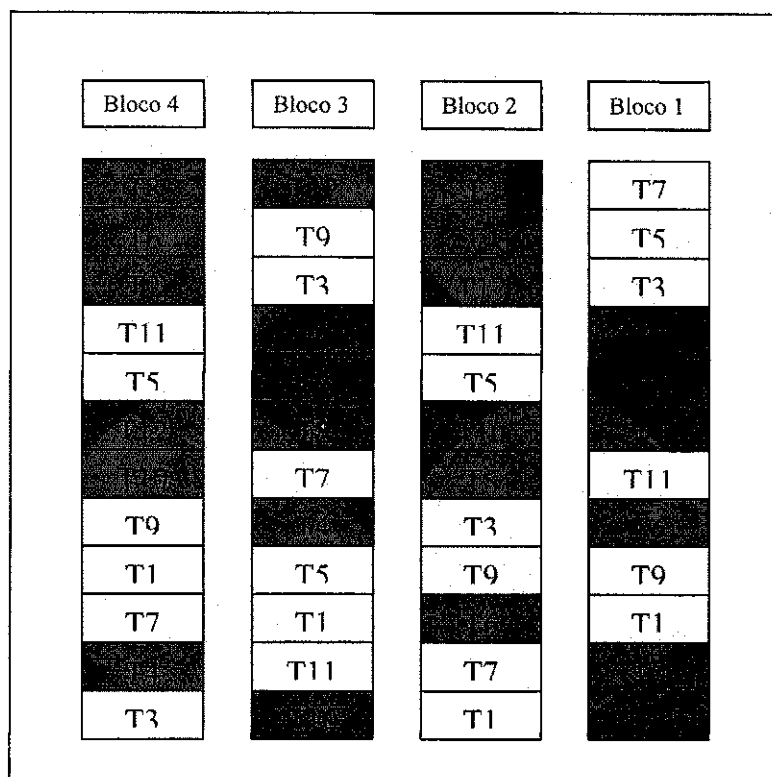


Figura 3.17: Disposição das parcelas quanto aos tratamentos e por bloco (sem escala).

3.8.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados oriundos das análises laboratoriais e de campo, do solo, das plantas e das fibras do algodão foram submetidas à análise estatística utilizando-se os softwares ESTAT – Sistema de Análises Estatísticas – versão 2.0 – UNESP; e SISVAR - versão 4.6 (Build 6,0) da Universidade Federal de Lavras.

3.8.3 ADUBAÇÃO MINERAL

Com base nos resultados das análises químicas do solo recomendou-se as dosagens de 60kgKCl/ha, 90kgP₂O₅/ha e doses de 0, 80, 160, 240 e 320kgN/ha.

As parcelas foram adubadas em fundação com fósforo (P) e potássio (K). As fontes de adubação foram o cloreto de potássio (KCl) e o superfosfato simples (P₂O₅). A fonte de adubação de cobertura foi o sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄].

O cloreto de potássio apresenta 60% de potássio, o superfosfato simples apresenta 20% de fósforo e o sulfato de amônio apresenta 20% de nitrogênio. No dia do plantio, cada parcela adubada com potássio e fósforo, recebeu respectivamente, 200g de KCl, e 900g de P₂O₅. A

adubação nitrogenada consistiu na aplicação de 800, 1600, 2400 e 3200g de $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ de acordo com os tratamentos, fracionados em três vezes: 1/3 no plantio, 1/3 após 35 dias do plantio e 1/3 na floração.

3.8.4 CARACTERIZAÇÃO DA SEMENTE BRS 187 8H.

A cultivar BRS 187 8H descende da linhagem CNPA 86-1190-5, tem ciclo normal de 140 dias e porte intermediário, as plantas apresentam altura entre 0,90 e 1,00m. O caule tem cor arroxeada e apresenta pilosidade. As folhas apresentam pouca pilosidade e cinco lóbulos cada, recorte normal e um nectário na nervura principal. Brácteas com número de dentes de 12 a 13, inserção do primeiro ramo frutífero na altura do 5° ao 6° nó. Possui de 10 a 15 ramos frutíferos com 4 a 5 lojas por capulho. A fibra apresenta cor branco-clara. Os capulhos pesam, em média, 6,5g e se abrem, em geral, no 110° dia após o plantio. O início da floração se dá ente 40 e 45 dias e o ciclo é de 120 a 130 dias em condições de sequeiro (CNPA, 2000).

3.8.5 PLANTIO E TRATOS CULTURAIS

O experimento teve início no mês de outubro de 2003. Antes do plantio coletaram-se amostras de solo para análise físico-química e procedeu-se a limpeza da área para retirada dos restos da cultura de milho, correção dos sulcos e capina da área ao redor do experimento. Da mesma forma que no experimento I, dois dias antes do plantio irrigou-se as parcelas com água de abastecimento para umedecer o solo e facilitar o plantio e a germinação das sementes.

Em 03/11/03 foi feita a semeadura manual, com sete sementes por cova à 2cm de profundidade, na face lateral dos sulcos, próximo a zona de molhamento e espaçadas entre si de 20cm. No 5° dia após o plantio (08/11/03) houve a germinação, e foi necessário fazer o replantio nas covas onde não ocorreu a germinação. No 15° dia após a germinação foi feito o desbaste, deixando-se apenas duas plantas por cova, totalizando 40 plantas por fileira e 160 plantas por parcela, resultando numa população de 80.000 plantas por hectare, se fosse considerada apenas a área útil, teríamos 80 plantas por parcela.

3.8.6 LÂMINA DE IRRIGAÇÃO

A lâmina d'água requerida e o turno de rega foram determinados de acordo com a metodologia prescrita por HARGREAVES (1974), a qual recomenda que as plantas devem

receber uma lâmina de 2,5mm/dia na fase inicial e 7,5mm/dia na fase de máxima floração. Em todo o ciclo a cultura recebeu uma lâmina de 670mm. Até o 21º dia a cultura recebeu irrigação somente com água de abastecimento (Figura 3.18). A partir do dia 25/11/03 iniciou-se a irrigação com os dois tipos de água: abastecimento e residuária.

3.8.7 CONTROLE DE ERVAS DANINHAS E PRAGAS

Para o controle das ervas daninhas foram realizadas capinas manuais periódicas na área de plantio. Através do controle visual foi detectada a presença de formigas cortadeiras, pulgão (*Aphis gossypii* Glover), bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman) e lagarta do curuquerê (*Alabama argillacea*). Para controle dessas pragas seguiram-se as recomendações de ALMEIDA & SILVA (1999) aplicando-se para o combate às formigas o inseticida ATTA-FOSS 50 e para as demais pragas o produto TIODAN/ENDOSULFAN nas dosagens recomendadas.



Figura 3.18: Irrigação das plantas do algodão nos primeiros dias após a germinação.

3.8.8 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS PLANTAS

A avaliação do crescimento das plantas foi realizada utilizando-se a metodologia proposta por BELTRÃO et al. (2001), que se baseia na análise não destrutiva.

Durante o ciclo da cultura, a cada 20, dias foram realizadas medidas de altura da planta, diâmetro caulinar, comprimento das folhas e nº de folhas para realização do cálculo do índice

foliar. Para avaliação do crescimento foram tomadas cinco plantas da área útil de cada parcela, escolhidas aleatoriamente e identificadas com fitas amarradas no caule. As medições foram feitas utilizando-se paquímetro e régua de plástico e trenas de madeira dobráveis.

- Altura das Plantas

A medição da planta foi realizada a princípio com régua e posteriormente com trena de madeira dobrável. Mediu-se o comprimento do colo da planta até a inserção da última folha (Figura 3.19).

- Diâmetro caulinar

O diâmetro do caule foi obtido a 1cm do colo da planta, utilizando-se paquímetro de plástico.

- Comprimento das folhas

Nas duas medições iniciais de comprimento, foram medidas todas as folhas da planta. Da 3ª. medição em diante, foram tomadas medidas de 6 folhas (duas do terço superior, duas do terço médio e duas do terço inferior) de cada planta.



Figura 3.19: Medição da altura das plantas com trena de madeira.

- Índice foliar

A área foliar da planta pelo método não destrutivo foi determinada através das equações 3.3 de WENDT (1967) e 3.4.

$$\text{Log } y = 0,006 + 1,863 \log x \quad (3.3)$$

Sendo: $x = AF =$ área foliar de cada folha da planta (cm^2);

$y =$ comprimento de cada folha da planta (cm).

Para calcular a área foliar por planta (AFP) tomou-se a equação 3.4.

$$\text{AFP} = N \times AF \quad (3.4)$$

Sendo: AFP = área foliar por planta;

AF = área foliar de cada folha da planta;

N = número de folhas da planta

Além desses parâmetros monitorados na parte aérea das plantas, foram ainda realizadas análises do comprimento e massa com as raízes das plantas.

Para avaliar o comprimento das raízes, mediu-se a extensão da raiz principal (pivotante) com régua milimetrada transparente das cinco plantas de todas as parcelas.

O peso das raízes cada uma das cinco plantas foi medido em balança digital marca COLEMAN-PW 3015 e dado em gramas.

3.8.9 COMPONENTES DE PRODUÇÃO

As componentes de produção foram obtidas através contagem do número de capulhos em 10 plantas de cada parcela útil, peso dos capulhos recolhidos de toda a área útil de cada parcela experimental e peso médio de 100 sementes e peso médio de um capulho.

3.8.10 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA FIBRA

Para determinação das características físicas da fibra foi coletado um capulho do terço superior (Figura 3.20) de cada uma das 20 plantas escolhidas ao acaso na área útil de cada parcela. Esses foram acondicionados em uma caixa de madeira com 20 lacunas (Figura 3.21), para posterior acondicionamento em sacos de papel devidamente identificados.



Figura 3.20: Capulho de algodão com quatro lojas

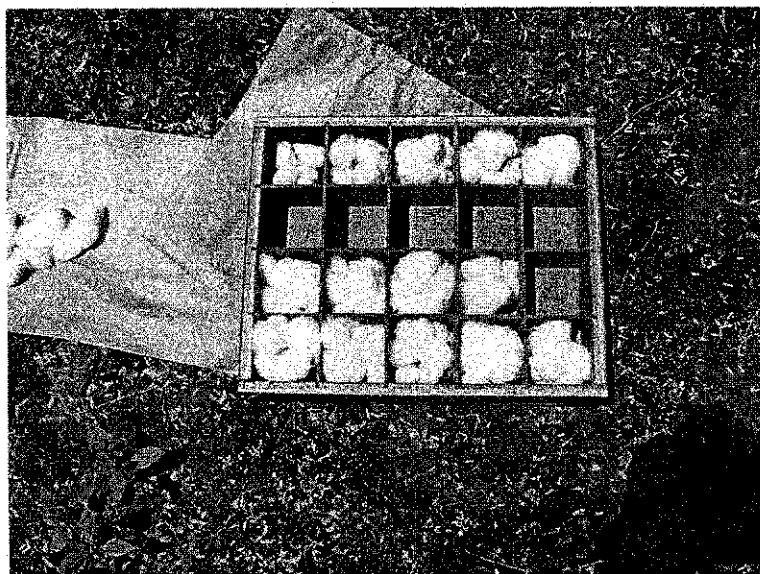


Figura 3.21: Caixa com capacidade para acondicionamento de 20 capulhos.

As características tecnológicas da fibra do algodão foram analisadas no Laboratório de Fibras e Fios da EMBRAPA ALGODÃO. A caracterização foi feita através da análise dos seguintes parâmetros: percentagem de fibra, comprimento da fibra (UHM), uniformidade de comprimento (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento à ruptura (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT), Reflectância (Rd), grau de amarelo (+b), e índice de fiabilidade das fibras (CSP).

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CULTURA DO MILHO

A importância das condições atmosféricas está no fato de que o clima tem efeito direto sobre a velocidade das reações químicas e biológicas responsáveis pela degradação do efluente no solo. Quando se estuda a decomposição de substratos orgânicos deve-se sempre levar em consideração a temperatura, pois ela é um dos principais fatores que atuam neste processo, assim, como a quantidade e a frequência das chuvas. Quando ocorre precipitação pode haver também alguns efeitos que interferem negativamente em todo o processo. São eles o deflúvio superficial e percolação com arrastamento de elementos químicos constituintes da fração solúvel dos efluentes (SCALOPPI & BAPTISTELLA, 1989).

Os dados de temperatura do ar, precipitação pluvial, evaporação, insolação, velocidade do vento e umidade relativa do ar da cidade de Campina Grande, PB, nos quatro meses de duração do experimento com a cultura do milho encontram-se na Tabela 7A. De acordo com esses dados obtiveram-se as seguintes médias para o período: temperatura, 23,6 °C; precipitação, 140,0mm; insolação, 106,75h; velocidade do vento, 3,4m/s e umidade relativa do ar, 79,83%.

4.1.1 ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

As análises físico-química e microbiológica das águas usadas na irrigação são apresentadas na Tabela 4.1.

A água de abastecimento utilizada no experimento apresentou pH 7,5, condutividade elétrica de 0,7dS/m o que indica baixo nível de salinidade e a concentração de cálcio de 35mg/l, todos dentro dos valores normais, já o teor de magnésio na água foi de 250mg/l e está muito acima da faixa considerada normal para as águas de irrigação que tem valores recomendados variando de 0 a 60mg/ de acordo com AYERS & WESTCOT (1999).

A concentração média dos cloretos foi de 263mg/l, o que de acordo com MOLLE & CADIÉ (1992) encontra-se dentro da faixa de concentração tóxica (142 a 355mg/l). O cloreto contido na água de irrigação é uma das causas de toxicidades mais frequentes em virtude de não ser adsorvido pelas partículas do solo, embora seja facilmente absorvido pelas raízes das plantas e translocado às folhas.

Tabela 4.1: Valores médios das variáveis físico-químicas e microbiológicas das águas de abastecimento e residuária tratada utilizadas na irrigação da cultura do milho no período de março a junho de 2003. Campina Grande, PB, 2003.

VARIÁVEIS	Água de abastecimento	Água residuária
Temperatura da amostra (°C)	24,5	24,2
pH	7,5	7,1
Turbidez (NTU)	0	40
Condutividade Elétrica (dS/m)	0,7	1,5
RAS	9,5	37
Cálcio (mg/l)	35	35
Magnésio (mg/l)	250	35,5
Cloretos (mg/l)	263	258
Carbonato (mg/l)	0	0
Bicarbonato (mg/l)	140	509
OD (mg/l)	8,1	0,2
DBO ₅ (mg/l)	7,5	48
DQO (mg/l)	36	565
Sólidos Totais (mg/l)	0	808
Sólidos Totais Fixos (mg/l)	0	618
Sólidos Totais Voláteis (mg/l)	0	191
Sólidos Suspensos (mg/l)	6	37
Sólidos Suspensos Fixos (mg/l)	2	3
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)	4	34
Sódio (mg/l)	114	220
Potássio (mg/l)	18	33
Amônia (mg/l)	1,3	48
Nitrato (mg/l)	0,1	0,5
Fósforo Total (mg/l)	2,5	6,5
Ortofosfato Solúvel (mg/l)	0,3	4
Coliformes Fecais (NMP/100ml)	0	2,7E+06
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	0	3,5E+06
Clorofila "a" (µg/l)	0,36	41,8
Helmintos (ovos/l)	0	0

Laboratório de Saneamento/DEC – UFCG. 2003.

Não se detectou a presença de carbonatos na água de abastecimento. Já a concentração de bicarbonatos na água foi elevada, 140mg/l. A água apresentou baixo teor de oxigênio dissolvido (8,1mg/l).

A DBO₅ e DQO da água de abastecimento foram, respectivamente de 7,5 e 36mg/l.

O valor médio de sódio encontrado na água de abastecimento foi de 113,6mg/l, o que de acordo com LARAQUE (1991) não representa problema, tendo em vista que apenas concentrações de sódio acima de 207mg/l são inconvenientes por proporcionar perda da permeabilidade do solo e efeito tóxico nas plantas.

A concentração de potássio encontrada na água foi baixa, da ordem de 17,5mg/l, mas de acordo com AYERS & WESTCOT (1999), concentrações na faixa de 0 a 78mg/l são normais em águas de irrigação.

O teor de amônia encontrado na água foi de 1,3mg/l; a concentração de nitrato também foi baixa, 0,1mg/l devido a ausência de condições aeróbias, que oxida a amônia para nitrito e que em seguida, através da ação das bactérias nitrificantes transformam-no em nitrato.

O fósforo total encontrado na água de abastecimento foi da ordem de 2,5mg/l, valor muito elevado e o ortofosfato solúvel, foi de 0,3mg/l. Não foram encontrados coliformes e *E. coli* na água de abastecimento armazenada nos tanques de fibra de vidro.

O pH encontrado na água residuária foi 7,1, inferior ao da água de abastecimento, e ainda dentro dos padrões recomendados para irrigação. A turbidez foi de 40NTU e a condutividade elétrica, 1,5dS/m, mais que o dobro da encontrada na água de abastecimento. Algumas culturas porém possuem uma alta capacidade de adaptação osmótica e conseguem extrair água em condições de elevada salinidade, produzindo rendimentos aceitáveis, é o caso do milho que produz bem quando irrigado com esse tipo de água (AYERS & WESTCOT, 1999).

Segundo MACÊDO & MENINO (1998), os teores elevados de Cl^- , Na^+ , Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} e HCO_3^- na água residuária são relativos a sua presença na água de abastecimento e ao uso de detergentes sintéticos e sabões em pó, a base de sais de sódio como silicato de sódio, carbonato de sódio, sulfato de sódio e fezes humanas que também contribuem para elevada concentração iônica dos esgotos, conforme DACACH (1991) *apud* FERREIRA (2003).

A concentração de cálcio na água residuária tratada foi de 35mg/l, a mesma encontrada na água de abastecimento. O magnésio foi de 35,5mg/l, dentro da faixa recomendada para águas de irrigação, e muito inferior ao valor na água de abastecimento.

O nível de cloreto nessa água também foi elevado, 258mg/l, quase o mesmo da água de abastecimento, e dentro da faixa de toxidez. O cloreto não é retido nem adsorvido pelas partículas do solo, se deslocando facilmente, sendo absorvido pelas raízes e translocado às folhas, se acumulando através da transpiração e quando sua concentração excede o limite de tolerância da planta, ocorre necrose e queimadura das folhas (AYERS & WESTCOT, 1999).

Não foram encontrados carbonatos nas amostras de águas residuárias analisadas.

A concentração de bicarbonatos foi elevada, 509mg/l, (3,4 vezes o valor encontrado na água de abastecimento) o que de acordo com BERNARDO (1995), pode levar a precipitação do cálcio e do magnésio sob a forma de carbonatos, reduzindo a concentração de cálcio e magnésio nos solos, e, conseqüentemente, aumentando a proporção de sódio.

O uso da água nos centros urbanos causa invariavelmente aumento na concentração de sais inorgânicos solúveis na água residuária. A princípio, os íons geram aumento no conteúdo total de sais (salinidade) e na sodicidade do efluente. Os HCO_3^- e CO_3^{2-} podem aumentar o risco de sodicidade da água por ocasionar precipitação de carbonato de cálcio, quando o pH é menor do que 8,4 como é o caso, há uma predominância do HCO_3^- o que está de acordo com BOUWER & CHANEY (1974) e FEIGIN et al., (1991).

A concentração de oxigênio dissolvido encontrada na água residuária tratada foi baixa, 0,2mg/l; muito mais do que a da água de abastecimento. A DBO_5 foi, 48mg/l, também inferior a encontrada na água de abastecimento.

A DQO na água residuária tratada apresentou-se no nível de 565mg/l.

A porção de sólidos totais encontrada foi muito elevada, 808mg/l.

A concentração de sódio na água residuária tratada foi de 220mg/l, quase o dobro da encontrada na água de abastecimento; e altas concentrações de sódio (acima de 207mg/l, segundo LARAQUE (1991)), pode causar problemas como perda da permeabilidade do solo e efeito tóxico nas plantas.

A concentração de potássio foi de 33,3mg/l, dentro da faixa aceitável em águas para irrigação.

O teor de amônia foi de 48,2mg/l e a concentração de nitrato foi de 0,5 mg/l.

O fósforo das águas residuárias domésticas tem sua origem no fósforo originalmente presente nas águas de abastecimento, nos dejetos humanos e detergentes sintéticos que em sua maioria possuem grandes quantidades de fosfatos como base (SAWYER et al., 1994). O valor médio de fósforo total em águas residuárias é de 8mg/l, de acordo com METCALF & EDDY (1991), portanto o valor encontrado, 6,5mg/l, está dentro dos padrões aceitáveis. O ortofosfato solúvel encontra-se numa concentração de 4mg/l.

As concentrações de coliformes fecais termotolerantes e *Escherichia coli* no efluente foram muito altas, $2,7 \times 10^6$ NMP/100ml e $3,5 \times 10^6$ NMP/100ml, indicando que mesmo após o tratamento a água residual apresenta nível bacteriológico muito elevado. De acordo com as recomendações de BLUMENTHAL et al. (2000), verifica-se que este efluente não atende a qualidade microbiológica sugerida no que diz respeito ao manejo cultural do milho, ao grupo exposto e ao sistema de irrigação utilizado, pois para os dois últimos, a concentração de coliformes fecais máxima deveria ser de 10^3 UFC/100ml. Não foi, porém detectada a presença de ovos de helmintos no efluente tratado.

A concentração de "clorofila a" na água foi de 41,8µg/l, o que pode indicar uma provável presença de cianobactérias e algas cuja presença pode ocasionar entupimento dos emissores.

4.1.2 SOLO

4.1.2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO ANTES DO PLANTIO

No ano anterior a esta pesquisa a área experimental foi cultivada com algodão, o qual recebeu diferentes doses de nitrogênio (0, 60, 90, 120 e 180kgN/ha) e irrigação com dois tipos de água (abastecimento e residuária tratada). Ao final desse experimento foram realizadas análises física e química do solo cujos resultados encontram-se nas Tabelas 4.2 e 4.3.

Tabela 4.2: Características físicas do solo da área experimental antes da instalação do experimento I

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	PROFUNDIDADE (cm)		
	0-20	20-40	40-60
GRANULOMETRIA (%)			
Areia	61,87	53,51	51,20
Silte	11,48	14,59	15,69
Argila	26,65	31,90	33,11
TEXTURA	F. Argilo Arenoso	F. Argilo Arenoso	F. Argilo Arenoso
DENSID. APARENTE (g/cm³)	1,34	1,36	1,24
DENSID. REAL (g/cm³)	2,64	2,73	2,76
POROSIDADE (%)	49,24	50,18	55,07
UMIDADE (%)			
Natural	0,96	1,57	2,14
0,33atm	12,42	16,95	17,84
15atm	4,91	8,45	8,93
ÁGUA DISPONÍVEL	7,51	8,50	8,91

Laboratório de Solos da UFPB/Áreia. 2003.

Pelos resultados presentes na Tabela 4.2, o solo da área experimental, na profundidade de 20 a 40cm, foi classificado como franco argilo arenoso, e de acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, um solo de textura moderadamente fina (BRADY, 1989), sendo composto por 53,51% de areia, 14,59% de silte e 31,90% de argila. A densidade do solo expressa a relação entre a massa do solo seco e o seu volume total; a encontrada no solo em estudo foi de 1,36g/cm³. A densidade das partículas é a relação entre a massa do solo e o volume das partículas minerais e orgânicas constituintes; o seu valor no solo foi de 2,73g/cm³, o que de

acordo com SILVA, 1999, é um solo com baixo teor de matéria orgânica. A porosidade tem importante função sobre a produtividade dos solos por exercer influência sobre a retenção da água, aeração e enraizamento das plantas (SILVA, 1999), e o solo em estudo apresentou 50,18% de porosidade.

A umidade do solo a 0,03atm foi de 16,95% e a 15atm foi de 8,45%, o que evidencia a facilidade da perda de água. A disponibilidade de água desse solo é muito baixa, 8,5%.

Tomando-se como resultado a média dos doze tratamentos para cada variável na Tabela 4.3, o solo da área experimental antes do experimento I (milho), apresentou pH de 6,2, levemente ácido (6,2 – 6,6). Teor de fósforo baixo, 7,9mg/dm³, aquém do nível crítico que é de 10mg/dm³ (BRADY, 1989). As concentrações de potássio, cálcio e magnésio foram respectivamente 90,2mg/dm³; 32,2cmol_c/dm³ e 23,05cmol_c/dm³, consideradas altas. Os valores de sódio foram baixos, da ordem de 0,65cmol_c/dm³. O valor da CTC foi 8,0 e a matéria orgânica apresentou valor de 10,63g/dm³.

Quanto ao aspecto de salinidade verifica-se que o teor médio de sódio do solo foi de 8,2 mmol/l, a concentração de cloreto, 10,19mmol/l, a condutividade elétrica, 1,42dS/m, a RAS média para o solo foi de 4,6 e a PST, 5,1.

Tabela 4.3: Características químicas do solo da área experimental, por tratamento*, antes da instalação do experimento I (milho), a 20cm de profundidade. Campina Grande, PB, 2003.

Tratamentos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Dose de nitrogênio (kg/ha)	0	0	0	0	60	60	90	90	120	120	180	180
Tipo de água (TA)	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
FERTILIDADE												
PH (H ₂ O)	6,9	6,8	6,9	6,6	6,2	5,9	6,4	6,1	6,2	5,6	5,0	5,8
P (mg/dm ³)	3,18	4,57	8,28	7,66	6,11	7,97	6,11	11,37	8,59	7,35	7,66	16,47
K (mg/dm ³)	68,2	95,1	65,9	88,2	77,5	95,9	67,5	106,3	82,8	92,8	62,9	178,9
Na ⁺ (cmol _c /dm ³)	0,4	1,1	0,4	0,9	0,4	0,7	0,5	0,7	0,6	0,8	0,4	0,9
Ca ⁺² (cmol _c /dm ³)	34,8	31,3	35,3	31,3	30,3	34,5	30,5	27,8	34,3	35,8	30,0	30,0
Mg ⁺² (cmol _c /dm ³)	29,0	23,0	25,8	21,3	21,3	23,8	24,3	21,0	25,0	22,3	19,3	20,5
CTC	7,86	7,87	7,70	7,49	7,14	8,49	7,71	7,60	8,16	8,88	8,51	8,72
M.O. (g/kg)	10,34	13,30	10,55	13,48	10,73	11,07	10,99	12,47	10,89	12,47	11,26	15,48
N(g/kg)	0,52	0,67	0,53	0,67	0,54	0,55	0,55	0,62	0,54	0,62	0,56	0,77
SALINIDADE												
Ca ²⁺ (mmol _c /l)	3,88	5,00	3,50	4,13	3,88	5,25	3,00	3,88	3,63	4,63	5,50	6,00
Mg ²⁺ (mmol _c /l)	2,1	4,0	2,4	1,9	1,6	1,3	2,0	1,8	2,3	2,4	2,9	2,0
K ⁺ (mmol _c /l)	0,08	0,12	0,10	0,17	0,09	0,11	0,11	0,10	0,13	0,17	0,16	0,11

(Continuação da Tabela 4.3)

CO_3^{2-} (mmol/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl^- (mmol/l)	8,8	15,4	8,0	10,3	6,9	11,1	7,0	9,8	13,1	10,4	7,0	14,5
SO_4^{2-} (mmol/l)	1,24	1,22	1,38	1,03	1,28	1,18	1,39	1,41	1,10	1,31	0,96	1,62
HCO_3^- (mmol/l)	6,3	7,5	5,4	7,4	3,5	3,5	4,5	5,5	2,3	2,8	1,6	3,3
Na^+ (mmol/l)	5,7	13,5	5,5	9,7	5,1	9,6	5,8	8,9	7,1	10,3	6,2	11,1
CE (dS/m)	1,06	2,21	1,08	1,58	1,04	1,70	1,08	1,49	0,91	1,86	1,51	1,56
RAS	3,38	6,82	3,21	5,62	3,11	5,57	3,79	5,19	4,05	5,59	3,21	5,13
PST	3,6	8,1	3,4	6,6	3,2	6,5	4,1	6,0	4,5	6,5	3,3	5,9

* Fonte: Ferreira (2003)

A1: Água de abastecimento

A2: Água residuária

4.1.2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO APÓS O CULTIVO DO MILHO

4.1.2.2.1 Fertilidade

4.1.2.2.1.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

De acordo com BRADY (1989) a faixa de pH para solos produtivos cultivados varia de 5 a 7 para solos de regiões úmidas e de 7 a 9 para os de regiões áridas.

A maior influência do pH do solo se exerce pela concentração de íons inorgânicos na solução do solo ocasionando, quer deficiências quer toxidez desses íons. Pelos resultados das médias do pH por tratamento, antes e ao final do plantio (Figura 4.1), os valores de pH no solo aumentaram ao final do plantio em todos os tratamentos, ficando evidente um aumento do pH do solo após o cultivo do milho na área experimental.

Como pode ser observado antes do plantio o solo se apresentava de moderado a levemente ácido, após o plantio apresentou-se variando de levemente ácido a levemente alcalino. O aumento do pH do solo possivelmente foi devido aos efeitos isolados da água de irrigação e do efeito da adubação nitrogenada no solo.

O efeito do tipo de água utilizado na irrigação sobre o pH do solo é observado quando se comparam os tratamentos entre si: T1 e T2; T3 e T4; T5 e T6; T7 e T8; T9 e T10; T11 e T12 (Figura 4.1 – depois do plantio). Aqueles que receberam água residuária apresentaram sempre valor de pH mais elevado quando comparado com os tratamentos que receberam água de abastecimento, sob mesmas condições de adubação, que evidenciou o efeito do tipo de água utilizado sobre o pH do solo. A água residuária por conter maior concentração de substâncias alcalinas propiciou a elevação do pH.

De acordo com BOUWER (2000), normalmente o pH da água de irrigação não tem afetado significativamente o pH do solo, por causa do seu poder tampão, não sendo esperado, portanto efeito direto do efluente da ETE no pH do solo, mesmo com a presença de bicarbonatos na água residuária. No entanto, existe a possibilidade dessa alcalinidade associada às altas concentrações de Na^+ em águas alcalinas, ocasionar aumento do valor de pH do solo.

Vários trabalhos, porém relataram aumentos de pequena magnitude no valor de pH dos solos em diferentes sistemas irrigados com efluentes de esgotos domésticos tratados, a exemplo de FONSECA (2001), que observou que a irrigação com água residuária ocasionou ligeiro aumento no valor do pH do solo no início e mais pronunciadamente no final do período experimental quando utilizou efluentes tratados pelas lagoas de estabilização da ETE da cidade

de Lins – SP, para irrigar a cultura do milho, assim como FALKINER & SMITH (1997) que estudaram os efeitos da irrigação com água residuária tratada sobre o pinus e o eucalipto e observaram aumento no valor de pH de solos, e também diminuição do teor de alumínio trocável, devido ao aumento dos cátions trocáveis no solo (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ e Na^+) e da alcalinidade, adicionados por esse tipo de água.

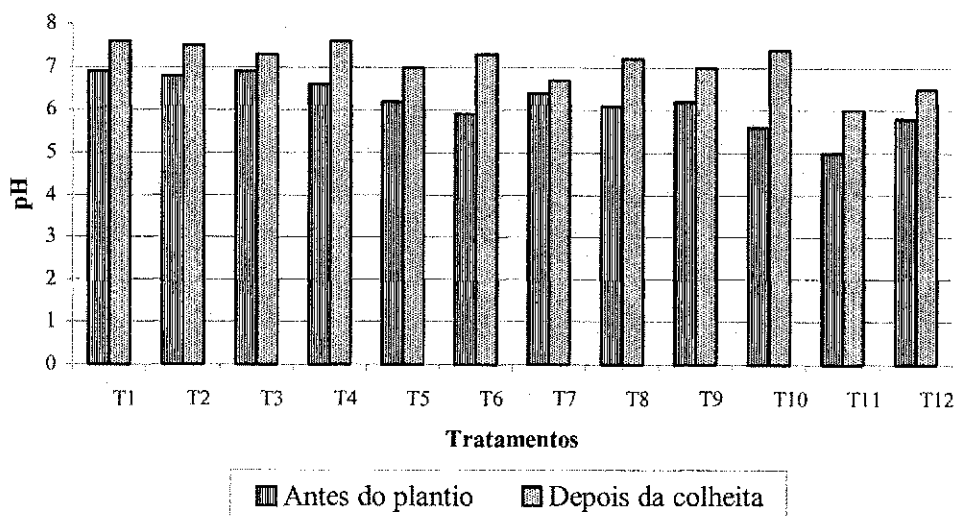


Figura 4.1: pH do solo em função dos tratamentos, antes do plantio e depois da colheita do milho.

Essa diminuição do pH do solo também foi observada por VASQUEZ-MONTIEL et al., (1996) quando cultivaram milho e irrigaram com água residuária tratada. Esses pesquisadores sugeriram que essa queda no pH do solo foi devido a nitrificação, uma vez que esse efeito foi estimulado mediante a adição de fertilizante nitrogenado mineral (sulfato de amônio).

4.1.2.2.1.2 Nitrogênio (N)

A área experimental recebeu nitrogênio sob duas formas: através da adubação com sulfato de amônio e pela irrigação com água residuária tratada em experimento com algodão, realizado por FERREIRA (2003). No experimento I (milho) realizado na mesma área adicionou-se novamente nitrogênio através da utilização de água residuária. Os resultados obtidos para o nitrogênio do solo antes do plantio e ao final da colheita do milho encontram-se na Figura 4.2, pelos resultados observa-se que o nitrogênio já se encontrava em níveis baixos antes do plantio, tendo diminuído ainda mais em todos os tratamentos ao final do plantio do milho.

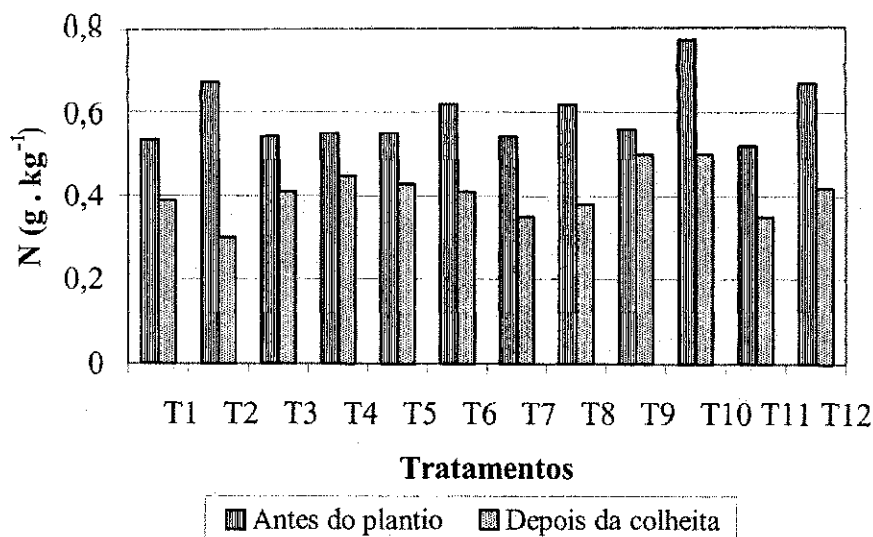


Figura 4.2: Nitrogênio do solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

Essa perda, de acordo com FONSECA (2001), pode ser explicada pela volatilização de NH_3 que pode ser um importante caminho de perda de N nos solos irrigados com efluente de esgoto tratado por lagoa de estabilização que é normalmente alcalino.

Nas Tabelas 4.4 e 4.5 estão respectivamente, os resultados das análises de variância e os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN) e tipo de água (TA), referente as variáveis: fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo sob efeito de adubação nitrogenada do plantio anterior, e irrigação com dois tipos de água.

Tabela 4.4: Resumo da análise de variância, referente as variáveis: fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água (abastecimento e residuária tratada). Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	GL	Quadrado médio				
		P ² (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	Na ¹ (cmol/dm ³)	Ca (cmol/dm ³)	Mg ¹ (cmol/dm ³)
Dose (DN)	4	1,37**	0,06 ^{ns}	0,08 ^{ns}	38,66 ^{ns}	0,30 ^{ns}
Água (TA)	1	0,07 ^{ns}	0,29 ^{ns}	3,07**	84,10 ^{ns}	1,45*
DN x TA	4	0,43 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}	62,04 ^{ns}	0,58 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	2,60**	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	116,20*	1,91*
Entre testemunhas	1	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	10,13 ^{ns}	0,63 ^{ns}
Tratamentos	11	0,90**	0,07 ^{ns}	0,34**	55,75 ^{ns}	0,68 ^{ns}
Blocos	3	0,20 ^{ns}	0,78**	0,58**	55,69 ^{ns}	1,30*
Resíduo	33	0,25	0,08	0,07	28,35	0,33
CV(%)		20,94	15,77	11,39	17,10	11,43

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F. ¹ Dados transformados em \sqrt{x} ; ² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Tabela 4.5: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T), para as variáveis: fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo sob efeito de adubação nitrogenada do plantio anterior e irrigação com dois tipos de água (abastecimento e residuária tratada). Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	P ² (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	Na ¹ (cmol/dm ³)	Ca (cmol/dm ³)	Mg ¹ (cmol/dm ³)
Dose de Nitrogênio (DN)					
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	3,16a	1,79a	2,13a	34,13a	5,16a
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	2,56a	1,80a	2,38a	28,75a	4,86a
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	2,45a	1,73a	2,33a	30,38a	5,14a
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	2,06b	1,68a	2,26a	28,75a	4,83a
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	2,28b	1,91a	2,22a	30,25a	4,75a
Dms	0,72	0,41	0,37	7,68	0,83
Tipo de água (TA)					
TA ₁ (água de abastecimento)	2,54a	1,70a	1,99b	29,00a	4,76b
TA ₂ (água residuária)	2,46a	1,87a	2,54a	31,90a	5,14a
Dms	0,32	0,18	0,17	3,43	0,38
Testemunhas (T)					
T ₁ (água de abastecimento)	1,83a	1,93a	2,31a	33,50a	5,76a
T ₂ (água residuária)	1,92a	1,80a	2,33a	35,75a	5,20a
Dms	0,72	0,41	0,37	7,67	0,83

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

4.1.2.2.1.3 Fósforo (P)

A maioria do fósforo existente nos solos não se encontra na forma prontamente assimilável para os vegetais. Quando se compara a remoção do fósforo do solo pelas culturas à do nitrogênio e do potássio verifica-se que ela é pequena, atingindo apenas um terço a um quarto do correspondente a estes elementos. De acordo com BRADY (1989), a necessidade de elevada dosagem de fertilizantes, quando estão sendo removidas apenas quantidades pequenas de fósforo, indica que grande porção dos fosfatos adicionados se tornam inassimiláveis pelos vegetais em crescimento, admitindo-se também algum acúmulo de fósforo no solo. A utilização de adubação nitrogenada na forma amoniacal proporciona maiores incrementos na absorção de fósforo pela planta.

Para TERMAN & NOGGLE, (1973), a influência do nitrogênio sobre o aumento da absorção de fósforo é marcante mesmo em solos com teores elevados de fósforo disponível, nos quais as plantas não apresentam respostas à adubação fosfatada.

Apesar de o teor de fósforo total na água residuária ter sido elevado (Tabela 4.1), de acordo com os resultados da ANOVA (Tabela 4.4), não houve diferença significativa entre os tipos de água. O elemento sofreu influência da adubação nitrogenada, dos tratamentos e do

contraste testemunha x fatorial, o que, de acordo com PRIMAVESI (1987), denota a complexidade das relações entre os nutrientes, especialmente fósforo e o nitrogênio. O efeito das doses de nitrogênio sobre o P do solo é evidente na Tabela 4.5, onde se verificou que as doses de 0, 60 e 90kgN/ha não diferiram entre si sobre o efeito causado no fósforo do solo e as doses de 120 e 180 também não, mas as doses menores (0, 60 e 90kgN/ha) exerceram efeito maior sobre esse nutriente no solo do que as doses mais elevadas. Ainda pela mesma Tabela, observa-se que houve um decréscimo do teor de fósforo no solo, na medida em que se aumentaram as doses de nitrogênio de 0 a 120kgN/ha, com um aumento do fósforo apenas na dose de 180kg/ha.

Pelos dados da Tabela 4.6 verifica-se que o modelo que melhor representou o efeito das doses de nitrogênio sobre o fósforo no solo foi o linear (Figura 4.3).

Na Figura 4.4 estão os valores médios do fósforo do solo para cada tratamento antes e depois do cultivo do milho. Observa-se queda dos teores de fósforo ao final do experimento I, em todos os tratamentos que receberam adubação nitrogenada no plantio anterior (FERREIRA, 2003), mostrando que houve maior absorção do fósforo do solo pelas plantas, à medida que se aumentaram as doses de nitrogênio.

Tabela 4.6: Resumo da análise de regressão, referente ao fósforo (P) do solo sob efeito de adubação nitrogenada do plantio anterior e irrigação com dois tipos de água (abastecimento e residuária tratada). Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variância	GL	Quadrado médio
		P (mg/dm ³)
Dose de Nitrogênio (DN)	4	20,99*
Regressão Linear	1	62,78**
Regressão Quadrática	1	15,26 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,11 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	5,83 ^{ns}
Resíduo	12	4,00

(*) Significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

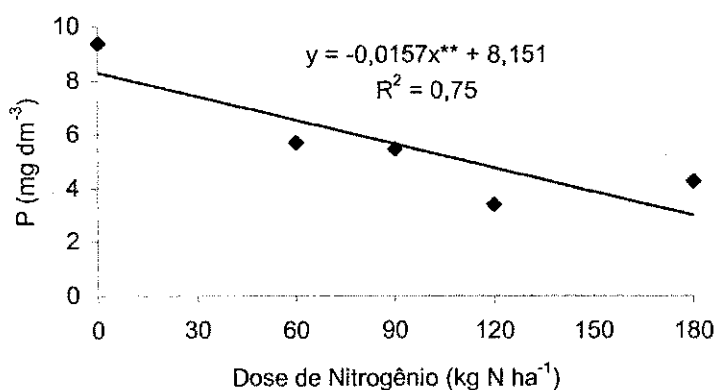


Figura 4.3 – Relação entre as doses de nitrogênio e o fósforo do solo.

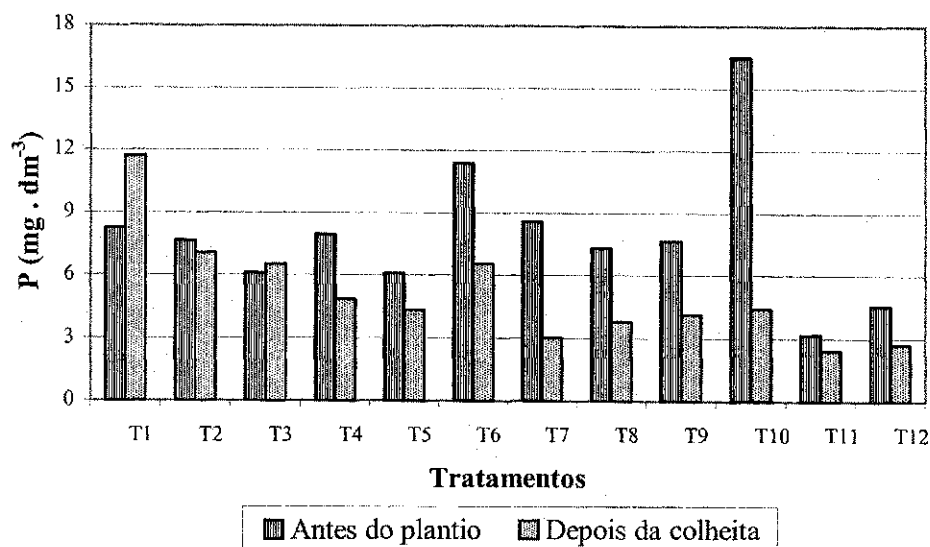


Figura 4.4: Fósforo do solo por tratamento antes do plantio e depois da colheita do milho

4.1.2.2.1.4 Potássio (K)

Muito embora os teores de potássio nas águas de irrigação tenham sido elevados, com a água residuária contendo quase o dobro do valor encontrado na água de abastecimento (Tabela 4.1), o tipo de água utilizado para irrigação e a adubação nitrogenada não promoveram efeitos significativos sobre o potássio do solo (Tabela 4.4). Houve diferença significativa em nível de 1%, apenas entre os blocos.

Pela Figura 4.5 constatou-se (ao final do plantio) que os tratamentos que receberam água residuária tiveram sempre maiores valores de potássio no solo, do que as que receberam irrigação com água de abastecimento, devido a maior presença desse elemento na água residuária. Comparando-se o teor de potássio no solo antes do plantio e depois do cultivo do milho verifica-se diminuição desse elemento em todos os tratamentos, o que é considerado normal, pois é elevada a remoção de potássio pelas culturas, correspondendo no geral a três ou quatro vezes à do fósforo e igual a do nitrogênio, não se constituindo exceção à retirada de 120 a 150kg/ha de potássio no caso de uma cultura de milho para ensilagem (FANCELLI, 1994).

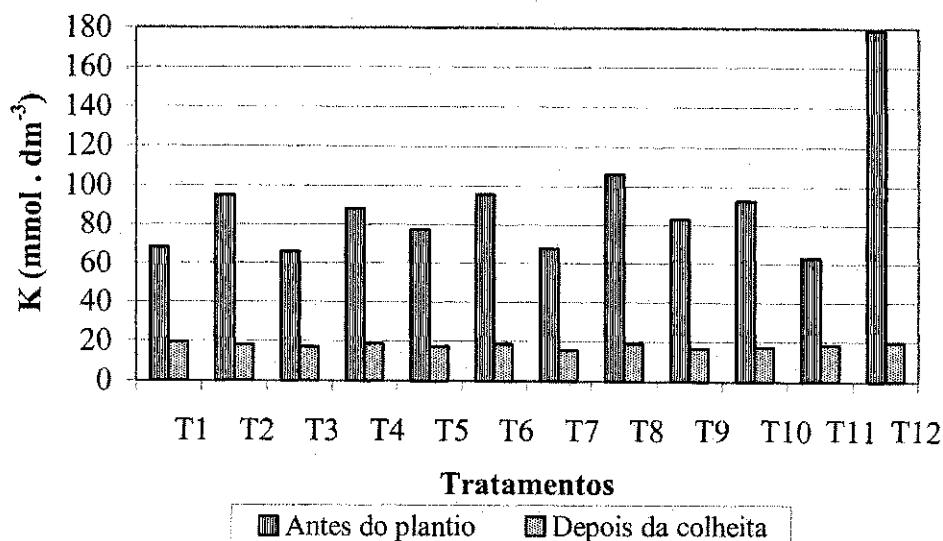


Figura 4.5: Potássio do solo por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.1.5 Sódio (Na)

Normalmente pelo fato das águas residuárias domésticas apresentarem elevada concentração salina, a irrigação com esse tipo de água tem induzido o aumento da salinidade do solo, a qual afeta a absorção d'água pelas plantas devido à presença de uma maior concentração dos íons Na^+ , Cl^- e HCO_3^- na solução do solo (SMITH et al., 1996b).

Dentre os fatores estudados houve efeito significativo para o tipo de água de irrigação, entre os tratamentos e entre os blocos em nível de 1% (Tabela 4.4). O valor de sódio encontrado na água residuária foi de 220mg/l, quase o dobro do encontrado na água de abastecimento (113,6mg/l). Esses valores são tóxicos à maioria das plantas cultivadas, ditas normais ou glicofitas. De acordo com os resultados da Tabela 4.4, observa-se que a irrigação com água residuária tratada aumentou em mais de 78% o teor de sódio trocável no solo ao final do cultivo do milho. O que também pode ser verificado através da Figura 4.6 onde se encontram os teores médios de sódio no solo por tratamento, antes do plantio e depois do cultivo do milho, e onde se observa (ao final do cultivo) que independentemente da adubação os teores de sódio no solo foram maiores nos tratamentos que receberam água residuária do que naqueles que foram irrigados com água de abastecimento. Observa-se que houve aumento da concentração de sódio no solo após o experimento em todos os tratamentos, o mesmo tendo sido constatado por FALKINER & SMITH, (1997) que verificaram que os teores de Na aumentaram de 3,5 até 25 vezes, em função da taxa de aplicação de efluente.

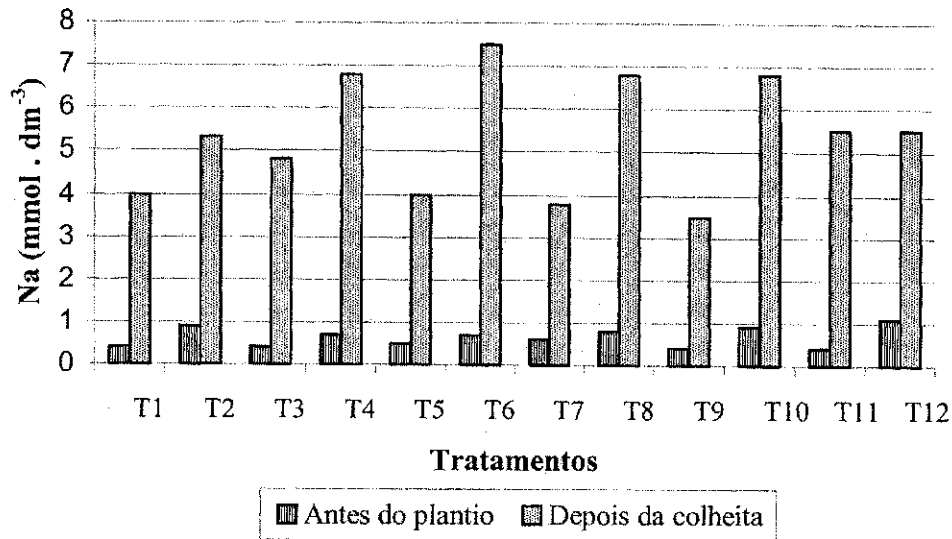


Figura 4.6: Sódio do solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

Em trabalho realizado por STEWART et al., (1990), na Austrália, irrigando plantas arbóreas com efluente de esgotos municipal tratado, contendo níveis de sódio variando de 66,6 a 113,0mg/L, os autores observaram que apesar de haver elevado o teor de Na trocável, não alterou a distribuição de sais solúveis e dos cátions trocáveis no solo, mesmo havendo dominância de sódio no efluente.

4.1.2.2.1.6 Cálcio (Ca)

Pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.4), não houve efeito nem da adubação e nem do tipo de água de irrigação sobre o cálcio do solo. Verifica-se, porém efeito significativo em nível de 5% apenas para o contraste testemunha versus fatorial, que denota a complexidade das relações entre os nutrientes, em especial o nitrogênio e o cálcio. Os níveis de cálcio nas águas de irrigação foram altos e iguais nos dois tipos de água, 35mg/l (Tabela 4.1).

Fazendo-se as médias em cada um dos doze tratamentos para o cálcio antes do plantio e ao final da colheita verifica-se que houve variação da concentração desse elemento no solo durante o experimento (Figura 4.7), mas de acordo com PRIMAVESI (1987), o cálcio do solo pode ser utilizado pela vegetação, ser lixiviado ou precipitado em formas insolúveis. O fato é que alguns autores como FALKINER & SMITH (1997), verificaram aumento nos teores de Ca e Mg em solos que receberam água residuária tratada. JOHNS & McCONCHIE (1994), verificaram que a irrigação com efluente de esgotos tratado ocasionou aumento nos teores de cálcio até 50cm de profundidade.

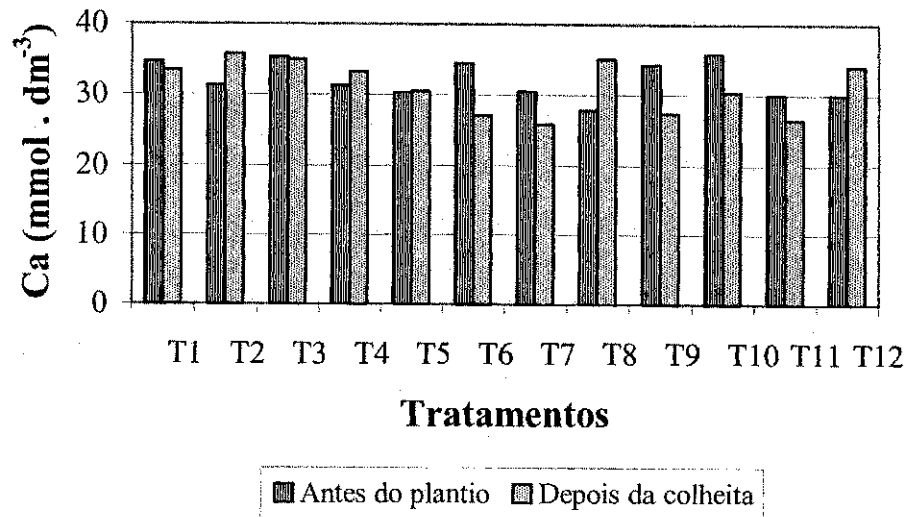


Figura 4.7: Cálcio do solo por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.1.7 Magnésio (Mg)

Houve significância em nível de 5% para o tipo de água de irrigação, entre os blocos e para o contraste testemunha x fatorial, o que indica a complexidade das relações entre os nutrientes no solo, especialmente entre o magnésio e o nitrogênio (Tabela 4.4).

Pela Tabela 4.5, pode-se confirmar, que a água de abastecimento contribuiu mais do que a água residuária tratada para o incremento do magnésio no solo, tendo em vista que a água de abastecimento apresentou elevado valor de magnésio 250mg/l e a água residuária, um valor pelo menos sete vezes menor, 35,5mg/l (Tabela 4.1).

Na Figura 4.8 estão os dados das médias das concentrações de magnésio no solo para os tratamentos antes do cultivo e após a colheita do milho. Quando se compararam os tratamentos que receberam apenas água (T1 e T2) observa-se que as concentrações de magnésio no solo foram maiores quando este recebeu água de abastecimento, o mesmo ocorrendo entre os tratamentos que receberam adubação de fundação (T3 e T4), este fato se deve a uma maior concentração desse elemento na água de abastecimento, que foi de 250mg/l (Tabela 4.1), um nível altíssimo, quando o recomendado para água de irrigação está entre 0 e 60mg/l. Analisando ainda a Figura 4.8, verifica-se que houve pouca alteração no teor de magnésio no solo após o cultivo do milho, com exceção para os tratamentos T6, T7, T9 e T11 onde houve diminuição desse elemento.

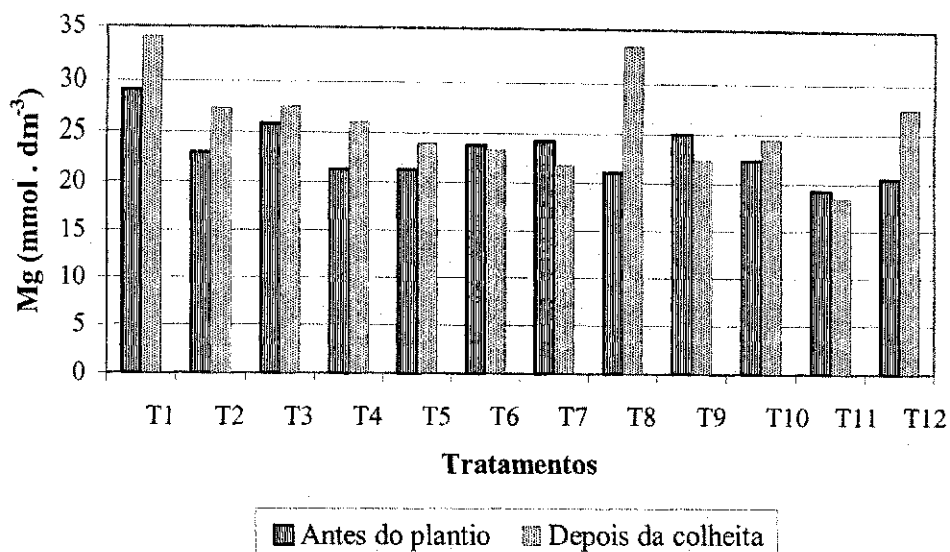


Figura 4.8: Magnésio do solo por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

Na Tabela 4.7 encontra-se o resumo da ANOVA para a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e matéria orgânica (M.O.) do solo sob efeito de adubação nitrogenada e dois tipos de água de irrigação.

Tabela 4.7: Resumo das análises de variância, referentes as variáveis: soma das bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e matéria orgânica (M.O.) do solo sob efeito de adubação nitrogenada do plantio anterior e dois tipos de água de irrigação (abastecimento e residuária tratada). Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		SB	CTC	M.O. ¹ (g/dm ³)
Dose (DN)	4	110,31 ^{ns}	317,17 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Água (TA)	1	964,32**	394,38 ^{ns}	0,00 ^{ns}
DN x TA	4	303,50*	318,32 ^{ns}	0,16 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	691,22*	139,69 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	41,86 ^{ns}	5,61 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Tratamentos	11	304,79*	280,15 ^{ns}	0,20 ^{ns}
Blocos	3	435,88*	353,70 ^{ns}	0,82 ^{ns}
Resíduo	33	110,51*	164,52	0,32
CV(%)		16,40	18,27	20,70

(*) Significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste de F; ¹ Dados transformados em \sqrt{x}

4.1.2.2.1.8 Soma de Bases (SB)

De acordo com os dados da Tabela 4.7, houve efeito significativo para a soma de bases no solo em nível de 1% de probabilidade em função do tipo de água utilizado na irrigação, e em

nível de 5% de probabilidade para os contrastes doses de nitrogênio x tipo de água de irrigação, e testemunha x fatorial, entre os tratamentos e entre os blocos. Na Tabela 4.8 são apresentados os desdobramentos do contraste (DN x TA).

Pelos dados da referida tabela, verifica-se efeito significativo dos tratamentos que receberam adubação nitrogenada e água de abastecimento (TA1) e que o modelo linear foi o que melhor representou o comportamento da soma das bases no solo em função das doses de nitrogênio (Figura 4.9).

Tabela 4.8: Desdobramento do contraste (DN x TA) para a variável soma de bases (SB) do solo quando submetido ao efeito de diferentes doses de nitrogênio do plantio anterior e irrigação com dois tipos de água (abastecimento e residuária tratada). Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	Quadrado médio
	SB
DN em água de abastecimento (TA₁)	
Dose de Nitrogênio (DN)	204,25**
Regressão Linear	29,23**
Regressão Quadrática	2,74 ^{ns}
Regressão Cúbica	0,54 ^{ns}
Desvio da Regressão	1,70 ^{ns}
Resíduo	23,88
DN em água residuária (TA₂)	
Dose de nitrogênio	209,56 ^{ns}
Regressão Linear	57,84 ^{ns}
Regressão Quadrática	6,24 ^{ns}
Regressão Cúbica	9,22 ^{ns}
Desvio da Regressão	764,94*
Resíduo	134,17

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

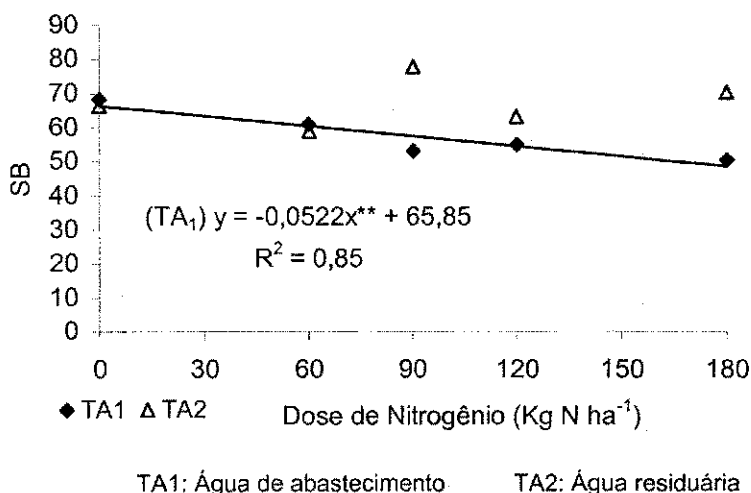


Figura 4.9: Relação entre a soma das bases no solo e as doses de nitrogênio para água de abastecimento (TA1) e água residuária tratada (TA2).

Na Tabela 4.9 encontram-se as médias dos desdobramentos para o contraste (DN x TA) para a soma das bases.

Tabela 4.9: Médias do desdobramento para o contraste (DN x TA) para a variável soma das bases (SB) do solo quando submetido ao efeito de diferentes doses de nitrogênio do cultivo anterior e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	SB
DN dentro de TA₁ (água de abastecimento)	
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	68,20
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	60,98
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	53,05
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	54,90
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	50,35
DN dentro de TA₂ (água residuária)	
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	66,38
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	58,86
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	77,90
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	63,20
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	70,23
TA dentro de DN₁ (0 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	68,20a
TA ₂ (água residuária)	66,38a
TA dentro de DN₂ (60 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	60,98a
TA ₂ (água residuária)	58,86a
TA dentro de DN₃ (90 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	53,05b
TA ₂ (água residuária)	77,90a
TA dentro de DN₄ (120 Kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	54,90a
TA ₂ (água residuária)	63,20a
TA dentro de DN₅ (180 Kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	50,35b
TA ₂ (água residuária)	70,23a

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Pelos resultados da Tabela 4.9 observa-se que houve diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade para o tipo de água utilizado nas doses residuais de 90 e 180kgN/ha, tendo os tratamentos que receberam água residuária nessas doses contribuído para uma maior concentração das bases no solo.

4.1.2.2.1.9 Capacidade de troca catiônica (CTC)

De acordo com a Tabela 4.7 não houve efeitos significativos para nenhum dos fatores analisados sobre a CTC do solo, mas ao se comparar a capacidade de troca catiônica no solo antes e depois do cultivo do milho (Figura 4.10) verifica-se que houve queda na CTC do solo da

área experimental após o cultivo do milho, com exceção do tratamento T8, onde essa capacidade de troca de cátions aumentou.

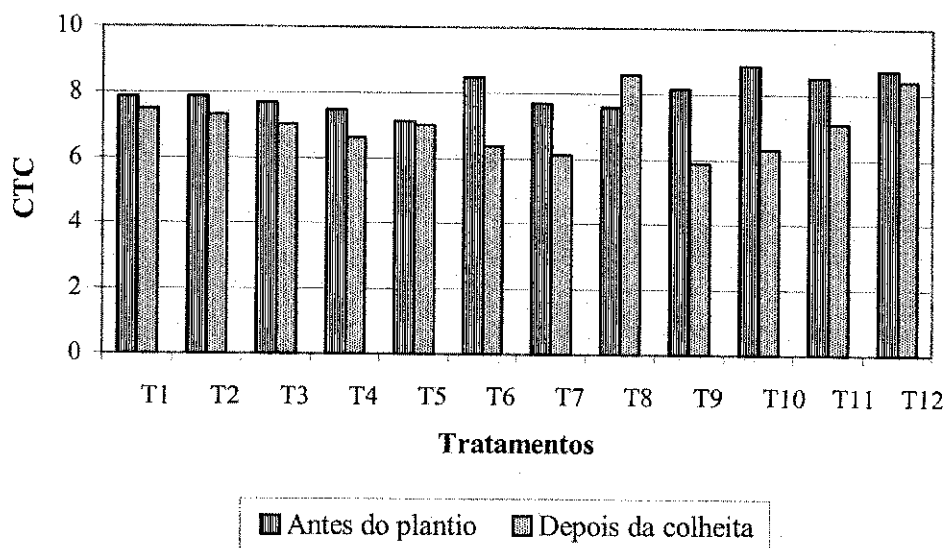


Figura 4.10: Capacidade de troca catiônica do solo por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.1.10 Matéria Orgânica (M.O.)

Pelos dados da ANOVA (Tabela 4.7) observa-se que não houve efeitos significativos para nenhum dos fatores estudados sobre a matéria orgânica do solo. Ao se comparar os teores de matéria orgânica no solo antes do cultivo e ao final da colheita do milho, verifica-se que houve diminuição desse elemento no solo ao final do cultivo do milho (Figura 4.11). Fato já esperado devido a decomposição da M.O. e absorção pelos vegetais.

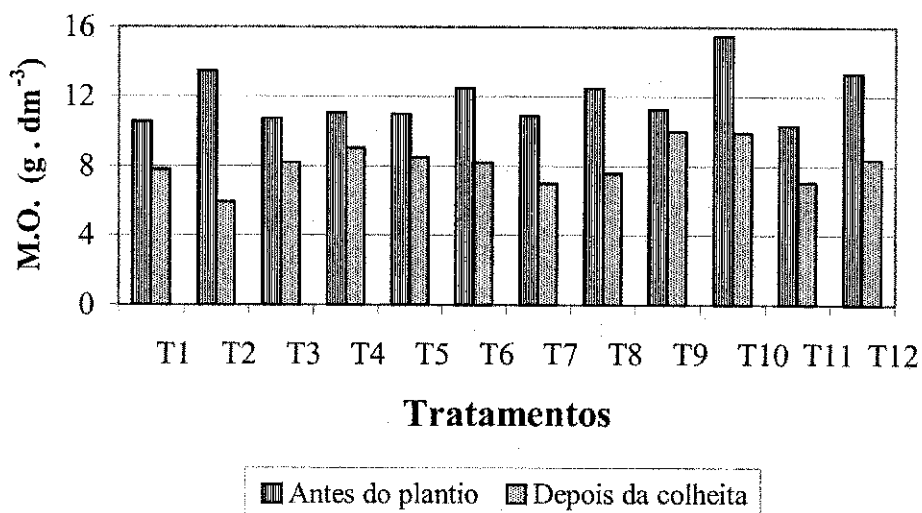


Figura 4.11: Matéria orgânica do solo antes do plantio e depois da colheita do milho

4.1.2.2.2 Salinidade

Nas Tabelas 4.10 e 4.11 encontram-se respectivamente, o resumo da ANOVA e os valores médios dos elementos carbonato, cloreto, sulfato e bicarbonato do solo.

Tabela 4.10: Resumo das análises de variância, referentes as variáveis: carbonato (CO_3^{2-}), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-) do solo, sob efeito de adubação nitrogenada do plantio anterior e irrigação com dois tipos de água (abastecimento e residuária tratada). Campina Grande -PB, 2003.

Causa de variação	GL	Quadrado médio			
		CO_3^{2-} (mmol/l)	Cl^- (mmol/l)	SO_4 (mmol/l)	HCO_3^{1-} (mmol/l)
Dose (DN)	4	0,01 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,34*
Água (TA)	1	0,00 ^{ns}	2,59**	0,01 ^{ns}	1,22**
DN x TA	4	0,01 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,81*
Entre Testemunhas	1	0,01*	0,08 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,37 ^{ns}
Tratamentos	11	0,01 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,35*
Blocos	3	0,01**	0,60 ^{ns}	0,11**	0,14 ^{ns}
Resíduo	33	0,00	0,23	0,02	0,12
CV(%)		3,59	22,29	12,83	19,80

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Tabela 4.11: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) para o carbonato (CO_3^{2-}), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-) do solo sob efeito de adubação nitrogenada do plantio anterior e irrigação com dois tipos de água (abastecimento e residuária tratada). Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	CO_3^{2-} (mmol/l)	Cl^- (mmol/l)	SO_4 (mmol/l)	HCO_3^{1-} (mmol/l)
Dose de Nitrogênio (DN)				
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	1,04a	1,92a	0,95a	1,86a
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	1,03a	2,48a	1,06a	1,94a
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	1,02a	2,07a	0,96a	1,79a
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	1,01a	2,07a	0,97a	1,53a
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	1,01a	2,16a	1,07a	1,49b
Dms	0,05	0,69	0,19	0,51
Tipo de água (TA)				
TA ₁ (água de abastecimento)	1,02a	1,89b	0,98a	1,55b
TA ₂ (água residuária)	1,03a	2,40a	1,02a	1,90a
Dms	0,02	0,31	0,08	0,23
Testemunhas (T)				
T ₁ (água de abastecimento)	1,00b	2,26a	1,04a	1,86a
T ₂ (água residuária)	1,07a	2,06a	1,01a	2,29a
Dms	0,05	0,69	0,19	0,51

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em \sqrt{x} ;

² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Tabela 4.12: Resumo das análises de regressão, referente a bicarbonato (HCO_3) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio no plantio anterior e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variância	GL	Quadrado médio
		HCO_3 (mmol/l)
Dose de Nitrogênio (DN)	4	2,04*
Regressão Linear	1	6,33**
Regressão Quadrática	1	0,81 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,98 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	0,05 ^{ns}
Resíduo	12	0,44

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

4.1.2.2.2.1 Carbonato (CO_3^{2-})

Houve efeito significativo em nível de 5% entre as testemunhas e em nível de 1% de probabilidade entre os blocos para o carbonato do solo (Tabelas 4.10 e 4.11), muito embora o carbonato estivesse ausente nas águas de irrigação (Tabela 4.1), verifica-se através da Tabela 4.13, onde se encontram os valores médios de carbonato no solo para as duas testemunhas (T1 e T2) que a concentração desse elemento no solo que recebeu água residuária tratada (T2) foi o dobro da concentração no solo que recebeu água de abastecimento (T1).

Tabela 4.13: Valores médios da concentração de carbonato no solo para as duas testemunhas. Campina Grande - PB, 2003.

VARIÁVEL	TESTEMUNHAS	
	T1(água de abastecimento)	T2 (água residuária tratada)
CO_3^{2-} (mmol/dm ³)	0,06	0,12

De acordo com os valores médios das concentrações de carbonato, por tratamento, antes do plantio e ao final da colheita do milho, só não houve aumento da concentração desse elemento no solo ao final do experimento, nos tratamentos T8, T9 e T11, que se mantiveram ausentes no solo como antes do plantio (Figura 4.12).

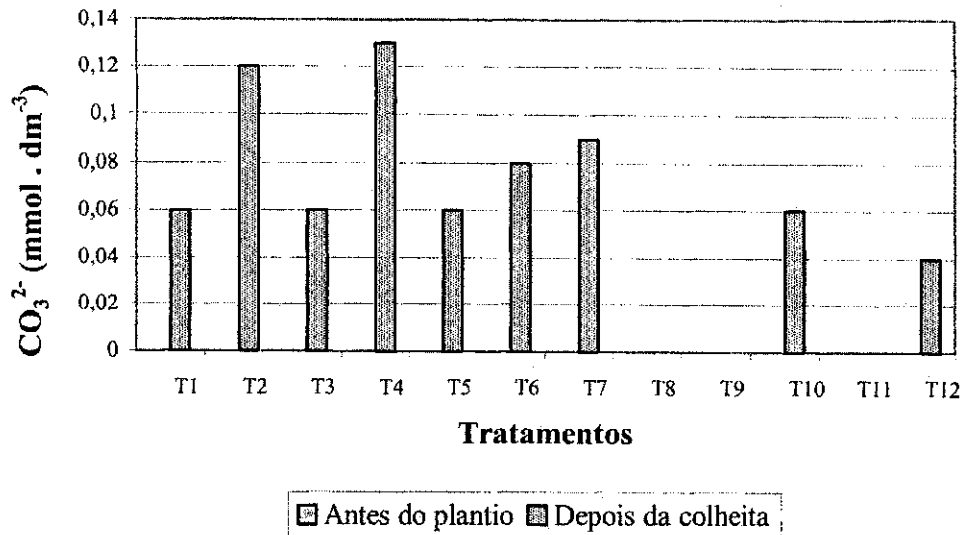


Figura 4.12: Carbonato do solo por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.2 Cloreto (Cl⁻)

A concentração de cloreto na água de abastecimento foi de 263mg/l e na água residuária tratada foi de 258mg/l (Tabela 4.1), ambos os valores dentro da faixa tóxica (AYERS & WESTCOT, 1999).

Analisando os dados da Tabela 4.10 observa-se o tipo de água de irrigação exerceu influência sobre o cloreto no solo. O cloreto contido na água de irrigação não é adsorvido pelas partículas do solo, mas é facilmente absorvido pelas raízes das plantas. Na Figura 4.13 estão os valores médios das concentrações de cloreto no solo por tratamento antes do plantio e após a colheita do milho. Comparando-se os tratamentos ao final do cultivo que receberam mesma dosagem de adubação, porém com tipo distinto de água, observa-se que, apesar de na água residuária a concentração de cloreto ser um pouco inferior a concentração encontrada na água de abastecimento, as concentrações de cloreto após a colheita foram maiores nos tratamentos que receberam água residuária tratada, excetuando-se o tratamento T12. O teor de cloreto no solo diminuiu após o experimento realizado com o milho, tendo possivelmente essa fração, sido absorvida pelas raízes das plantas.

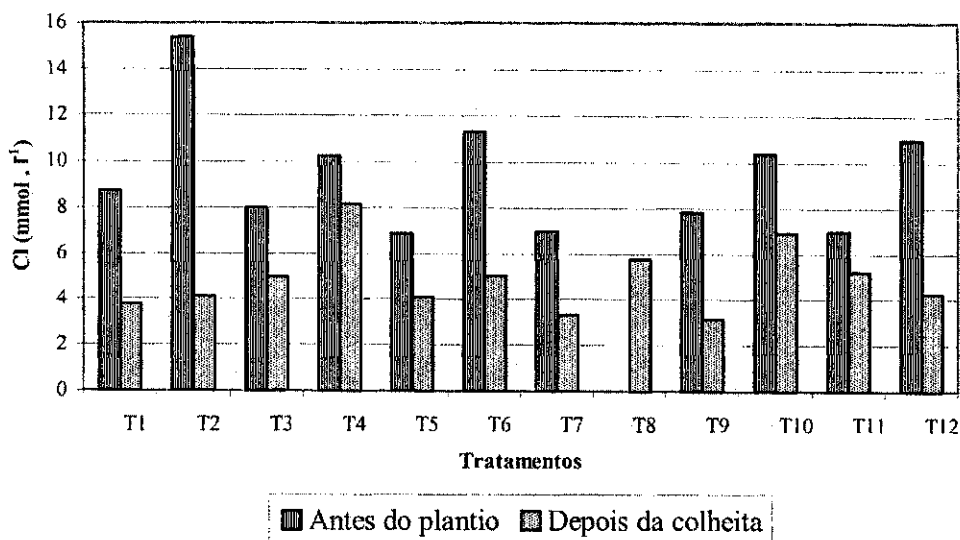


Figura 4.13: Cloreto do solo por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.3 Sulfato (SO₄²⁻)

Analisando os dados da Tabela 4.10 observa-se que para o elemento sulfato no solo houve diferença significativa apenas entre os blocos. Pelas médias das concentrações desse elemento no solo antes do plantio e depois da colheita do milho (Figura 4.14), a concentração de sulfato no solo diminuiu após o cultivo do milho em quase todos os tratamentos, excetuando-se o tratamento T11, onde houve aumento.

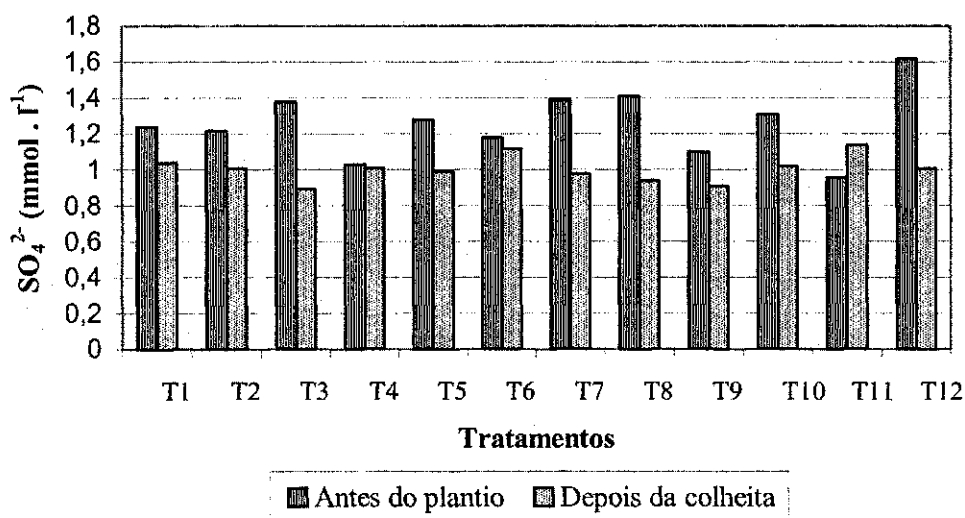


Figura 4.14: Sulfato do solo por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.2.4 Bicarbonato (HCO_3^-)

Verifica-se que bicarbonato do solo sofreu efeito significativo das doses de nitrogênio, do contraste entre a testemunha e o fatorial e entre os tratamentos em nível de 5%; e em nível de 1% para o tipo de água de irrigação.

Através dos resultados da Tabela 4.10 verifica-se que as doses de 0, 60, 90 e 120kgN/ha não diferiram em seus efeitos sobre o bicarbonato do solo, apenas a dose de 180kgN/ha diferiu das demais, sendo aquela que menos contribuiu para o aparecimento desse íon no solo. A água residuária tratada aumentou a concentração desse elemento no solo o que pode ser explicado pelo alto teor de bicarbonato na água residuária tratada pela ETE de Campina Grande, que foi de 509mg/l, o que representa 3,6 vezes o valor encontrado na água de abastecimento, 140mg/l (Tabela 4.1), que também é um valor elevado. O que segundo MACÊDO & MENINO (1998), teores elevados de HCO_3^- na água residuária são relativos a sua presença na água de abastecimento.

Ao se observar os resultados da Tabela 4.12 verifica-se que o modelo que melhor explicou a influência das doses de nitrogênio sobre o bicarbonato do solo foi o linear (Figura 4.15), onde se observa que o aumento das doses de nitrogênio resultou na diminuição das concentrações desse elemento no solo.

Pelos resultados da Figura 4.16 observa-se ainda que houve queda nas concentrações de bicarbonato no solo da área experimental ao final do cultivo do milho.

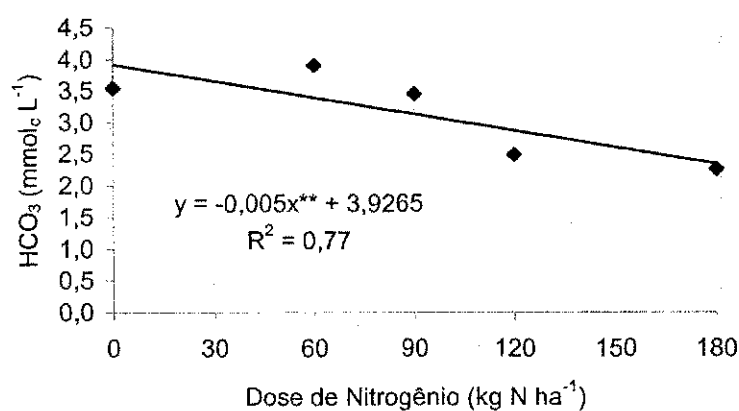


Figura 4.15: Relação entre as doses de nitrogênio e o bicarbonato do solo.

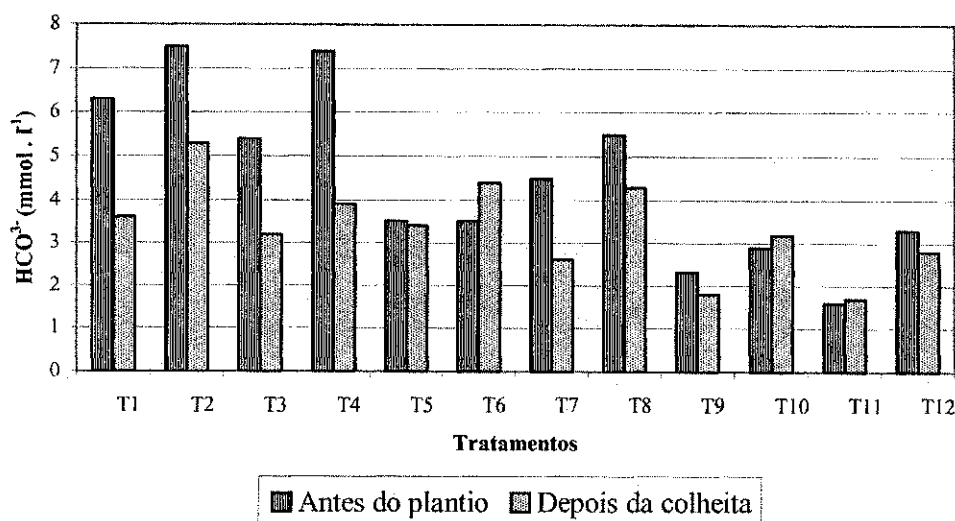


Figura 4.16: Bicarbonato do solo por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

Nas Tabelas 4.14, 4.15 e 4.16 encontram-se respectivamente o resumo da ANOVA, os valores médios e o resumo das análises de regressão dos elementos condutividade elétrica, razão de adsorção de sódio e percentagem de sódio trocável do solo sob efeito residual de adubação nitrogenada e dois tipos de água de irrigação.

Tabela 4.14: Resumo das análises de variâncias, referentes as variáveis: condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST) do solo sob efeito de adubação nitrogenada do plantio anterior e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		CE ¹ (dS/m)	RAS ¹ (mmol/l) ^{0,5}	PST ¹ (%)
Dose (DN)	4	0,04*	0,22**	0,39**
Água (TA)	1	0,20**	1,39**	2,77**
DN x TA	4	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	0,00 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Tratamentos	11	0,04*	0,23**	0,42**
Blocos	3	0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Resíduo	33	0,02	0,04	0,06
CV(%)		13,83	11,21	14,58

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

Tabela 4.15: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) para as variáveis: condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST). Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	CE ¹ (dS/m)	RAS ¹ (mmol/l) ^{0,5}	PST ¹ (%)
Dose de Nitrogênio (DN)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	0,78b	1,49b	1,42b
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	0,97a	1,94a	2,01a
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	0,87a	1,72a	1,72a
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	0,89a	1,80a	1,83a
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	0,90a	1,65ab	1,63ab
Dms	0,18	0,28	0,36
Tipo de água (TA)			
TA ₁ (água de abastecimento)	0,81b	1,53b	1,46b
TA ₂ (água residuária)	0,95a	1,91a	1,99a
Dms	0,08	0,12	0,16
Testemunhas (T)			
T ₁ (água de abastecimento)	0,88a	1,65a	1,63a
T ₂ (água residuária)	0,92a	1,805a	1,84a
Dms	0,18	0,28	0,36

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

Tabela 4.16: Resumo das análises de regressão, referente as variáveis: condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio do plantio anterior e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variância	GL	Quadrado médio		
		CE (dS/m)	RAS (mmol/l) ^{0,5}	PST (%)
Dose de Nitrogênio (DN)	4	0,07 ^{ns}	1,35*	2,37*
Regressão Linear	1	0,03 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,05 ^{ns}	2,73**	4,71**
Regressão Cúbica	1	0,12 ^{ns}	0,87 ^{ns}	1,51 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	0,06 ^{ns}	1,74*	3,19*
Resíduo	12	0,04	0,27	0,49

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

4.1.2.2.2.5 Condutividade elétrica (CE)

As doses de nitrogênio e os tratamentos exerceram influência significativa sobre a condutividade elétrica do solo em nível de 5%, e o tipo de água utilizado na irrigação influenciou na condutividade elétrica do solo em nível de 1% (Tabela 4.14). As doses de 60, 90, 120 e 180kgN/ha não diferiram entre si sobre o efeito causado na CE do meio edáfico.

Pela Figura 4.17 observa-se que a água residuária tratada contribuiu para o incremento da condutividade elétrica do solo, tendo em vista que o seu valor nessa água foi 1,5 dS/m, o dobro da encontrada na água de abastecimento, porém considerado baixo, embora seja aconselhável o

monitoramento do meio edáfico quando se cultiva plantas com elevado nível de tolerância a sais, como é o caso do milho forrageiro e do algodão herbáceo (FAGERIA E GHEYI, 1997). Comparando-se os tratamentos com mesma dose de nitrogênio verifica-se que a condutividade elétrica no solo foi maior nos que receberam água residuária tratada. Com o aumento das doses de nitrogênio houve decréscimo da condutividade elétrica nos tratamentos que receberam água de abastecimento, o mesmo ocorrendo para os tratamentos que receberam água residuária tratada, a partir da dose de 120kgN/ha. A condutividade elétrica do solo caiu ao final do cultivo em todos os tratamentos.

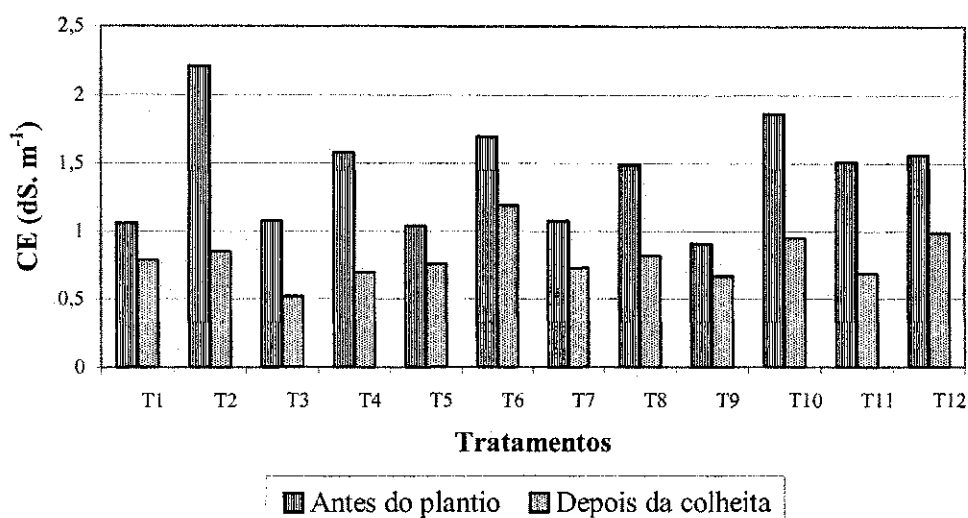


Figura 4.17: Condutividade elétrica do solo por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.6 Razão de Adsorção do Sódio (RAS)

A capacidade de infiltração de um solo cresce com o aumento da sua salinidade e decresce com o aumento da razão de adsorção do sódio (BERNARDO, 1998). A diminuição da infiltração está frequentemente relacionada ao problema de sodicidade do solo. De acordo com LIMA (1996), a sodicidade refere-se à elevada atividade do íon sódio, em relação aos íons cálcio e magnésio.

As doses de nitrogênio, o tipo de água utilizado na irrigação e os tratamentos exerceram efeito significativo sobre a RAS do solo. (Tabela 4.14). Ao comparar-se os tratamentos que receberam mesma dose de nitrogênio entre si, verifica-se que aqueles irrigados com água residuária tratada foram os que apresentaram maior RAS no solo (Tabela 4.15 e Figura 4.19). Pelos resultados das médias dos valores (Tabela 4.15) pode-se afirmar que as doses de 60, 90 e

120kgN/ha não diferiram entre si sobre o efeito causado na RAS do solo, mas as doses de 0 e 180kgN/ha diferiram entre si, com a dose maior de nitrogênio contribuindo mais para a RAS. Pela Tabela de análise de regressão (Tabela 4.16) observa-se que o modelo que melhor representou o comportamento da RAS face as doses de nitrogênio foi o modelo quadrático (Figura 4.18).

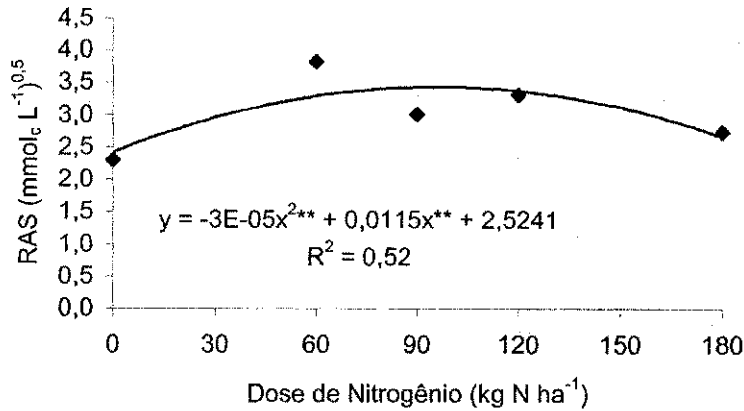


Figura 4.18: Relação entre a RAS do solo e as doses de nitrogênio.

Comparando-se os tratamentos com mesma dose de nitrogênio entre si (Figura 4.19), observa-se a RAS foi maior naqueles tratamentos que receberam água residuária, e que houve diminuição da RAS ao final do cultivo do milho em todos os tratamentos, portanto na área experimental, podendo-se inferir, conforme BERNARDO (1995), que este fato promoveu uma diminuição da capacidade de infiltração da água no solo.

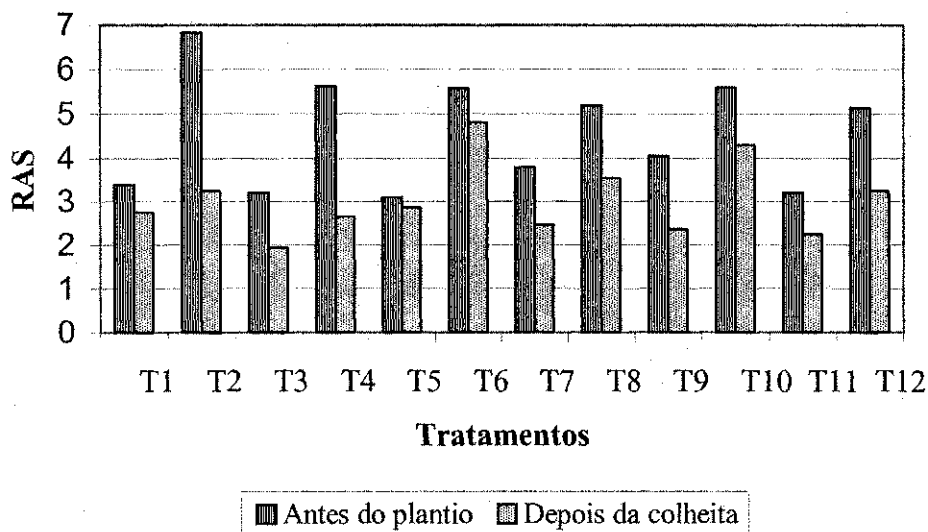


Figura 4.19: Razão de adsorção de sódio do solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.2.7 Percentagem de Sódio Trocável (PST)

Analisando os dados da Tabela 4.14 verifica-se efeito significativo em nível de 1% para a dose de nitrogênio, o tipo de água e para os tratamentos sobre a PST do solo. Pelos resultados fornecidos na Tabela 4.15 verifica-se que as doses de 60, 90 e 120kgN/ha, não diferiram entre si sobre o efeito na PST do solo, mas houve diferença significativa entre as doses de 0 e 180kgN/ha, ficando evidente que as maiores doses promoveram maior efeito sobre a PST do meio edáfico e que as águas utilizadas na irrigação influenciaram de forma diferente também. Nos tratamentos que receberam água residuária tratada a PST foi maior do que naqueles que receberam água de abastecimento.

O modelo que melhor representou a influência das doses de nitrogênio sobre a PST do solo foi o quadrático (Tabela 4.16 e Figura 4.20).

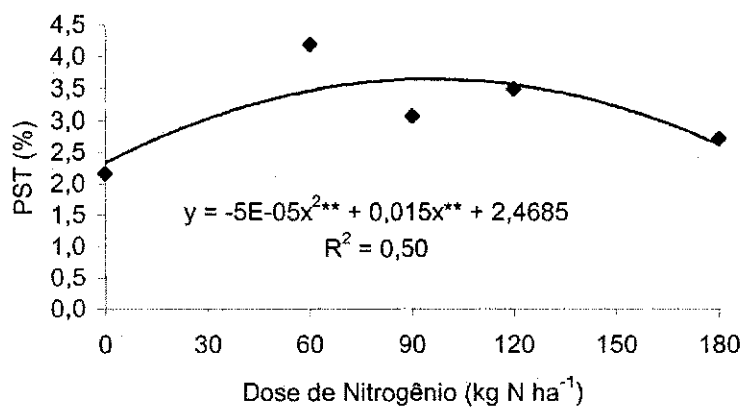


Figura 4.20: Curva representativa da influência das doses de nitrogênio sobre o PST no solo.

De acordo com os resultados das médias de cada tratamento (Figura 4.21), houve queda da PST do solo ao final do cultivo do milho em todos os tratamentos.

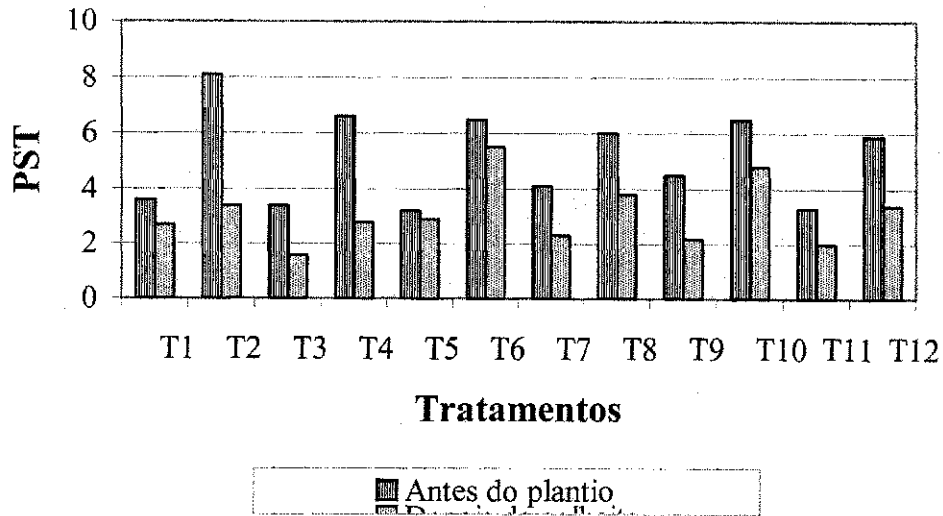


Figura 4.21: Percentagem de sódio trocável do solo por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.3 Metais pesados e micronutrientes

As principais fontes de metais pesados são os efluentes industriais e os lodos. Os metais pesados encontram-se no efluente de esgotos tanto nos sólidos suspensos como na fração líquida. Os que se associam aos sólidos suspensos acumulam-se na superfície do solo, ao passo que os metais pesados associados à fração líquida penetram no solo (FEIGIN et al., 1991). A presença de matéria orgânica do solo tem afetado grandemente a solubilidade dos metais pesados (McBRIDE, 1989). Na infiltração e na percolação, os metais pesados são retidos pela maioria dos solos, principalmente quando ricos em matéria orgânica e pH maior que 7,0. Entretanto quando o pH do solo é muito reduzido, o solo não tem capacidade de retê-los e, por lixiviação, acabam sendo encaminhados ao lençol freático e aos corpos d'água, podendo tornar-se tóxicos. Alguns desses elementos, porém são necessários ao crescimento de diversas variedades de plantas, sendo tóxicos quando se encontram em níveis elevados ou quando dosagens baixas são constantes, porque seu efeito torna-se acumulativo (PESCOD & ALKA, 1984).

Nas Tabelas 4.17 e 4.18 encontram-se respectivamente, os resultados da ANOVA e dos valores médios dos elementos boro, ferro, cobre, manganês, zinco, níquel e chumbo do solo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água. Na Tabela 4.39 estão os resultados das análises de regressão para os elementos zinco e níquel.

Tabela 4.17: Resumo das análises de variância, referentes as variáveis: boro (B), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), níquel (Ni) e chumbo (Pb) do solo sob efeito de adubação nitrogenada do plantio anterior e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	GL	Quadrado médio						
		B ² (mg/kg)	Fe ¹ (mg/kg)	Cu ¹ (mg/kg)	Mn ¹ (mg/kg)	Zn ¹ (mg/kg)	Ni ² (mg/l)	Pb ¹ (mg/l)
Dose (DN)	4	0,17 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,04*	0,07*	0,17 ^{ns}
Água (TA)	1	0,47*	0,09 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}
DN x TA	4	0,18 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,01 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,63 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	0,01 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,72 ^{ns}	0,11**	0,11*	0,29 ^{ns}
Tratamentos	11	0,17*	0,27 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,03**	0,05*	0,16 ^{ns}
Blocos	3	0,03 ^{ns}	64,75**	0,36**	35,70**	0,27**	0,46**	2,03**
Resíduo	33	0,08	0,22	0,02	0,88	0,01	0,02	0,13
CV(%)		23,08	11,52	12,91	22,24	10,94	11,48	20,01

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F; ¹ Dados transformados em \sqrt{x} ; ² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Tabela 4.18: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN) e tipo de água (TA) e testemunhas (T) para as variáveis: boro (B), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), níquel (Ni) e chumbo (Pb). Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	B ² (mg/kg)	Fe ¹ (mg/kg)	Cu ¹ (mg/kg)	Mn ¹ (mg/kg)	Zn ¹ (mg/kg)	Ni ² (mg/l)	Pb ¹ (mg/l)
Dose de Nitrogênio (DN)							
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	1,09a	3,96a	1,09a	3,84a	0,91a	1,18a	1,83a
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	1,14a	4,02a	1,16a	4,42a	1,00a	1,15a	2,00a
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	1,15a	4,20a	1,08a	4,00a	0,87a	1,21a	1,73a
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	1,14a	4,20a	1,06a	3,76a	0,82b	1,22a	1,67a
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	1,45a	3,78a	1,07a	4,66a	0,89a	1,39b	1,64a
Dms	0,40	0,68	0,20	1,35	0,14	0,20	0,51
Tipo de água (TA)							
TA ₁ (água de abastecimento)	1,07b	4,07a	1,13a	4,05a	0,89a	1,22a	1,75a
TA ₂ (água residuária)	1,30a	3,97a	1,05a	4,22a	0,91a	1,25a	1,80a
Dms	0,18	0,30	0,09	0,60	0,06	0,90	0,23
Testemunhas (T)							
T ₁ (água de abastecimento)	1,19a	4,57a	1,04a	4,17a	0,85b	1,11b	2,01a
T ₂ (água residuária)	1,13a	3,97a	1,18a	5,10a	1,08a	1,35a	1,63a
Dms	0,40	0,67	0,20	1,35	0,14	0,20	0,51

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; ¹ Dados transformados em \sqrt{x} ; ² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Tabela 4.19: Resumo das análises de regressão, referente as variáveis: zinco (Zn) e níquel (Ni) do solo sob efeito de adubação nitrogenada do cultivo anterior, e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variância	GL	Quadrado médio	
		Zn	Ni
Dose de Nitrogênio (DN)	4	0,07*	0,24**
Regressão Linear	1	0,06 ^{ns}	0,68**
Regressão Quadrática	1	0,00 ^{ns}	0,21*
Regressão Cúbica	1	0,19**	0,02 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	0,02 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Resíduo	12	0,02	0,04

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

4.1.2.2.3.1 Boro (B)

Pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.17), o tipo de água de irrigação e os tratamentos exerceram influência significativa sobre o boro no solo. Pelos dados da Tabela 4.18, nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada e água residuária tratada, a concentração desse elemento foi superior quando comparados aos que receberam as mesmas doses e água de abastecimento o que leva a dedução de que mesmo havendo a presença de boro no solo antes do plantio, esse elemento estava presente ou em quantidade superior na água residuária quando comparada à água de abastecimento. Ao final do experimento essa quantidade diminuiu em todos os tratamentos (Figura 4.22).

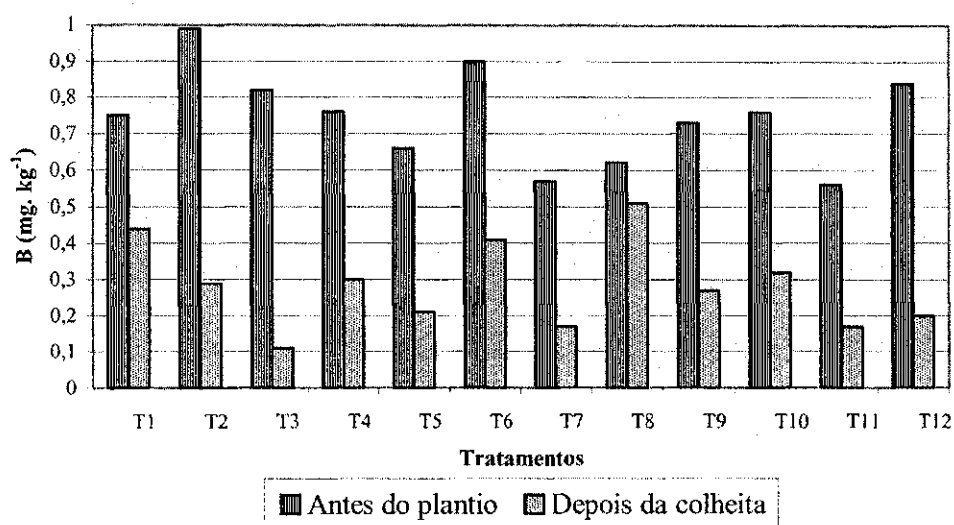


Figura 4.22: Boro do solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.3.2 Ferro (Fe)

Não houve influência de nenhum dos fatores estudados sobre o ferro do solo. Pela Tabela 4.17 observa-se diferença significativa em nível de 1% apenas entre os blocos. Pelas médias das concentrações de ferro por tratamento antes e ao final da colheita (Figura 4.23), esses elementos variaram no solo independentemente dos fatores estudados.

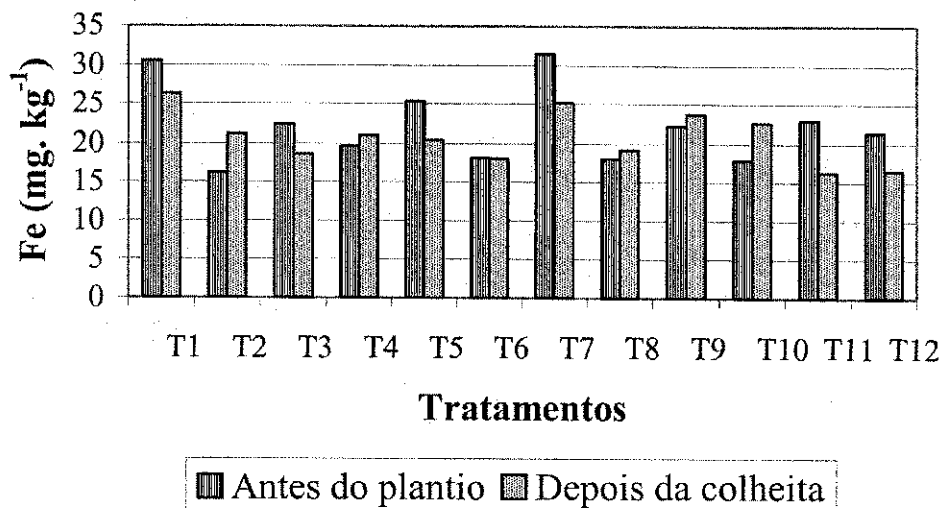


Figura 4.23: Ferro do solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.3.3 Cobre (Cu)

De acordo com a análise de variância ocorreu diferença significativa para o cobre do solo apenas entre os blocos, evidenciando a independência do cobre no solo sobre os fatores estudados daí o fato de haver sido observadas oscilações nas concentrações desse elemento no solo por tratamento antes do plantio e depois do cultivo do milho (Tabela 4.42).

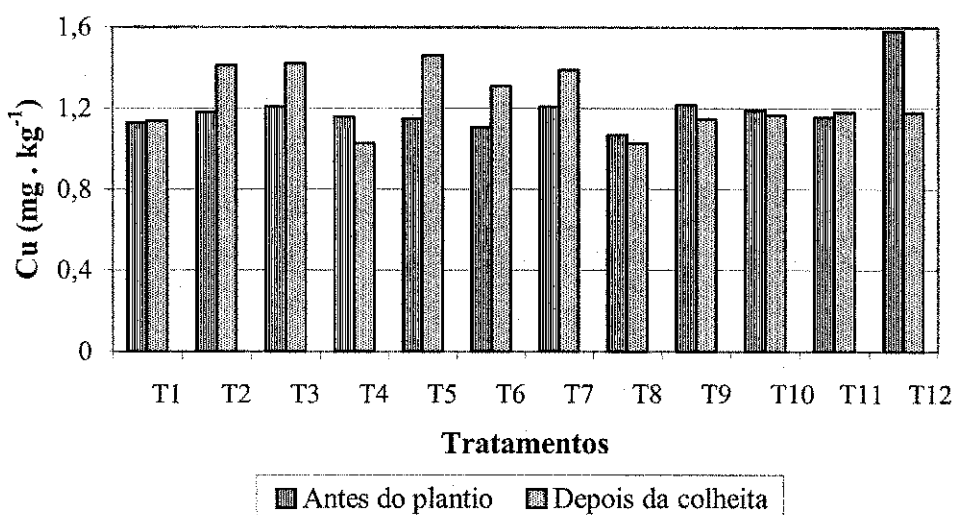


Figura 4.24: cobre do solo por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.3.4 Manganês (Mn)

Pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.17), assim como para o ferro e o cobre, só houve diferença significativa para o manganês do solo entre os blocos, demonstrando este fato, a independência desse elemento, assim como para os dois outros acima citados, dos fatores estudados. Analisando-se os resultados das médias para cada tratamento antes do plantio e ao final da colheita do milho (Figura 4.25), verifica-se que houve queda deste elemento no solo depois do cultivo, exceto para o tratamento T12. AL-JALOUD et al., (1995) também verificaram que os teores de manganês em solos cultivados com milho e irrigados com efluentes de esgoto tratado diminuíram ao final do experimento.

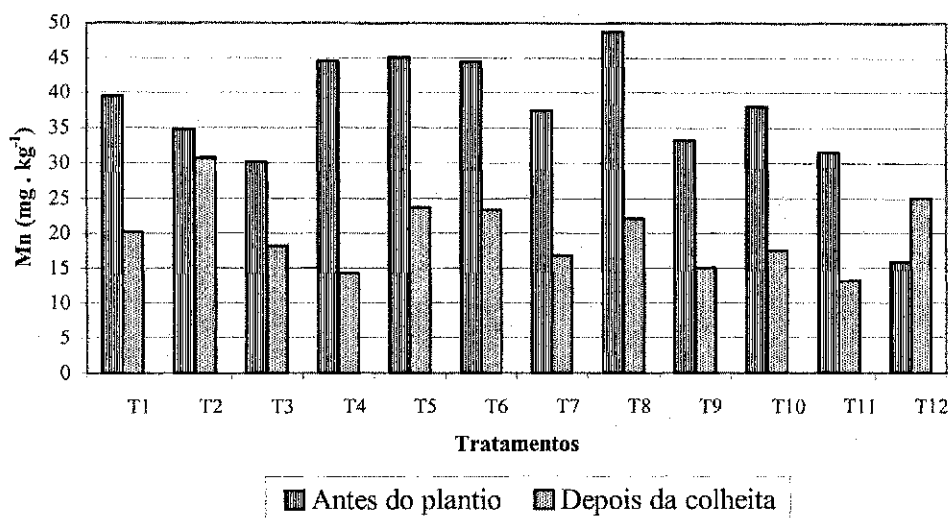


Figura 4.25: Manganês no solo por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.3.5 Zinco (Zn)

De acordo com os resultados da ANOVA (Tabela 4.17) verifica-se que as doses de nitrogênio exerceram influência sobre o zinco do solo. Houve efeito significativo em nível de 1% entre testemunhas, tratamentos e blocos. Pela Tabela dos valores médios (Tabela 4.18) observa-se que a testemunha T2 (água residuária tratada) contribuiu mais do que a testemunha T1 (água de abastecimento) para uma maior concentração de zinco no solo. As doses de nitrogênio de 0, 60, 90 e 180, não apresentaram diferença significativa sobre o zinco do solo, sendo a dose de 120kgN/ha, a que menor influência causou sobre esse elemento no meio edáfico.

O modelo que melhor representou a influência das doses de nitrogênio sobre o zinco no solo foi o cúbico (Tabela 4.19 e Figura 4.26).

Comparando-se as médias das concentrações de zinco por tratamento, antes do plantio e ao final da colheita (Figura 4.27), observa-se que o nível desse elemento no solo decresceu após o cultivo do milho, o que também foi observado por AL-JALOUD et al., (1995) quando plantou milho e irrigou com efluente de esgoto tratado.

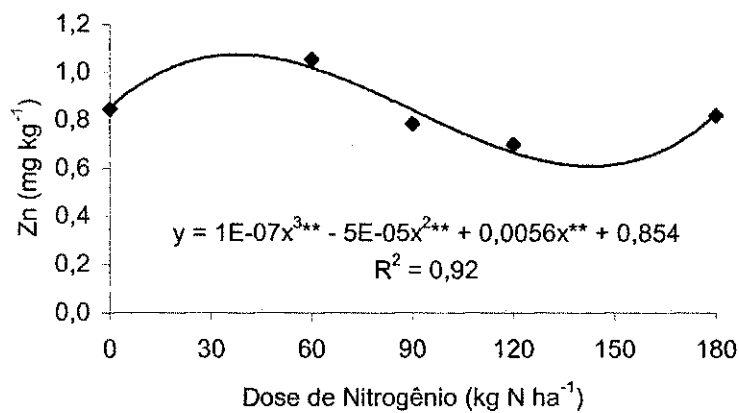


Figura 4.26: Relação entre as doses de nitrogênio e o zinco no solo.

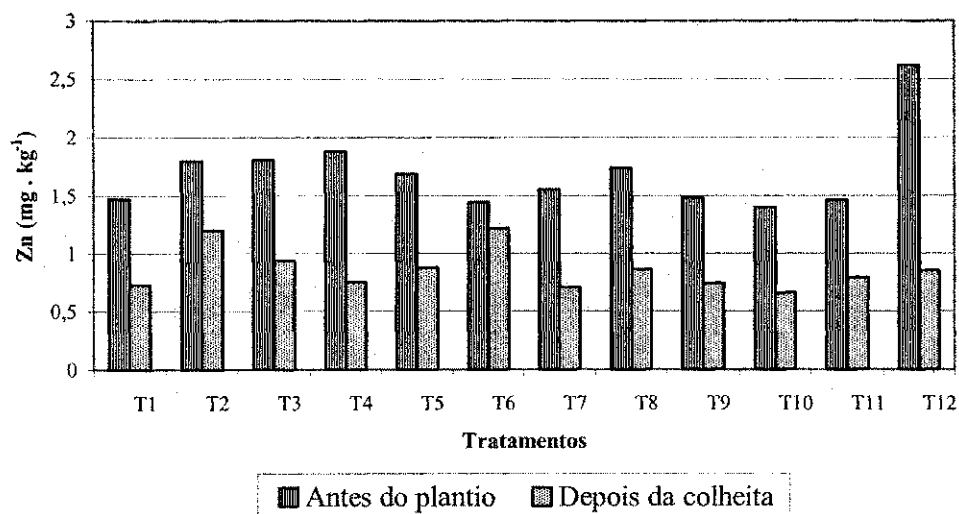


Figura 4.27: Concentração de zinco no solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.3.6 Níquel (Ni)

As doses de nitrogênio exerceram efeito significativo sobre o níquel do solo. Houve efeito em nível de 5%, entre as testemunhas e entre os tratamentos e em nível de 1% entre os blocos sobre o níquel (Tabela 4.17). Pelos resultados da Tabela 4.18, entre as testemunhas, a água residuária foi a que mais contribuiu para a presença desse elemento no solo, em relação a água de abastecimento. As doses de nitrogênio de 0, 60, 90 e 120kgN/ha não apresentaram diferenças significativa entre si sobre a concentração de níquel no solo, tendo a dose de 180kgN/ha sido a que mais contribuiu para a presença desse elemento no solo da área experimental. A influência das doses de nitrogênio sobre o níquel no solo foi melhor representada pelo modelo quadrático (Tabela 4.19 e Figura 4.28).

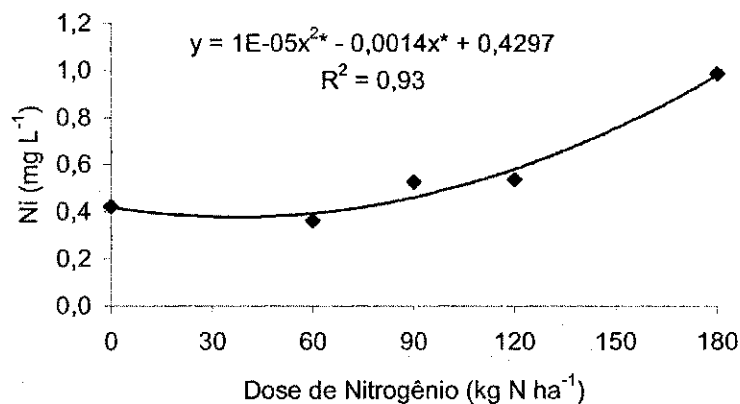


Figura 4.28: Curva representativa da relação entre as doses de nitrogênio e o níquel do solo.

Houve queda do teor de níquel no solo ao final da colheita (Figura 4.29), para os tratamentos que receberam água de abastecimento, excetuando-se os tratamentos T5 e T11; e aumento desses teores nos tratamentos que receberam água residuária, a exceção do tratamento T6 que teve a concentração de níquel diminuída, porém AL-JALOUD et al. (1995) verificaram, em solos cultivados com milho e irrigados com efluentes de esgoto tratado que o teor de níquel no solo não foi alterado.

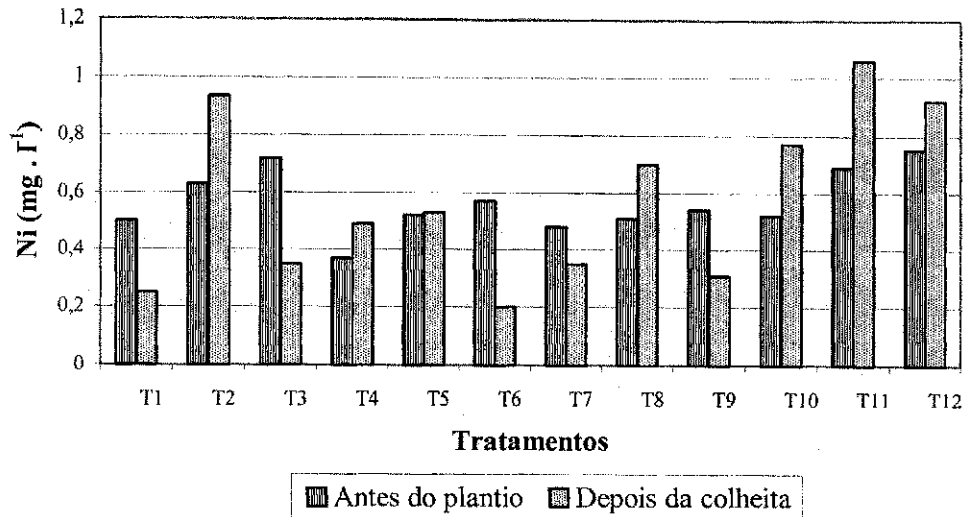


Figura 4.29: Concentração de níquel no solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.3.7 Chumbo (Pb)

O chumbo é altamente tóxico as plantas e ao homem. A maior parte do chumbo presente no solo permanece nos primeiros 15cm de profundidade, podendo um pequeno percentual lixiviar de forma lenta e a profundidades não significativas (PAGE et al., 1981 apud MIRANDA, 1995).

Através dos resultados obtidos com a ANOVA (Tabela 4.17) verifica-se efeito significativo em nível de 1% apenas entre os blocos para o chumbo no solo o que demonstra a independência da presença desse elemento no solo dos fatores estudados.

Houve aumento da concentração desse elemento ao final do experimento em todos os tratamentos (Figura 4.30). Segundo FONSECA (2001), o aumento de metais pesados no solo pela disposição de efluentes tratados por lagoas de estabilização não é fato tão preocupante, pois de acordo com BOUWER E CHANEY (1994), seria necessário um século de irrigação com EET para que os teores de metais pesados atingissem valores equivalente àqueles encontrados em um solo que recebeu aplicação de biossólido por apenas um ano. Evidentemente isso é variável em função da taxa de aplicação e da qualidade do biossólido.

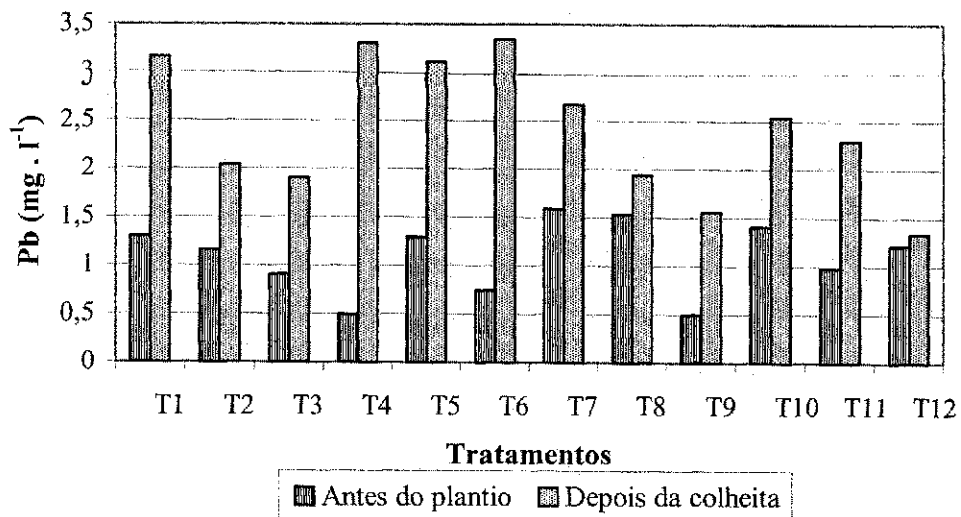


Figura 4.30: Concentração de chumbo no solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do milho.

4.1.2.2.4 Microbiologia

Os períodos de sobrevivência das bactérias variam de solo para solo, mas em geral, são mais longos em solos mantidos sob condições de baixa temperatura e umidade relativamente elevada. Em geral os coliformes fecais sobrevivem por apenas 10 semanas, com 90% de redução ocorrendo entre duas a três semanas. Entretanto, sob condições de umidade e baixa temperatura, alguns podem sobreviver por vários meses. Já em condições de elevada temperatura e de solo bem drenado, a eliminação completa de coliformes fecais ocorre em duas semanas (PAGANINI, 2003).

Nas Tabelas 4.20 e 4.21 encontram-se os resultados da ANOVA e os valores médios para os coliformes totais (CF), coliformes fecais (CF) e *Escherichia coli* (EC) do solo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água.

Pelos resultados da Tabela 4.20 verifica-se que não houve efeitos significativos de nenhum dos fatores estudados sobre os coliformes totais, coliformes fecais e *Escherichia coli* do solo. De acordo com FERREIRA (2003), o solo já apresentava antes da instalação do experimento, alta concentração de coliformes termotolerantes e a presença de *Escherichia coli*, bactéria do trato intestinal de animais homeotérmicos, o que mostra que em parte a contaminação do solo teve como fonte material de origem fecal. E ao final do experimento observou que praticamente não houve alterações nas concentrações, tanto com a aplicação de água de abastecimento como de água residuária, denotando que havia manutenção contínua da contaminação por fontes externas. O fato de não ter havido diferenças significativas

principalmente para o tipo de água utilizado na irrigação pode ser devido a proximidade entre as parcelas e a declividade natural do terreno, o que facilita o escoamento e infiltração da lâmina de água disponibilizada em uma parcela superior para a imediatamente inferior. Através da observação do layout da distribuição dos tratamentos nos blocos experimentais (Figura 3.21) verifica-se que nos blocos 2, 3 e 4 as parcelas das partes mais altas da área experimental receberam irrigação com água residuária, propiciando a contaminação das parcelas das partes inferiores.

Tabela 4.20: Resumo das análises de variância, referentes as variáveis: coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) e *Escherichia coli* (EC) do solo sob efeito de adubação nitrogenada do cultivo anterior e irrigação com dois tipos de água (abastecimento e residuária tratada). Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		CT ¹ (NMP/100ml)	CF ¹ (NMP/100ml)	EC ¹ (NMP/100ml)
Dose (DN)	4	1,36 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1,01 ^{ns}
Água (TA)	1	0,25 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,62 ^{ns}
DN x TA	4	4,88 ^{ns}	2,84 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Testemunha x Fatorial	1	0,64 ^{ns}	3,27 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Entre testemunhas	1	0,00 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,44 ^{ns}
Tratamentos	11	2,35 ^{ns}	1,67 ^{ns}	0,53 ^{ns}
Blocos	3	3,94 ^{ns}	2,29 ^{ns}	0,37 ^{ns}
Resíduo	33	4,41	4,01	0,50
CV(%)		19,14	19,47	12,66

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em ln; ² Dados transformados em ln + 100

Tabela 4.21: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio residual (DN) e tipo de água (TA) para as variáveis coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) e *Escherichia coli* (EC) do solo sob efeito de adubação nitrogenada do plantio anterior e irrigação com dois tipos de água (abastecimento e residuária tratada). Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	CT ¹ (NMP/100ml)	CF ¹ (NMP/100ml)	EC ¹ (NMP/100ml)
Dose de Nitrogênio (DN)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	11,15a	10,85a	6,23a
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	10,92a	10,62a	5,62a
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	10,96a	10,32a	5,47a
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	11,62a	10,17a	5,39a
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	10,48a	10,07a	5,39a
Dms	3,03	2,89	1,02
Tipo de água (TA)			
TA ₁ (água de abastecimento)	10,95a	10,36a	5,49a
TA ₂ (água residuária)	11,11a	10,45a	5,74a
Dms	1,35	1,29	0,46
Testemunhas (T)			
T ₁ (água de abastecimento)	10,74a	9,90a	5,30a
T ₂ (água residuária)	10,70a	9,51a	5,77a
Dms	3,02	2,88	1,02

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em ln; ² Dados transformados em ln + 100

Analisando-se a Tabela 4.21 verifica-se que houve diferença entre as médias de cada tratamento para os coliformes do solo e que ao se comparar os tratamentos entre si, observa-se que até a dose de 60kgN/ha (T5), aqueles que receberam água residuária tratada mostraram uma concentração maior de coliformes do que aqueles que receberam água de abastecimento. A partir da dose de 90kgN/ha (T7), ocorreu o inverso.

Nas Figuras 4.31 e 4.32 e 4.33 encontram-se as médias das concentrações de coliformes totais e fecais no solo para cada tratamento ao final do cultivo do milho.

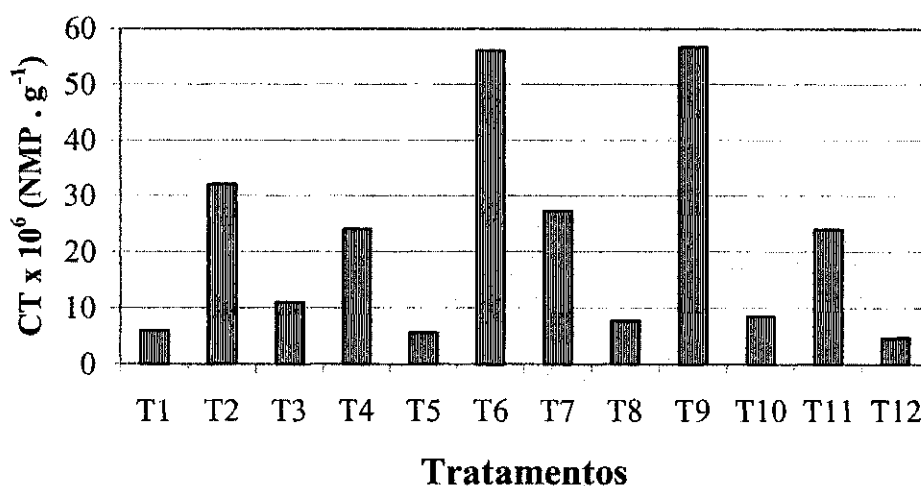


Figura 4.31: Concentração de coliformes totais, por tratamento, depois da colheita do milho.

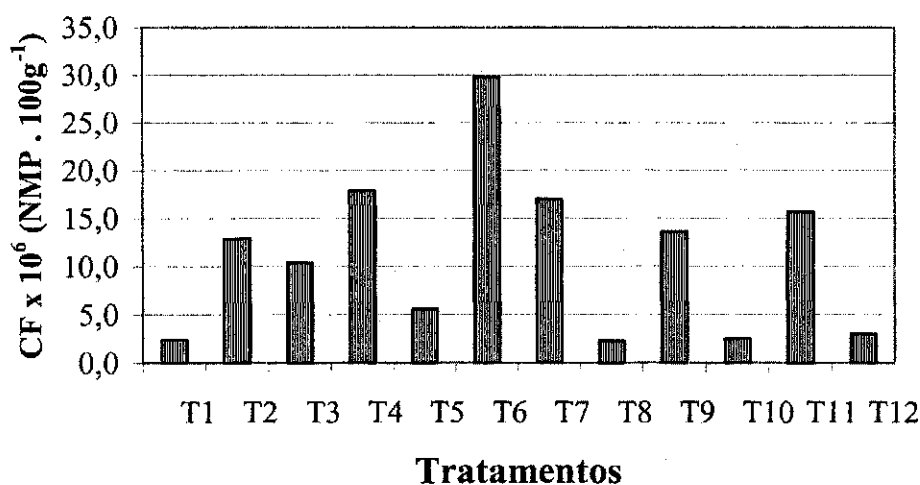


Figura 4.32: Concentração de coliformes fecais, por tratamento, depois da colheita do milho.

Pela Figura 4.33, comparando-se os tratamentos com mesma dose de nitrogênio, entre si, observa-se que aqueles que receberam água residuária tratada apresentaram uma concentração de *Escherichia coli* superior a dos que receberam água de abastecimento, excetuando-se os tratamentos T3 e T9, que receberam água de abastecimento e tiveram uma concentração maior de *E. coli* do que os que receberam água de abastecimento com mesma dose de nitrogênio.

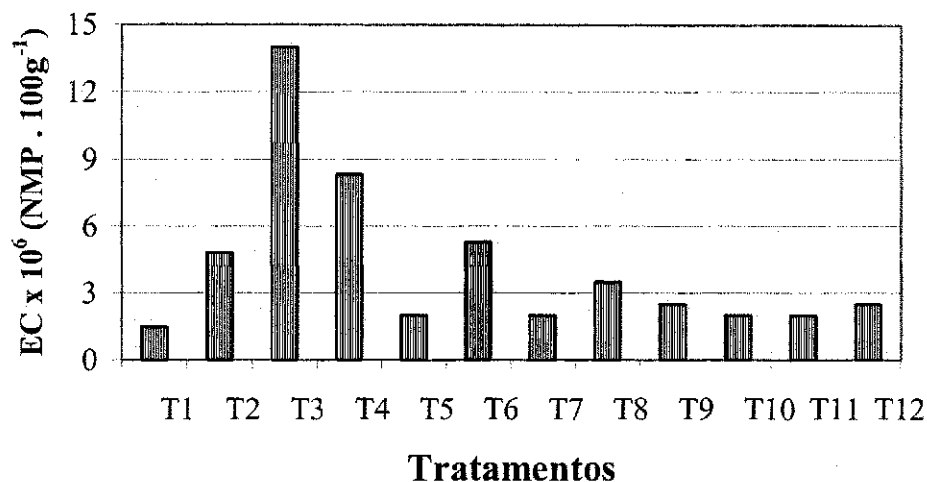


Figura 4.33: *Escherichia coli* do solo, por tratamento, depois a colheita do milho.

4.1.3 PLANTA

4.1.3.1 ANÁLISE DE CRESCIMENTO NÃO DESTRUTIVA

4.1.3.1.1 Diâmetro caulinar

Nas Tabelas 4.22, 4.23 e 4.24 encontram-se, respectivamente, os resumos da ANOVA, para os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN) e tipo de água (TA) e análises de regressão para o diâmetro caulinar das plantas do milho.

Tabela 4.22: Resumo das análises de variância, referente ao diâmetro caulinar das plantas do milho aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) sob efeito de adubação nitrogenada no plantio anterior e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	GL	Quadrado médio				
		Diâmetro 20 DAS	Diâmetro 40 DAS	Diâmetro 60 DAS	Diâmetro 80 DAS	Diâmetro 100 DAS
Dose (DN)	4	0,20 ^{ns}	10,98*	26,81**	19,61**	16,32**
Água (TA)	1	7,23*	146,69**	187,06**	118,34**	150,93**
DN x TA	4	0,50 ^{ns}	12,72*	8,13 ^{ns}	3,12 ^{ns}	2,31 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,16 ^{ns}	10,17 ^{ns}	14,90 ^{ns}	24,58**	22,02*
Entre Testemunhas	1	5,78*	70,81**	43,71**	43,25**	24,50**
Tratamentos	11	1,45 ^{ns}	29,31**	35,04**	25,18**	24,72**
Blocos	3	5,38**	84,33**	2,91 ^{ns}	1,54 ^{ns}	2,66 ^{ns}
Resíduo	33	1,20	3,36	4,57	2,23	3,19
CV(%)		14,29	9,75	10,40	7,01	8,40

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

Tabela 4.23: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) para o diâmetro caulinar aos 20, 60, 80 e 100 DAS. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	Diâmetro	Diâmetro	Diâmetro	Diâmetro
	20 DAS (mm)	60 DAS (mm)	80 DAS (mm)	100 DAS (mm)
Dose de Nitrogênio (DN)				
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	7,70a	20,48b	21,23b	19,85b
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	7,70a	20,98ab	21,88ab	21,20ab
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	7,55a	20,21b	21,39b	21,95ab
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	7,96a	23,70a	24,04a	21,1b
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	7,61a	18,68b	19,70b	23,74a
Dms	1,58	3,08	2,16	2,57
Tipo de água (TA)				
TA ₁ (água de abastecimento)	7,28b	18,65b	19,93b	19,63b
TA ₂ (água residuária)	8,13a	22,97a	23,37a	23,51a
Dms	0,71	1,38	0,96	1,15
Testemunhas (T)				
T ₁ (água de abastecimento)	6,70b	16,98b	17,40b	18,00b
T ₂ (água residuária)	8,40a	21,65a	22,05a	21,50a
Dms	1,58	3,08	2,15	2,57

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4.24: Resumo das análises de regressão, referente o diâmetro do caule aos 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) do milho sob efeito de diferentes doses de nitrogênio do plantio anterior e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variância	GL	Quadrado médio		
		60 DAS	80 DAS	100 DAS
Dose de Nitrogênio (DN)	4	13,41*	9,81**	8,16 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,31 ^{ns}	0,31 ^{ns}	23,56**
Regressão Quadrática	1	13,21 ^{ns}	13,32*	0,28 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	21,03*	13,69*	6,68 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	19,08*	11,90*	2,12 ^{ns}
Resíduo	12	3,67	1,69	2,54

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

O diâmetro caulinar das plantas do milho aos 20DAS foi afetado pelo tipo de água de irrigação utilizada, havendo também diferença significativa entre as testemunhas em nível de 5% (Tabela 4.22) e em nível de 1% entre os blocos. Comparando-se o efeito dos dois tipos de água de irrigação, observa-se através da Tabela 4.25 que o diâmetro das plantas aos 20 DAS foi maior quando estas receberam irrigação com água residuária tratada.

Tabela 4.25: Médias dos diâmetros caulinares (mm) das plantas de milho, por tratamento, aos 20 DAS. Campina Grande - PB, 2003.

Tratamentos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Doses de N	0	0	0	0	60	60	90	90	120	120	180	180
TA	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
Diâmetro	6,9	8,4	6,7	8,4	7,3	8,2	7,2	8,3	7,4	7,8	7,8	8,2

A1: água de abastecimento; A2: Água residuária tratada

Sobre o diâmetro das plantas aos 40 DAS, houve efeito significativo das doses de nitrogênio, tendo a significância do contraste DN x TA sido em nível de 5%; em menor percentual, 1%, sofreu efeito do tipo de água utilizado, havendo ainda diferenças significativas no mesmo percentual entre as testemunhas, entre os tratamentos e entre os blocos (Tabela 4.22). Pela Tabela 4.25 observa-se que os diâmetros caulinares das plantas irrigadas com água residuária tratada foram superiores aos diâmetros daquelas irrigadas com água de abastecimento.

Tabela 4.26: Desdobramento do contraste (DN x TA) para o diâmetro do caule das plantas do milho aos 40 dias após semeadura (DAS) sob efeito de adubação nitrogenada do solo, realizada no experimento anterior, e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	Quadrado médio
	40 DAS
DN em água de abastecimento (TA₁)	
Dose de Nitrogênio (DN)	22,85*
Regressão Linear	0,23 ^{ns}
Regressão Quadrática	8,64 ^{ns}
Regressão Cúbica	74,26**
Desvio da Regressão	8,26 ^{ns}
Resíduo	4,87
DN em água residuária (TA₂)	
Dose de nitrogênio	0,85 ^{ns}
Regressão Linear	0,26 ^{ns}
Regressão Quadrática	0,23 ^{ns}
Regressão Cúbica	0,60 ^{ns}
Desvio da Regressão	2,32 ^{ns}
Resíduo	2,16

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

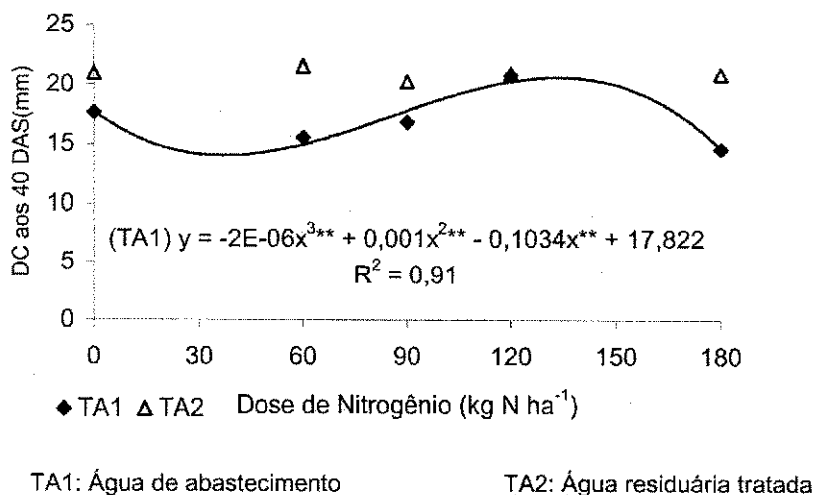


Figura 4.34: Relação do contraste DN x TA e o diâmetro caulinar das plantas do milho aos 40 DAS.

Pelos resultados da Tabela 4.26 o contraste DN x TA foi influenciado apenas pela água de abastecimento. O modelo que melhor se ajustou e explicou o efeito sobre o diâmetro caulinar das plantas do milho aos 40 DAS foi o cúbico (Figura 4.34).

Na Tabela 4.27 encontram-se os resultados do desdobramento contraste DN x TA para o diâmetro caulinar das plantas aos 40 DAS. Os resultados mostram que para todas as doses de nitrogênio aplicadas, houve diferença significativa para o tipo de água utilizado na irrigação sobre os diâmetros das plantas, tendo as plantas submetidas aos tratamentos que receberam água residuária tratada, apresentado maiores diâmetros do que aquelas que receberam mesmas doses de nitrogênio e água de abastecimento.

O diâmetro caulinar das plantas aos 60 DAS foi afetado pela adubação nitrogenada e pelo tipo de água de irrigação, havendo diferença significativa em nível de 1% entre as testemunhas e entre os tratamentos (Tabela 4.22). De acordo com a tabela dos valores médios (Tabela 4.23) verifica-se a superioridade da água residuária tratada, quando comparada à água de abastecimento, sobre o diâmetro caulinar das plantas do milho. As doses de 0, 90 e 180kgN/ha não diferiram entre si; já as doses de 60 e 120kgN/ha diferiram, tendo sido a dose de 120kgN/ha a que melhor contribuiu para o diâmetro caulinar da planta aos 60 DAS. O modelo que melhor representou a influência das doses de nitrogênio sobre o diâmetro das plantas foi, de acordo com a análise de regressão (Tabela 4.24), o cúbico (Figura 4.35).

Tabela 4.27: Médias do desdobramento do contraste (DN x TA) para o diâmetro do caule aos 40 dias após semeadura (DAS) do milho sob efeito de diferentes doses de nitrogênio (Ferreira, 2003) e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	40 DAS (mm)
DN dentro de TA₁ (água de abastecimento)	
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	17,65
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	15,53
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	16,85
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	20,83
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	14,63
DN dentro de TA₂ (água residuária)	
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	21,00
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	21,55
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	20,25
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	20,90
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	20,93
TA dentro de DN₁ (0 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	17,65b
TA ₂ (água residuária)	21,00a
TA dentro de DN₂ (60 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	15,53b
TA ₂ (água residuária)	21,55a
TA dentro de DN₃ (90 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	16,85b
TA ₂ (água residuária)	20,25a
TA dentro de DN₄ (120 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	20,83a
TA ₂ (água residuária)	20,90a
TA dentro de DN₅ (180 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	14,63b
TA ₂ (água residuária)	20,93a

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

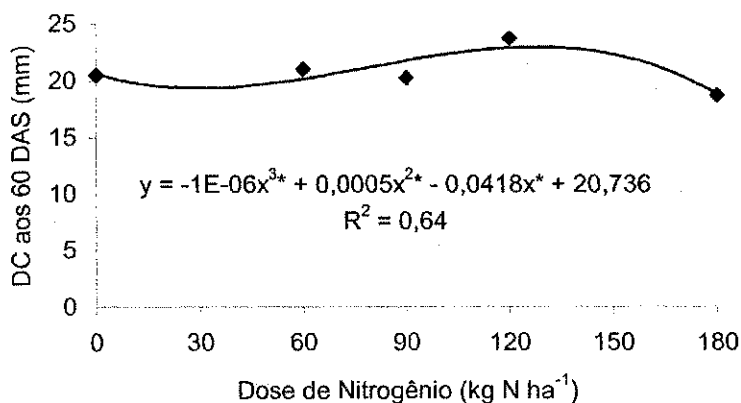


Figura 4.35: Relação entre as doses de nitrogênio e o diâmetro caular das plantas do milho aos 60 DAS.

Os diâmetros dos caules das plantas medidos aos 80 DAS sofreram efeito das doses de nitrogênio e do tipo de água de irrigação, havendo significância em nível de 1% para o contraste

testemunha x fatorial, entre as testemunhas e entre os tratamentos. Observa-se pela Tabela 4.23 que a água residuária tratada utilizada na irrigação contribuiu para que as plantas, sob mesma dosagem de nitrogênio, com elas irrigadas tivessem diâmetro maior do que as irrigadas com água de abastecimento; e que as doses de 0, 90 e 180kgN/ha não diferiram entre si, mas as doses de 60 e 120kgN/ha diferiram e a dose que mais surtiu efeito sobre o diâmetro caulinar, nessas condições, foi a dose de 120kgN/ha. Pelos resultados da Tabela 4.24 verifica-se que o modelo que melhor representou a influência da adubação nitrogenada sobre o diâmetro das plantas aos 80 dias foi o cúbico (Figura 4.36).

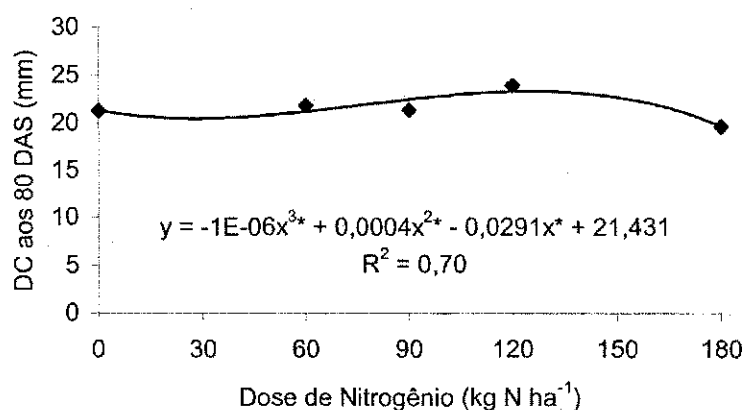


Figura 4.36: Curva representativa do efeito das doses de nitrogênio sobre o diâmetro caulinar das plantas do milho aos 80 DAS.

Os diâmetros caulinares das plantas do milho aos 100 DAS tiveram efeito das doses de nitrogênio e do tipo de água de irrigação, havendo significância em nível de 1% entre as testemunhas e entre os tratamentos. E em nível de 5% para o contraste testemunha x fatorial (Tabela 4.22). Através da Tabela 4.23 verifica-se que nos tratamentos que receberam água residuária tratada os diâmetros foram maiores do que naqueles que foram irrigados com água de abastecimento. As doses de 60 e 90kgN/ha não diferiram entre si e as doses de 0 e 120kgN/ha também não, a melhor dose do ponto de vista do diâmetro caulinar das plantas aos 100 DAS foi porém, a de 180kgN/ha. De acordo com os resultados da Tabela 4.24, o modelo que melhor representou a influência das doses de nitrogênio sobre o diâmetro das plantas do milho aos 100 DAS foi o linear (Figura 4.37).

Na Figura 4.38 é apresentada a evolução dos diâmetros caulinares das plantas a cada 20 dias

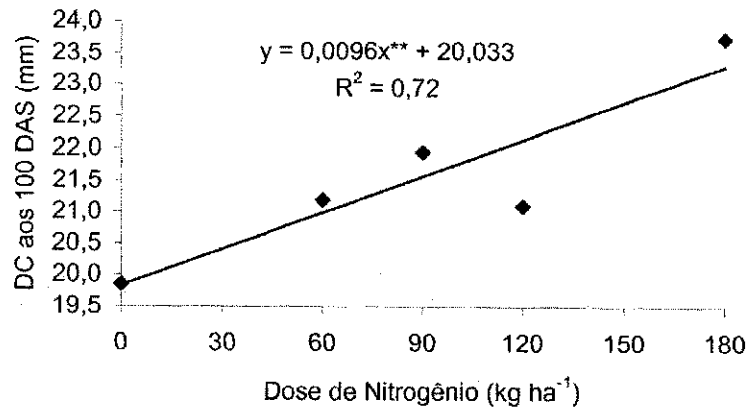


Figura 4.37: Efeito do nitrogênio sobre o diâmetro caulinar das plantas do milho aos 100 DAS.

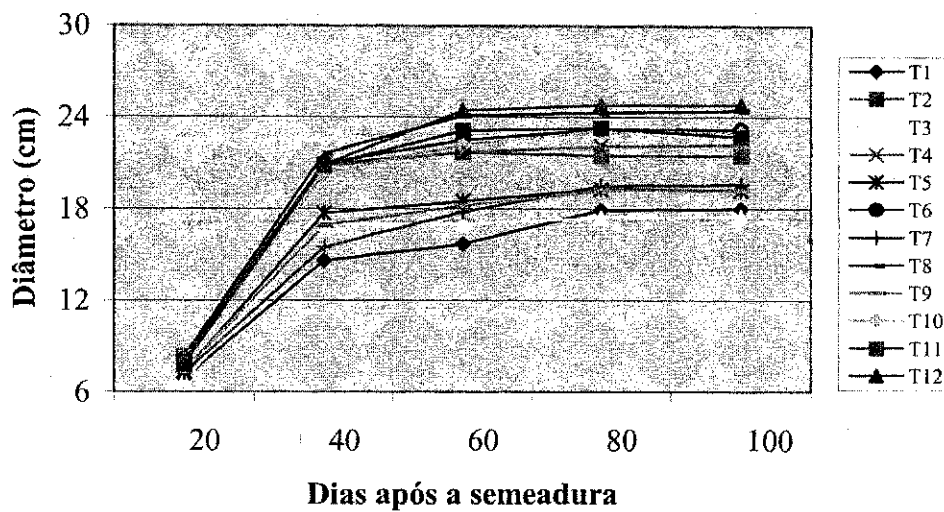


Figura 4.38: Diâmetro caulinar das plantas do milho, por tratamento, aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a semeadura (DAS).

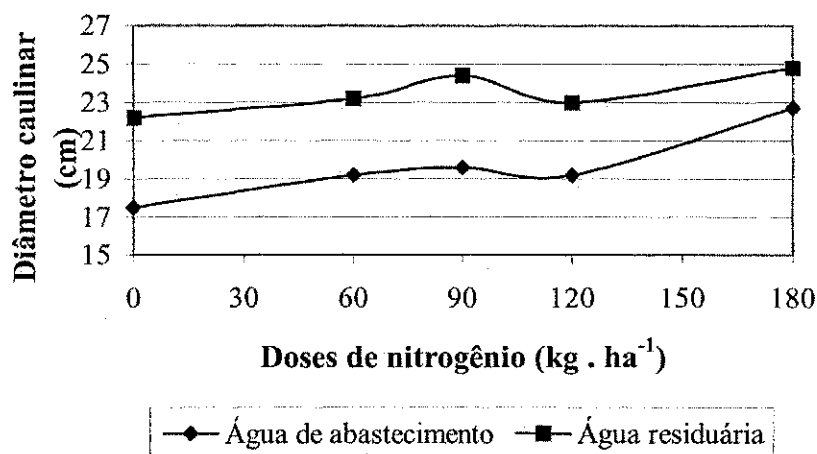


Figura 4.39: Diâmetro caulinar das plantas aos 100 dias após a semeadura (DAS) em função da adubação nitrogenada e do tipo de água de irrigação.

4.1.3.1.2 Altura

Nas Tabelas 4.28 e 4.29 encontram-se o resumo da ANOVA e os valores médios das alturas das plantas do milho, medidas aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a semeadura (DAS).

Tabela 4.28: Resumo das análises de variância, referente a variável altura da planta aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) do milho sob efeito de adubação nitrogenada do plantio anterior e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	GL	Quadrado médio				
		AP 20 DAS (cm)	AP 40 DAS (cm)	AP 60 DAS (cm)	AP 80 DAS (cm)	AP 100 DAS (cm)
Dose (DN)	4	8,33 ^{ns}	169,37 ^{ns}	856,12 ^{ns}	254,61 ^{ns}	467,82 ^{ns}
Água (TA)	1	89,10**	2289,17**	20729,81**	5657,26**	2601,77**
DN x TA	4	3,07 ^{ns}	78,90 ^{ns}	751,10 ^{ns}	292,01 ^{ns}	133,69 ^{ns}
Testemunha x Fatorial	1	8,25 ^{ns}	737,10 ^{ns}	1167,77 ^{ns}	485,93 ^{ns}	103,62 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	2,65 ^{ns}	13,52 ^{ns}	7320,50**	1161,62*	2763,96**
Tratamentos	11	13,24 ^{ns}	366,63**	3240,63**	862,84**	715,95*
Blocos	3	128,70**	932,86**	242,13 ^{ns}	562,32*	163,52 ^{ns}
Resíduo	33	10,30	105,69	379,04	178,79	273,41
CV(%)		14,42	11,95	12,97	7,56	9,39

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

Tabela 4.29: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN) e tipo de água (TA) e testemunhas (T) para a variável altura da planta aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	AP 20 DAS (cm)	AP 40 DAS (cm)	AP 60 DAS (cm)	AP 80 DAS (cm)	AP 100 DAS (cm)
Dose de Nitrogênio (DN)					
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	23,36a	92,05a	158,53a	182,20a	170,35a
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	22,03a	83,80a	147,73a	176,65a	182,80a
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	20,95a	87,25a	154,90a	176,98a	168,35a
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	23,40a	93,00a	163,38a	185,13a	176,28a
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	22,45a	82,98a	136,85a	170,49a	186,00a
Dms	4,63	14,82	28,07	7,56	23,84
Tipo de água (TA)					
TA ₁ (água de abastecimento)	20,95b	80,25b	129,52b	166,40b	168,69b
TA ₂ (água residuária)	23,93a	95,38a	175,05a	190,18a	184,82a
Dms	2,07	6,62	12,53	8,61	10,65
Testemunhas (T)					
T ₁ (água de abastecimento)	20,75a	76,00a	108,80b	157,70b	154,23b
T ₂ (água residuária)	21,90a	78,60a	169,30a	181,80a	191,40a
Dms	4,62	14,80	28,03	19,25	23,80

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Pelos resultados das análises estatísticas as alturas das plantas do milho sofreram influência apenas do tipo de água utilizado na irrigação (Tabela 4.28) tendo sido observado que a

água residuária tratada exerceu maior efeito sobre essa variável do que a água de abastecimento em todos os períodos do monitoramento (Tabela 4.29).

De acordo com os resultados da ANOVA houve significância em nível de 1% entre os blocos para a altura das plantas aos 20 DAS.

Aos 40 DAS observa-se diferença em nível de 1% entre os tratamentos e entre os blocos. Aos 60 DAS houve diferença em nível de 1% entre as testemunhas e os tratamentos e aos 80 DAS observa-se diferença significativa em nível 5% entre as testemunhas e entre os blocos e em 1% para os tratamentos. Aos 100 DAS verifica-se diferença em nível de 1% entre as testemunhas e em 5% entre os tratamentos.

Pela Figura 4.40 onde se encontram as médias de cada tratamento para os quatro blocos (quatro repetições), observa-se que aos 100 DAS houve plantas que chegaram a atingir uma altura de 193,8cm, tendo essa variável tido efeito apenas do tipo de água de irrigação (Tabela 4.28), onde a água residuária contribuiu para as maiores alturas de planta.

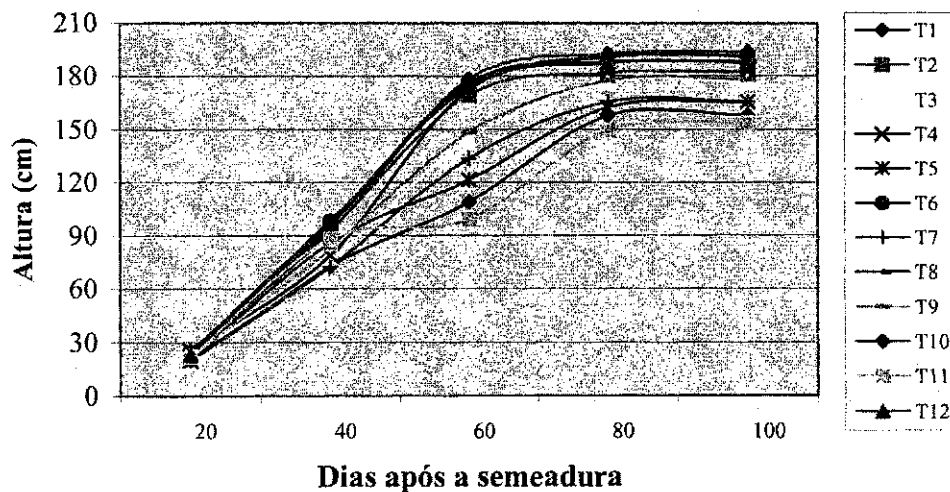


Figura 4.40: Altura das plantas do milho, por tratamento, aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a semeadura (DAS).

Na figura 4.41 encontra-se a curva de altura das plantas aos 100 dias após a semeadura (DAS) em função das doses de nitrogênio e da água de irrigação.

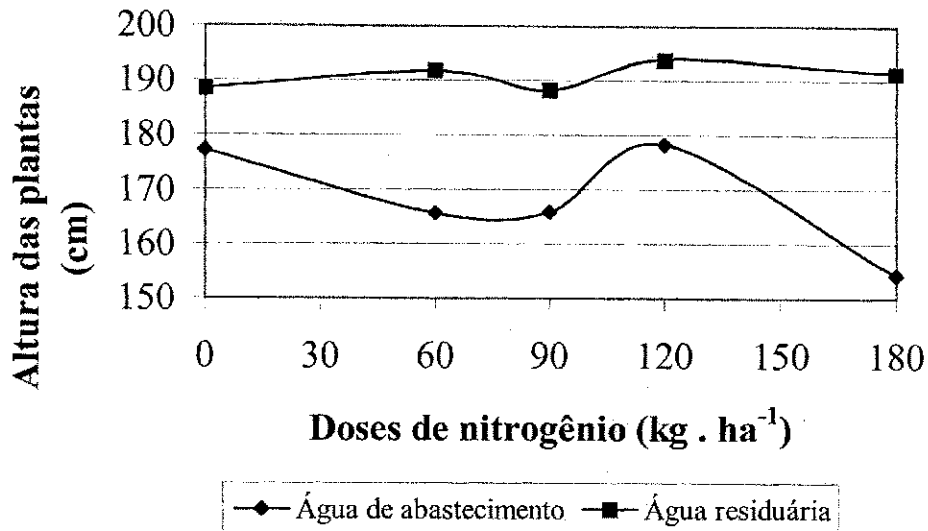


Figura 4.41: Altura das plantas aos 100 dias após a semeadura em função das doses de nitrogênio e do tipo de água de irrigação.

4.1.3.1.3 Área foliar por planta

Nas Tabelas 4.30, 4.32 e 4.33 encontram-se os resultados da ANOVA, dos valores médios, dos desdobramentos do contraste (DN x TA) e das médias dos desdobramentos desse contraste para as áreas foliares das plantas de milho.

Tabela 4.30: Resumo das análises de variância, referente a variável área foliar (cm²) por planta aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) do milho adubado com diferentes doses de nitrogênio do experimento anterior e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	GL	Quadrado médio				
		AFP 20 DAS (cm ²)	AFP 40 DAS ¹ (cm ²)	AFP 60 DAS (cm ²)	AFP 80 DAS (cm ²)	AFP 100 DAS (cm ²)
Dose (DN)	4	3138,28 ^{ns}	80,95 ^{ns}	371226,74 ^{ns}	142908,66 ^{ns}	422515,71 ^{ns}
Água (TA)	1	13770,78 ^{ns}	1200,28**	5984646,96**	5450610,50**	7205743,35**
DN x TA	4	3102,66 ^{ns}	41,22 ^{ns}	640720,26*	932753,43*	824809,63**
Test. x Fatorial	1	7518,79 ^{ns}	59,44 ^{ns}	502986,69 ^{ns}	984261,50 ^{ns}	12900,36 ^{ns}
Entre	1	391,16 ^{ns}	253,46**	5740254,56**	4624433,51**	4227970,28**
Testemunhas						
Tratamentos	11	4240,41 ^{ns}	181,99**	1479606,93**	1396541,26**	1494174,12**
Blocos	3	20650,52*	285,46**	399662,03 ^{ns}	338628,68 ^{ns}	865717,54*
Resíduo	33	5115,50	32,86	179995,98	249692,17	197863,12
CV(%)		20,23	11,84	8,40	9,96	8,83

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

De acordo com a ANOVA (Tabela 4.30), observa-se que assim como para a variável altura das plantas a área foliar por planta não sofreu efeito do fator adubação em nenhum dos períodos monitorados. O tipo de água utilizado na irrigação só surtiu efeito sobre essa variável a partir dos 40 DAS.

Pelos resultados da Tabela 4.30 a área foliar por planta aos 20 DAS apresentou significância em nível de 5% de probabilidade apenas entre os blocos.

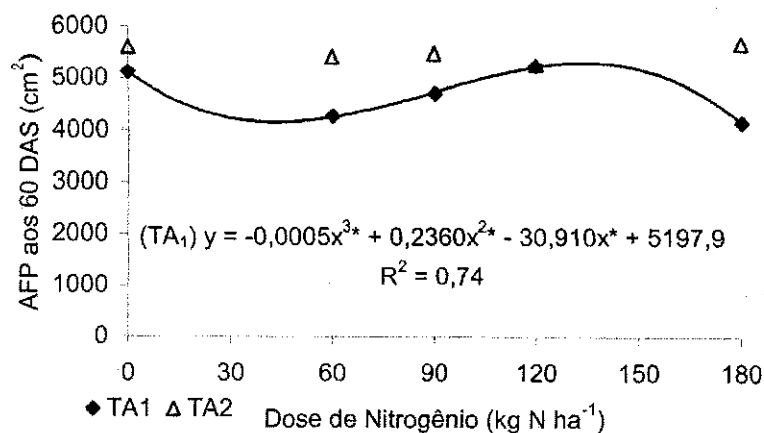
Aos 40 DAS houve significância em nível de 1% para o tipo de água utilizado na irrigação, entre as testemunhas, entre os tratamentos e entre os blocos. Através dos valores médios (Tabela 4.31) verifica-se a superioridade da irrigação com água residuária tratada sobre a água de abastecimento na área foliar das plantas do milho.

Tabela 4.31: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) para a variável área foliar da planta aos 40 dias após semeadura (DAS). Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	AFP ¹ 40 DAS (cm ²)
Dose de Nitrogênio (DN)	
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	50,33a
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	46,96a
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	48,89a
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	53,33a
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	45,02a
Dms	8,27
Tipo de água (TA)	
TA ₁ (água de abastecimento)	43,43b
TA ₂ (água residuária)	54,38a
Dms	3,69
Testemunhas (T)	
T ₁ (água de abastecimento)	40,29b
T ₂ (água residuária)	51,55a
Dms	8,25

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ; ¹Dados transformados em \sqrt{x}

Aos 60 DAS a área foliar sofreu efeito significativo em nível de 1% entre as testemunhas e entre os tratamentos e em nível de 5% para ao contraste DN x TA. Na Tabela 4.32 encontram-se os desdobramentos para essa interação; por esses resultados houve efeito significativo em nível de 5% apenas para a dose de nitrogênio em parcelas irrigadas com água de abastecimento, sobre a área foliar das plantas e que o modelo que melhor representou a influência dessa interação sobre a área foliar da planta foi o cúbico (Figura 4.42).



TA1: Água de abastecimento TA2: Água residuária tratada

Figura 4.42: Curva representativa do efeito do contraste DN x TA sobre a área foliar por planta para a cultura do milho aos 60 DAS.

Pelas médias dos desdobramentos obtidas (Tabela 4.32) verifica-se diferença significativa entre os tipos de água de irrigação apenas as doses de 60, 90 e 180 kgN/ha sobre a área foliar por planta da cultura do milho aos 60 DAS, o que significa que a água residuária dentro destas doses contribuíram de melhor forma com a área foliar das plantas neste período.

Tabela 4.32: Desdobramento do contraste (DN x TA) para a variável área foliar da planta aos 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) do milho adubado com diferentes doses de nitrogênio do cultivo anterior e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	Quadrado médio		
	AFP 60 DAS (cm ²)	AFP 80 DAS (cm ²)	AFP 100 DAS (cm ²)
DN em água de abastecimento (TA₁)			
Dose de Nitrogênio (DN)	1351797,82 ^{ns}	854147,87*	1023299,25*
Regressão Linear	350848,49 ^{ns}	246094,52 ^{ns}	2221354,73**
Regressão Quadrática	388682 ^{ns}	168128,59 ^{ns}	692,24 ^{ns}
Regressão Cúbica	3259736,25*	2896829,21**	1224195,13*
Desvio da Regressão	1407923,72 ^{ns}	105539,16 ^{ns}	646954,90 ^{ns}
Resíduo	577049,49	239422,77	229820,13
DN em água residuária (TA₂)			
Dose de nitrogênio (DN)	102103,83 ^{ns}	221514,21 ^{ns}	224026,09 ^{ns}
Regressão Linear	107,26 ^{ns}	1925,71 ^{ns}	503118,36 ^{ns}
Regressão Quadrática	230093,36 ^{ns}	195613,91 ^{ns}	338430,21 ^{ns}
Regressão Cúbica	53901,29 ^{ns}	540892,70 ^{ns}	53954,17 ^{ns}
Desvio da Regressão	124313,42 ^{ns}	147624,54 ^{ns}	601,62 ^{ns}
Resíduo	126187,52	311857,27	181663,84

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

Aos 80 DAS, pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.30), houve efeito significativo em nível de 1% entre as testemunhas e entre os tratamentos e em nível de 5% para o contraste DN x TA sobre a área foliar por planta da cultura do milho. Pelos resultados dos desdobramentos do contraste (Tabela 4.32) houve efeito significativo em nível de 5% para os tratamentos que receberam doses de nitrogênio e água de abastecimento, e o modelo que melhor representou esse comportamento foi o cúbico (Figura 4.43). Pelas médias dos desdobramentos (Tabela 4.33) verifica-se que houve diferença significativa para o tipo de água de irrigação dentro das doses de 60 e 90 e 180kgN/ha, tendo a água residuária sido superior a água de abastecimento no que diz respeito a área foliar das plantas.

Tabela 4.33: Médias do desdobramento do contraste (DN x TA) para a variável área foliar da planta aos 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) do milho adubado com diferentes doses de nitrogênio (Ferreira, 2003) e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	AFP 60 DAS (cm ²)	AFP 80 DAS (cm ²)	AFP 100 DAS (cm ²)
DN dentro de TA₁ (água de abastecimento)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	5126,98	5009,05	3905,88
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	4286,03	4384,73	4917,25
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	4716,40	4705,17	4325,86
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	5236,10	5304,30	4688,79
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	4181,42	4157,08	5198,39
DN dentro de TA₂ (água residuária)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	5598,83	5461,35	5489,66
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	5409,66	5525,03	5713,58
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	5481,21	5469,91	5620,37
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	5259,55	5073,77	5342,37
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	5665,69	5721,68	5114,51
TA dentro de DN₁ (0 kg ha⁻¹)			
TA ₁ (água de abastecimento)	5126,98a	5009,05a	3905,88b
TA ₂ (água residuária)	5598,83a	5461,35a	5489,66a
TA dentro de DN₂ (60 kg ha⁻¹)			
TA ₁ (água de abastecimento)	4286,03b	4384,73b	4917,25b
TA ₂ (água residuária)	5409,66a	5525,03a	5713,58a
TA dentro de DN₃ (90 kg ha⁻¹)			
TA ₁ (água de abastecimento)	4716,40b	4705,17b	4325,86b
TA ₂ (água residuária)	5481,21a	5469,91a	5620,37a
TA dentro de DN₄ (120 kg ha⁻¹)			
TA ₁ (água de abastecimento)	5236,10a	5304,30a	4688,79b
TA ₂ (água residuária)	5259,55a	5073,77a	5342,37a
TA dentro de DN₅ (180 kg ha⁻¹)			
TA ₁ (água de abastecimento)	4181,42b	4157,08b	5198,39a
TA ₂ (água residuária)	5665,69a	5721,68a	5114,51a

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Aos 100 DAS a área foliar por planta apresentou diferença significativa para o contraste DN x TA, entre as testemunhas e entre os tratamentos em nível de 1% e em nível de 5% entre os blocos. Através do desdobramento do contraste DN x TA (Tabela 4.32), observa-se diferença significativa para a dose de nitrogênio dentro da água de abastecimento e que o modelo cúbico foi o que melhor representou o comportamento dessa interação sobre a área foliar da planta nesse período (Figura 4.44).

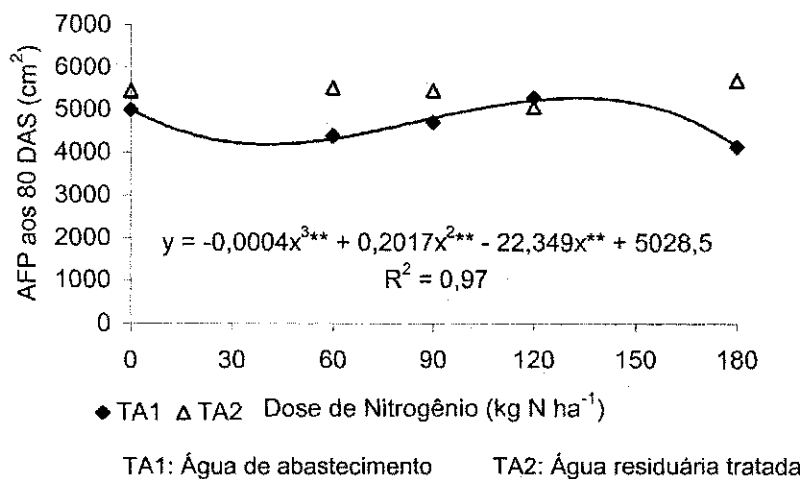


Figura 4.43: Curva que representa o efeito do contraste DN x TA sobre a área foliar por planta para a cultura do milho aos 80 DAS.

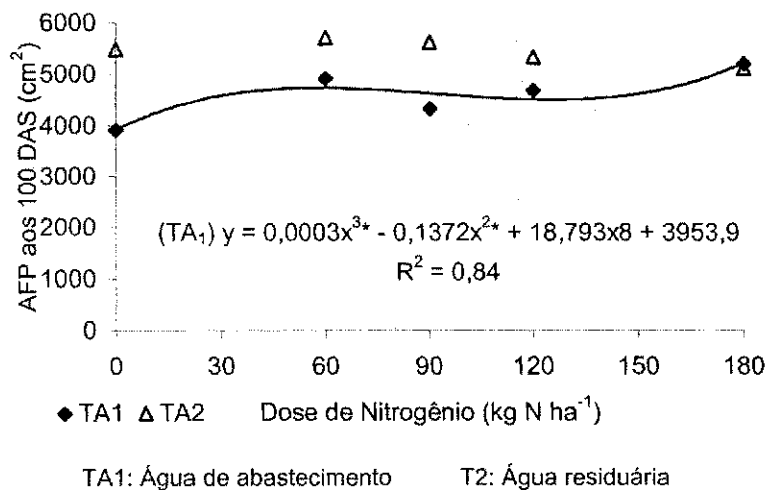


Figura 4.44: Curva de regressão que representa o efeito da interação DN x TA sobre a área foliar por planta para a cultura do milho aos 100 DAS.

Através das médias dos desdobramentos da interação (Tabela 4.33) observa-se que houve efeito significativo do tipo de água de irrigação dentro das doses de 0, 60, 90 e 120 kgN/ha., o que significa que a água residuária dentro dessas doses contribuiu de forma mais eficaz para a

área foliar das plantas dos que a água de abastecimento dentro dessas doses de nitrogênio. A evolução da área foliar por planta a cada 20 dias, por tratamento, encontra-se na Figura 4.45 e na Figura 4.46 encontra-se a área foliar aos 100 dias após a semeadura (DAS) em função das doses de nitrogênio e do tipo de água de irrigação.

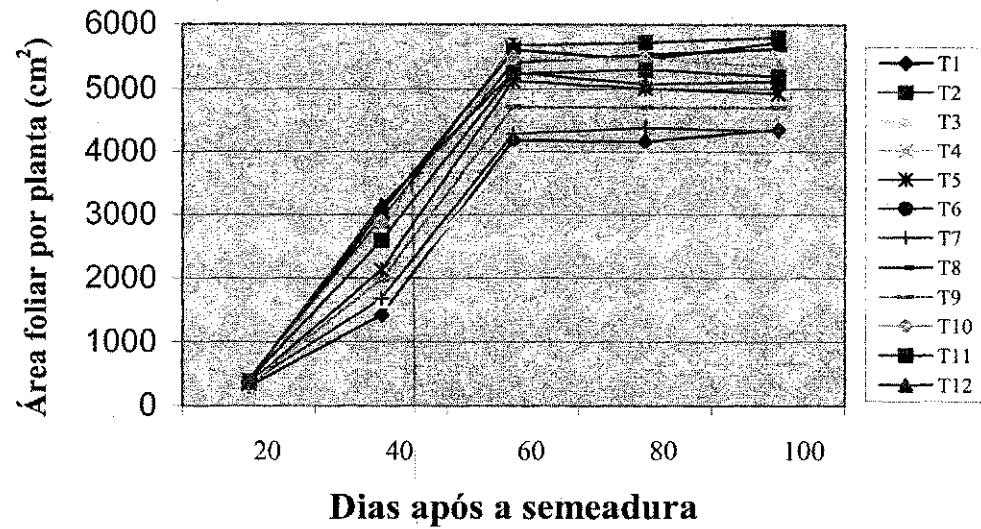


Figura 4.45: Área foliar por planta (AFP), por tratamento, aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a semeadura (DAS) do milho.

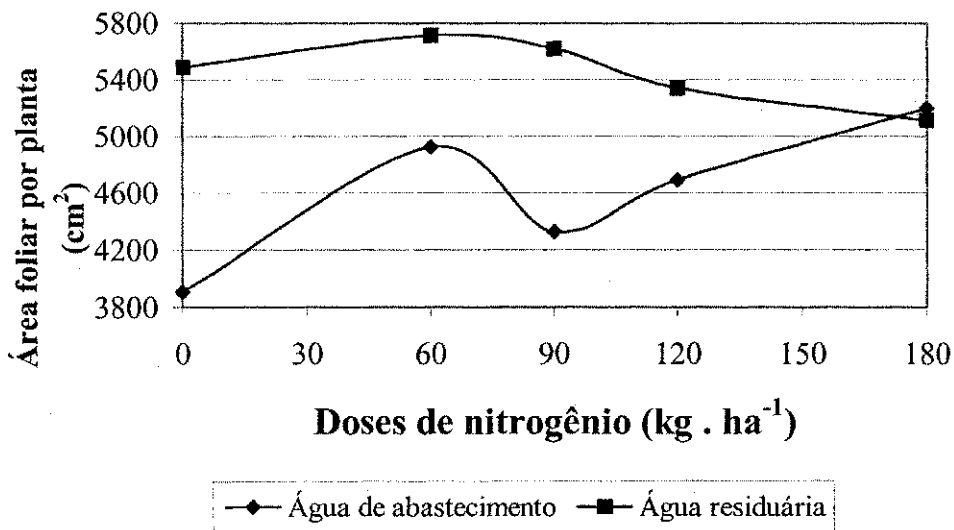


Figura 4.46: Área foliar por planta aos 100 dias após a semeadura em função das doses de nitrogênio e do tipo de água de irrigação.

4.1.3.2 COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

Nas Tabelas 4.34, 4.35 e 4.36 encontram-se, respectivamente, o resumo das análises de variância, os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN) e tipo de água (TA) e as análises de regressão, para as variáveis peso da espiga de milho com palha (PM), peso da espiga de milho sem a palha (PE) e peso dos grãos (PG).

Tabela 4.34: Resumo das análises de variância, referente as variáveis: peso do milho com palha (PM), peso da espiga sem palha (PE) e do peso dos grãos de milho (PG), sob efeito de adubação nitrogenada de experimento anterior e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		PM (g)	PE (g)	PG (g)
Dose (DN)	4	30,03710,46**	2303401,58*	1831988,93**
Água (TA)	1	72094398,02**	55671930,60**	41135546,76**
DN x TA	4	1045351,69 ^{ns}	806505,40 ^{ns}	553129,93 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	4560712,11*	3547631,45*	2379105,68*
Entre Testemunhas	1	26677494,90**	20444495,40**	15398197,65**
Tratamentos	11	10866259,42**	8373062,30**	6223029,59**
Blocos	3	6091686,56**	5395408,99**	4060557,34**
Resíduo	33	744269,97	654097,30	459100,29
CV(%)		15,85	17,74	17,77

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

Tabela 4.35: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) para as variáveis: peso da espiga de milho com palha (PM), peso da espiga de milho sem palha (PE) e peso dos grãos (PG). Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	PM (g)	PE (g)	PG (g)
Dose de Nitrogênio (DN)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	4845,59b	4090,59b	3385,59b
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	5874,50ab	4928,25ab	4108,63a
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	5224,96ab	4337,46ab	3596,21b
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	5523,40ab	4578,78ab	3850,40ab
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	6444,03a	5464,28a	4616,78a
Dms	1243,90	1166,12	976,96
Tipo de água (TA)			
TA ₁ (água de abastecimento)	4239,98b	3500,13b	2897,43b
TA ₂ (água residuária)	6925,02a	5859,62a	4925,62a
Dms	555,40	520,69	436,21
Testemunhas (T)			
T ₁ (água de abastecimento)	2929,28b	2351,78b	1926,78b
T ₂ (água residuária)	6581,50a	5549,00a	4701,50a
Dms	1241,91	1164,25	975,39

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4.36: Resumo das análises de regressão, referente as variáveis: peso da espiga de milho com palha (PM), peso da espiga de milho sem a palha (PE) e do peso do grão (PG) do milho adubado com diferentes doses de nitrogênio do cultivo anterior e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variância	GL	Quadrado médio		
		PM (g)	PE (g)	PG (g)
Dose de Nitrogênio (DN)	4	1501855,23 ^{ns}	1151700,79 ^{ns}	915846,75 ^{ns}
Regressão Linear	1	3239374,14*	2299969,76*	1943972,19*
Regressão Quadrática	1	152841,70 ^{ns}	245933,27 ^{ns}	208205,24 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	2117173,16 ^{ns}	1718330,48 ^{ns}	1220646,38 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	498031,92 ^{ns}	342569,64 ^{ns}	290563,19 ^{ns}
Resíduo	12	485529,78	414527,08	290368,79

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

Pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.34) verifica-se que houve efeito significativo das doses de nitrogênio e do tipo de água de irrigação sobre todas as variáveis estudadas.

4.1.3.2.1 Peso das espigas de milho com palha (PM)

De acordo com a análise de variância (Tabela 4.34) houve efeito significativo em nível de 1% para o tipo de água de irrigação, entre as testemunhas, entre os tratamentos e entre os blocos; e em nível de 5% para o contraste testemunha versus fatorial. Pelos resultados fornecidos na Tabela 4.66 houve efeito significativo em nível de 5% de probabilidade entre as águas de irrigação e entre as testemunhas, onde se percebe que a água residuária contribuiu para que as plantas que receberam esse tipo de água apresentassem peso maior do que aquelas que receberam água de abastecimento. De acordo com a análise de regressão (Tabela 4.36) o modelo que melhor representou o efeito das doses de nitrogênio sobre o peso das espigas de milho na palha foi o linear (Figura 4.47).

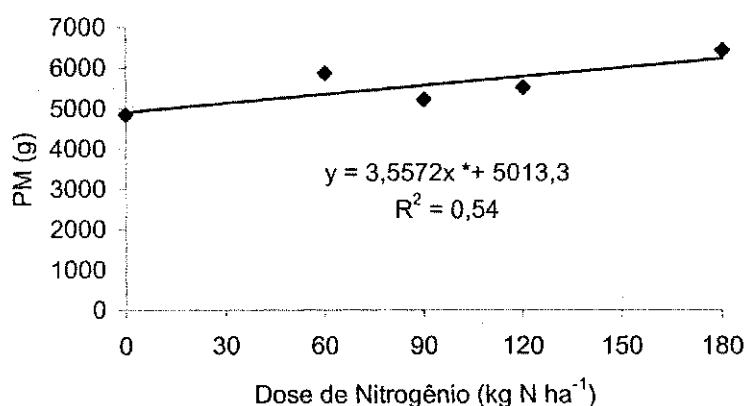


Figura 4.47: Relação entre as doses de nitrogênio e o peso das espigas de milho com palha.

4.1.3.2.2 Peso das espigas de milho sem palha (PE)

Pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.34) houve efeito significativo em nível de 1% entre as testemunhas, entre os tratamentos e entre os blocos; e em nível de 5% para o contraste testemunha x fatorial, sobre o peso das espigas de milho sem palha. De acordo com os resultados da Tabela 4.35, ficou evidente a maior contribuição da água residuária tratada sobre o peso das espigas de milho sem palha. O modelo que melhor representou a influência da adubação nitrogenada sobre o peso das espigas de milho sem palha foi o linear (Tabela 4.36 e Figura 4.48).

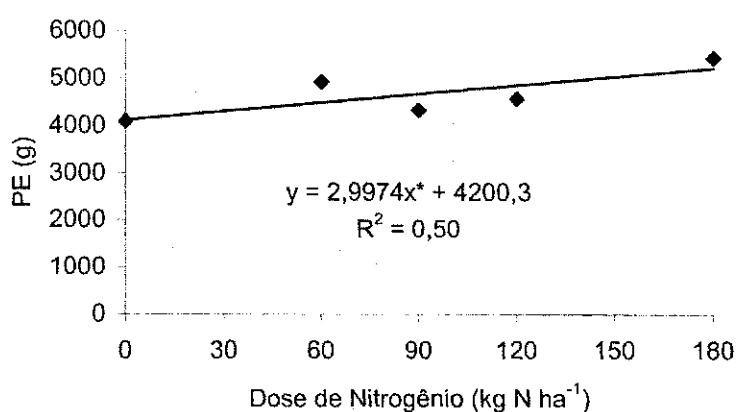


Figura 4.48: Relação entre as doses de nitrogênio e o peso das espigas de milho sem palha.

4.1.3.2.3 Peso dos grãos (PG)

Analisando os resultados das análises de variância (Tabela 4.34) verificamos que houve diferença significativa em nível de 1% para o tipo de água de irrigação, entre as testemunhas, entre os tratamentos e entre os blocos; e em nível de 5% para o contraste testemunha x fatorial sobre o peso dos grãos de milho. Os resultados dos valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN) e tipo de água (TA) na Tabela 4.35, levam a verificação da diferença entre os tipos de água de irrigação e entre as testemunhas sobre o peso dos grãos de milho, sendo perceptível a superioridade da irrigação com água residuária tratada sobre a água de abastecimento no peso dos grãos de milho. O que pode ser melhor observado através dos valores das médias entre as quatro repetições de cada tratamento (Tabela 4.37).

Tabela 4.37: Peso dos grãos de milho(kg), por tratamento, sob efeito da adubação nitrogenada do experimento anterior e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande – PB, 2003.

Tratamentos T12	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
Doses de N 180	0	0	0	0	60	60	90	90	120	120	180
Tipo de água A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1
Peso k(g) 20,79	7,71	18,8	9,06	18,02	12,57	20,29	9,8	19,02	10,41	20,39	16,14

A1: água de abastecimento

A2: água residuária

De acordo com os resultados da Tabela 4.37, observa-se que com o uso da água residuária tratada na irrigação foi possível obter produtividade satisfatória para o milho forrageiro chegando-se a 117,318kg/40m² (29,33ton/ha); já com a utilização da água de abastecimento a produtividade máxima foi de 65,653kg/40m² (16,41ton/ha). Comparando-se apenas as testemunhas (T1 e T2) entre si, observa-se que a água residuária promoveu um incremento de 144% na produção de grãos. No tratamento T2 (água residuária e 0kgN/ha) a produção foi superior a do tratamento T4 (água residuária, 0kgN/ha e adubação de fundação). Observa-se ainda que a produção aumentou em função do aumento das doses de nitrogênio a exceção da dose de 90kgN/ha que apresentou queda da produção em relação a dose de 60kgN/ha.

De acordo com a tabela 4.36, o modelo que melhor representou o efeito das doses de nitrogênio sobre o peso dos grãos foi o linear (Figura 4.49).

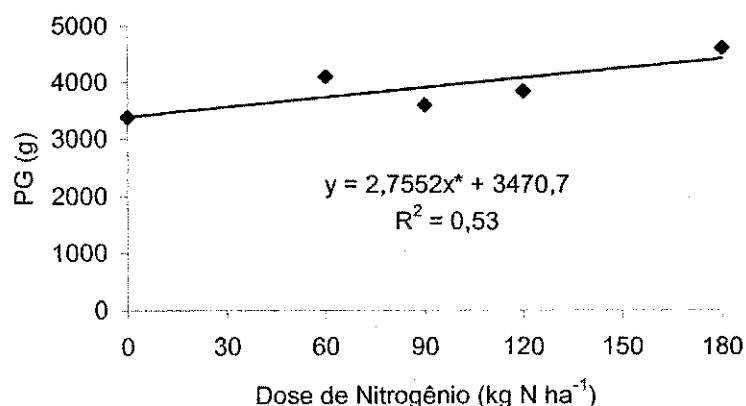


Figura 4.49: Relação entre as doses de nitrogênio e o peso dos grãos de milho.

4.1.3.2.4 Diâmetro (DE), comprimento (CE) e peso (PE) de uma espiga de milho.

Nas Tabelas 4.38 e 4.39 encontram-se respectivamente os resultados da ANOVA e os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN) e tipo de água (TA) para as variáveis: diâmetro (DE), comprimento (CE) e peso (PE) de uma espiga de milho dentro de uma amostra com 10 espigas por parcela, sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água.

Tabela 4.38: Resumo das análises de variância, referentes as variáveis: diâmetro de uma espiga (DE), comprimento de uma espiga (CE) e peso de uma espiga (PE) numa amostra com 10 espigas de milho de cada parcela, por tratamento sob efeito de diferentes doses de nitrogênio do experimento anterior e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		DE (cm)	CE (cm)	PE (g)
Dose (DN)	4	0,04 ^{ns}	3,23 ^{ns}	1579,21 ^{ns}
Água (TA)	1	0,47**	33,67**	21669,03**
DN x TA	4	0,02 ^{ns}	1,04 ^{ns}	464,84 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,06 ^{ns}	0,58 ^{ns}	268,82 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	0,29**	5,61*	4465,13*
Tratamentos	11	0,09**	5,19**	3143,56**
Blocos	3	0,19**	19,89**	8123,22**
Resíduo	33	0,03	1,34	609,60
CV		3,57	7,20	13,39

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

Tabela 4.39: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN) e tipo de água (TA) e testemunhas (T), para as variáveis: diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE) e peso de uma espiga de milho de uma amostra com 10 espigas por parcela e por tratamento. Campina Grande -PB, 2003.

Causa de variação	DE (cm)	CE (cm)	PE (g)
Dose de Nitrogênio (DN)			
DN ₁ (0 kg N ha ⁻¹)	4,61a	15,36a	170,63a
DN ₂ (60 kg N ha ⁻¹)	4,68a	16,59a	193,63a
DN ₃ (90 kg N ha ⁻¹)	4,67a	15,66a	182,00a
DN ₄ (120 kg N ha ⁻¹)	4,64a	15,66a	175,75a
DN ₅ (180 kg N ha ⁻¹)	4,79a	16,81a	205,38a
dms	0,24	1,67	35,60
Tipo de água (TA)			
TA ₁ (água de abastecimento)	4,57a	15,10a	162,20a
TA ₂ (água residuária)	4,78b	16,94b	208,75b
dms	0,11	0,74	15,89
Testemunhas (T)			
T ₁ (água de abastecimento)	4,39a	15,48a	155,50a
T ₂ (água residuária)	4,77b	17,15b	202,75b
dms	0,24	1,67	35,54

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.38) o DE, CE e PE sofreram efeito apenas do tipo de água utilizado na irrigação, tendo havido diferença significativa em nível de 1% entre as testemunhas apenas para o DE e em nível de 5% para CE e PE. As diferenças entre os tratamentos e entre os blocos foram em nível de 1% para as três variáveis.

De acordo com a Tabela 4.39, verifica-se que a água residuária contribuiu melhor para que as espigas de milho tivessem maior diâmetro, comprimento e peso em relação as espigas irrigadas com a água de abastecimento, o mesmo ocorrendo entre as testemunhas.

4.1.3.3 MICROBIOLOGIA

Apesar de muitos estudos mostrarem não ser possível a contaminação das vegetações pela introdução de organismos patogênicos na planta, através do sistema radicular ou de qualquer outra parte delas em situação normal, a não ser que existam mutilações ocasionais; PAGANINI, (2003), afirma que até o momento, não existem evidências de contaminação através dessa via. Mesmo assim, resolveu-se investigar uma possível contaminação dos grãos de milho por coliformes totais, fecais e *Escherichia coli* quando eles ainda estavam em campo e observa-se que houve contaminação dos mesmos o que pode ter ocorrido através dos aerossóis devido a proximidade da área experimental das lagoas de estabilização.

Nas Tabelas 4.40 e 4.41 encontram-se respectivamente, as análises de variância e os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN) e tipo de água (TA) para as variáveis coliformes totais e coliformes fecais para o milho sob efeito de adubação nitrogenada e dois tipos de águas de irrigação.

Tabela 4.40: Resumo das análises de variância, referentes as variáveis coliformes totais nos grãos (CTG) e coliformes fecais nos grãos (CFG) do milho sob efeito de adubação nitrogenada do plantio anterior e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	GL	Quadrado médio	
		CTG ¹	CFG ¹
Dose (DN)	4	2,36 ^{ns}	1,55 ^{ns}
Água (TA)	1	0,35 ^{ns}	0,56 ^{ns}
DN x TA	4	13,35*	5,45 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,91 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	0,78 ^{ns}	5,23 ^{ns}
Tratamentos	11	5,90 ^{ns}	3,09 ^{ns}
Blocos	3	7,12 ^{ns}	16,62**
Resíduo	33	4,66	2,43
CV(%)		28,90	25,88

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em $\ln + 100$

Tabela 4.41: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) para as variáveis coliformes totais (CTG) do grão do milho sob efeito de adubação nitrogenada do experimento anterior e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	CTG ¹
Dose de Nitrogênio (DN)	
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	6,71
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	5,78
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	5,54
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	6,06
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	5,92
Dms	2,25
Tipo de água (TA)	
TA ₁ (água de abastecimento)	6,12a
TA ₂ (água residuária)	5,88a
Dms	1,00
Testemunhas (T)	
T ₁ (água de abastecimento)	6,97a
T ₂ (água residuária)	5,35a
Dms	2,25

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em $\ln + 100$

Tabela 4.42: Desdobramento do contraste (DN x TA) para a variável coliforme total nos grãos de milho sob efeito de adubação nitrogenada de experimento anterior e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	Quadrado médio CTG ¹
DN em água de abastecimento (TA₁)	
Dose de Nitrogênio (DN)	29,03*
Regressão Linear	0,08 ^{ns}
Regressão Quadrática	62,39**
Regressão Cúbica	43,62*
Desvio da Regressão	10,04 ^{ns}
Resíduo	5,71
DN em água residuária (TA₂)	
Dose de nitrogênio	6,88 ^{ns}
Regressão Linear	0,17 ^{ns}
Regressão Quadrática	7,42 ^{ns}
Regressão Cúbica	10,66 ^{ns}
Desvio da Regressão	9,27 ^{ns}
Resíduo	12,01

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \ln

Pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.40) não houve efeito dos fatores doses de nitrogênio e água de irrigação sobre os coliformes totais e fecais nos grãos de milho. Muito embora tenha sido detectada a contaminação por coliformes totais, fecais e *E. coli* na cultura (Tabelas 4.42 e 4.43).

De acordo com as análises de variância (Tabela 4.40) houve efeito significativo em nível de 5% para o contraste DN x TA. Pelos resultados desse contraste (Tabela 4.42) verifica-se significância dos tratamentos que receberam adubação nitrogenada e água de abastecimento; o modelo que melhor representou a influência da adubação em água de abastecimento sobre os coliformes totais nos grãos do milho foi o cúbico (Figura 4.50 e Tabela 4.42).

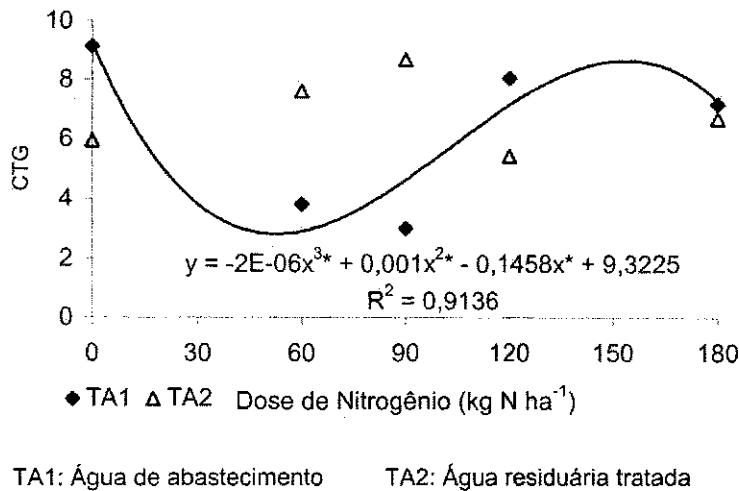


Figura 4.50: Relação entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e água de abastecimento sobre os coliformes totais nos grãos de milho.

Pelos resultados das médias do desdobramento do contraste (DN x TA) para os coliformes totais nos grãos de milho (Tabela 4.43), houve diferença significativa entre as águas de irrigação apenas para a dose de 90 kgN/ha. A Figura 4.51 apresenta os coliformes totais nos grãos de milho, por tratamento.

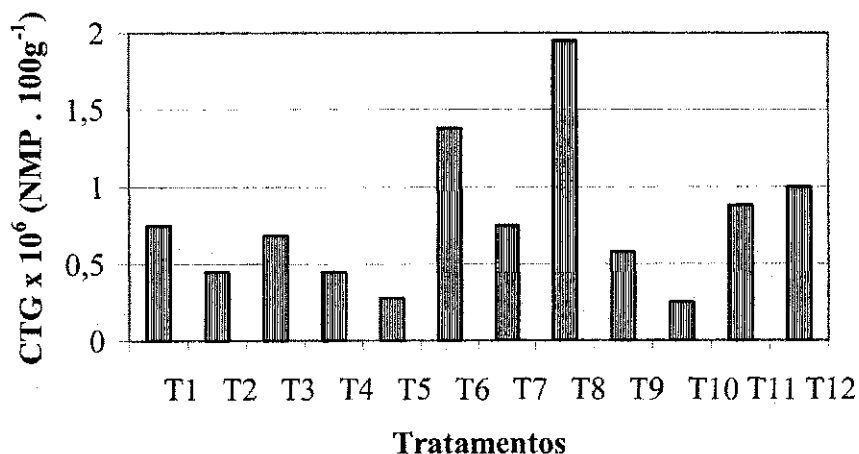


Figura 4.51: Coliformes totais (CTG), por tratamento, nos grãos de milho.

Tabela 4.43: Médias do desdobramento do contraste (DN x TA) para os coliformes totais nos grãos de milho sob efeito de adubação nitrogenada do experimento anterior e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2003.

Causa de variação	CTG ¹
DN dentro de TA₁ (água de abastecimento)	
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	9,13
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	3,82
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	3,01
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	8,09
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	7,22
DN dentro de TA₂ (água residuária)	
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	5,97
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	7,63
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	8,72
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	5,43
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	6,73
TA dentro de DN₁ (0 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	9,13a
TA ₂ (água residuária)	5,97a
TA dentro de DN₂ (60 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	3,82a
TA ₂ (água residuária)	7,63a
TA dentro de DN₃ (90 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	3,01b
TA ₂ (água residuária)	8,72a
TA dentro de DN₄ (120 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	8,09a
TA ₂ (água residuária)	5,43a
TA dentro de DN₅ (180 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	7,22a
TA ₂ (água residuária)	6,73a

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

1 Dados transformados em ln.

De acordo com a ANOVA (Tabela 4.40) houve efeito significativo apenas entre os blocos para os coliformes fecais nos grãos de milho, evidenciando a interdependência dos fatores estudados sobre essa variável nos grãos. Na Figura 4.52 encontram-se as concentrações de coliformes fecais nos grãos de milho (CFG) por tratamento.

Os valores de *E. coli* em todas os tratamentos estudados foram iguais, não havendo necessidade de se fazer análise estatística, porém houve contaminação dos grãos de milho por essas bactérias conforme pode ser visto na Tabela 4.44.

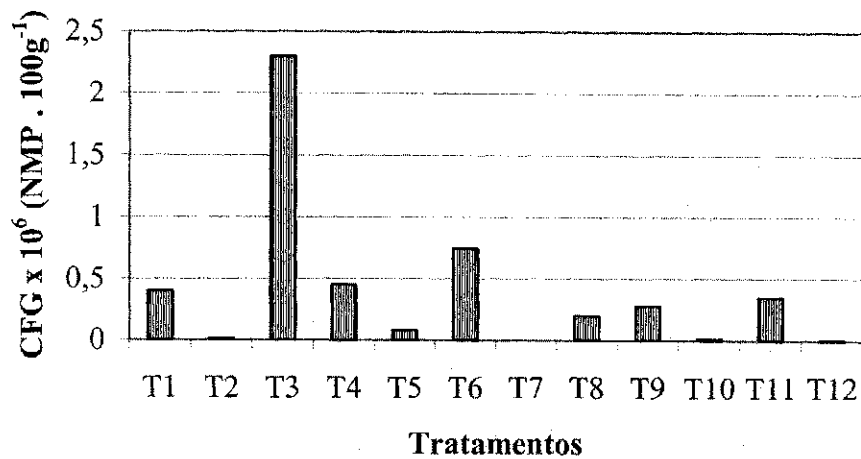


Figura 4.52: Concentração de coliformes fecais (CFG) nos grãos de milho.

Tabela 4.44 – Médias por tratamento para a *Escherichia coli* dos grãos do milho sob efeito de adubação nitrogenada do plantio anterior, e irrigação com dois tipos de água. Campina Grande – PB, 2003.

Tratamentos T12	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
Doses de N 180	0	0	0	0	60	60	90	90	120	120	180
Tipo de água A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1
(1,0E+02) 2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

A1: Água de abastecimento
A2: Água residuária

4.2 CULTURA DO ALGODÃO

Os dados médios mensais de temperatura média do ar, precipitação, evaporação, insolação, velocidade do vento e umidade relativa para os meses em que a cultura esteve em campo são mostrados na Tabela 8A.

No mês de janeiro de 2004 a precipitação foi 1148% maior do que a registrada em janeiro de 2003 (24,3mm) e no mês de fevereiro de 2004, correspondeu a 376,1% da média registrada no mesmo mês, no ano anterior, que foi de 64,8mm. Essa elevada precipitação, na região, foi acompanhada de alta umidade relativa, tendo este fato contribuído para o aparecimento de lagartas e dificultado o amadurecimento das maçãs, o que prolongou a colheita do algodão, que se iniciou em 14/03/04 e terminou no princípio do mês de abril (04/04/04). Vale salientar que, apesar de haver-se feito um esforço para eliminar essas lagartas através do defensivo ENDOSULFAN, elas exerceram um papel importantíssimo, pois agiram como desfolhante natural, já que a massa foliar era grande, e elas propiciaram a incidência da insolação até os ramos inferiores das plantas do algodão no mês subsequente (março) fazendo com que as maçãs amadurecessem, pudessem abrir, e os capulhos serem colhidos. A elevada precipitação fez com que a cultura só recebesse irrigação até o início do mês de janeiro (04/01/04), ou seja: nos dois primeiros meses do cultivo.

4.2.1 ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

As águas utilizadas na irrigação da cultura do algodão foram submetidas a análises físico-químicas e microbiológicas durante os dois primeiros meses em que a cultura esteve em campo, devido a suspensão da irrigação nos meses de janeiro e fevereiro de 2004. Os resultados se encontram na Tabela 4.45.

A temperatura média da água de abastecimento para os cinco meses em que o experimento esteve em campo foi de 24,0°C.

O valor do pH encontrado na água de abastecimento foi de 7,6 estando dentro da faixa normal, 6,5 – 8,4 recomendada por AYERS & WESTCOT (1999).

A condutividade elétrica média foi de 0,7dS/m o que indica baixo perigo de salinização e é considerado normal em água de irrigação.

Tabela 4.45: Valores médios das variáveis físico-químicas e microbiológicas das águas de abastecimento e residuária tratada utilizadas na irrigação da cultura do algodão no período de novembro a dezembro de 2003. Campina Grande - PB, 2003.

Variáveis	Água de abastecimento	Água residuária tratada
Temperatura da amostra (°C)	24,0	30,8
pH	7,6	7,2
Turbidez (NTU)	1,0	18,0
Condutividade Elétrica (dS/m)	0,7	1,7
Cálcio (mg/l)	40	25
Magnésio (mg/l)	2	24
Cloretos (mg/l)	167	327
Carbonato (mg/l)	0	0
Bicarbonato (mg/l)	128	414
OD(mg/l)	7,5	1,0
DBO ₅ (mg/l)	11	47
DQO (mg/l)	192	537
Sólidos Totais (mg/l)	0	805
Sólidos Totais Fixos (mg/l)	0	606
Sólidos Totais Voláteis (mg/l)	0	200
Sólidos Suspensos (mg/l)	2	66
Sólidos Suspensos Fixos (mg/l)	0,5	8
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)	1,5	58
Sódio (mg/l)	-	39
Potássio (mg/l)	-	6
Amônia (mgNH ₃ -N/l)	0,2	68
Nitrato (mg/l)	0,2	2,6
Fósforo Total (mg/l)	3	8
Ortofosfato Solúvel (mg/l)	0,1	4,9
Coliformes Fecais (MNP/100ml)	0,0E+06	3,7E+06
Escherichia coli. (MNP/100ml)	0,0E+06	3,0E+06
Clorofila "a" (µg/l)	0	57,6
Helmintos (N ovos/l)	-	0

A concentração de cálcio encontrada foi baixa, 40mg/l, dentro dos valores considerados normais para águas de irrigação (0 a 400mg/l) de acordo com AYERS & WESTCOT (1999), porém baixa.

O teor de magnésio na água foi de 2mg/l baixíssimo. A concentração média dos cloretos foi de 167mg/l, dentro da faixa de concentração tóxica (142 a 355mg/l) considerada por MOLLE & CADIER (1992). Não se detectou a presença de carbonatos na água de abastecimento. Já a concentração de bicarbonatos na água foi considerável, 128mg/l, o que acordo com BERNARDO (1995), pode levar a precipitação do cálcio e do magnésio sob a forma de carbonatos, reduzindo a

concentração de cálcio e magnésio nos solos, e, conseqüentemente, aumentando a proporção de sódio.

A água apresenta baixo teor de oxigênio dissolvido (7,5mg/l). A DBO da água de abastecimento foi alta, 11mg/l. Já a DQO encontrada na água de abastecimento foi de 192mg/l.

O teor de amônia encontrado na água foi de 0,2mg/l; a concentração de nitrato também foi baixa, 0,2mg/l.

O fósforo total e o ortofosfato solúvel, encontrados na água de abastecimento foram da ordem de 3,0mg/l e 0,1mg/l respectivamente.

Não foram encontradas bactérias na água de abastecimento armazenada nos tanques de fibra de vidro e nem a presença de "clorofila a".

De acordo com os resultados da Tabela 4.45, para cada variável estudada ao longo dos cinco meses do experimento, observa-se que:

A temperatura média mensal da água residuária foi de 30,8°C. O pH foi de 7,2, inferior ao da água de abastecimento, e ainda dentro dos padrões recomendados para irrigação. A turbidez foi de 18 NTU e a condutividade elétrica, 1,7dS/m, dentro dos padrões aceitáveis para irrigação de acordo com AYERS & WESTCOT (1991), mas 2,4 vezes o valor encontrado na água de abastecimento (0,7dS/m).

A concentração de cálcio na água residuária tratada foi baixa, 25mg/l, inferior a encontrada na água de abastecimento. O magnésio encontrado foi de 24mg/l, muito superior ao encontrado na água de abastecimento, mas dentro da faixa considerada normal para as águas de irrigação que tem valores recomendados variando de 0 a 60mg/l.

O nível de cloreto nessa água foi de 327mg/l, quase o dobro do encontrado na água de abastecimento (167mg/l). Ambos encontram-se em nível tóxico. Não se detectou presença de carbonato nas amostras de águas residuárias analisadas.

A concentração de bicarbonatos foi elevada, 414mg/l, mais que o triplo da encontrada na água de abastecimento (123mg/l).

A quantidade de oxigênio dissolvido encontrada na água residuária tratada foi 1mg/l e a DBO₅ foi alta, 47mg/l.

A DQO apresentou-se em nível elevado, 537mg/l.

A quantidade de sólidos totais encontrada também foi muito alta, 805mg/l.

A concentração de sódio na água residuária tratada foi de 39mg/l.

O nível de potássio na água foi de 6mg/l.

O teor de amônia foi de 68mg/l e a concentração de nitrato foi de 2,6 mg/l.

O fósforo das águas residuárias domésticas tem sua origem no fósforo originalmente presente nas águas de abastecimento, nos dejetos humanos e detergentes sintéticos que em sua maioria possuem grandes quantidades de fosfatos como base (SAWYER et al., 1994). O valor médio de fósforo total encontrado na água residuária foi de 8mg/l. O ortofosfato solúvel encontrado estava numa concentração de 4,9mg/l.

As concentrações de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* foram muito altas, $3,7 \times 10^6$ e $3,0 \times 10^6$ (NMP 100ml), respectivamente, indicando que mesmo após o tratamento a água residual apresenta nível bacteriológico elevado. Não foi detectada a presença de ovos de helmintos no efluente tratado.

A concentração de “clorofila a” na água foi de 57,6µg/l.

4.2.2 SOLO

4.2.2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO ANTES DO PLANTIO

No plantio anterior utilizou-se como fonte de adubação para a cultura do milho apenas o efluente final da ETE de Campina Grande – PB. Ao final do experimento com milho/antes do plantio do algodão, foi realizada análise química do solo (Tabela 4.46) para que fosse recomendada a adubação química necessária para receber a nova cultura (algodão).

O pH do solo da área de plantio após o cultivo do milho apresentou-se na faixa neutra 7,0, mais alto do que o encontrado no solo antes do plantio do milho; e no limite mínimo de pH comum para solos minerais de regiões áridas (BRADY, 1989). A concentração média de fósforo no solo foi de 5,13 mg/dm³; mais baixo do que o valor encontrado antes da instalação do experimento anterior. Os níveis de potássio e cálcio médios no solo foram respectivamente, 18,0 mg/dm³ e 5,4 cmol_c/dm³ bem mais baixos do que no início do plantio do milho, já o magnésio apresentou uma média de 25,9 cmol_c/dm³; superior a média encontrada no início. O teor de sódio encontrado foi de 5,4 cmol_c/dm³, bem mais elevado, que no início do cultivo do milho. A capacidade de troca catiônica foi de 7,02 e a matéria orgânica do solo, 8,13 g/dm³, ambos os valores inferiores aos do início do cultivo do milho.

As variáveis de salinidade do solo apresentaram as seguintes médias para os doze tratamentos: sódio: 4,0mmol/l, menos da metade da concentração encontrada no solo no início do 1º experimento. O teor de cloreto no solo nessa mesma fase foi 4,89 mmol/l; a condutividade elétrica foi de 0,81dS/m, inferior a determinada no início do experimento do milho; e a RAS e PST encontradas foram respectivamente, 3,04 e 3,12, ambas inferiores aos valores encontrados no solo quando da instalação deste trabalho.

(Continuação da Tabela 4.46)

Cl ⁻ (mmol/l)	8,8	15,4	8,0	10,3	6,9	11,1	7,0	9,8	13,1	10,4	7,0	14,5
SO ₄ ²⁻ (mmol/l)	1,24	1,22	1,38	1,03	1,28	1,18	1,39	1,41	1,10	1,31	0,96	1,62
HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	6,3	7,5	5,4	7,4	3,5	3,5	4,5	5,5	2,3	2,8	1,6	3,3
Na ⁺ (mmol/l)	5,7	13,5	5,5	9,7	5,1	9,6	5,8	8,9	7,1	10,3	6,2	11,1
CE (dS/m)	1,06	2,21	1,08	1,58	1,04	1,70	1,08	1,49	0,91	1,86	1,51	1,56
RAS	3,38	6,82	3,21	5,62	3,11	5,57	3,79	5,19	4,05	5,59	3,21	5,13
PST	3,6	8,1	3,4	6,6	3,2	6,5	4,1	6,0	4,5	6,5	3,3	5,9

A1: água de abastecimento

A2: água residuária

4.2.2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO APÓS O CULTIVO DO ALGODÃO

4.2.2.2.1 Fertilidade

4.2.2.2.1.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

A Figura 4.53 apresenta os valores médios de cada tratamento antes e depois do plantio. Através desses resultados observa-se que houve um decréscimo do pH do solo em quase todos os tratamentos ao final do plantio do algodão, excetuando-se o tratamento T11.

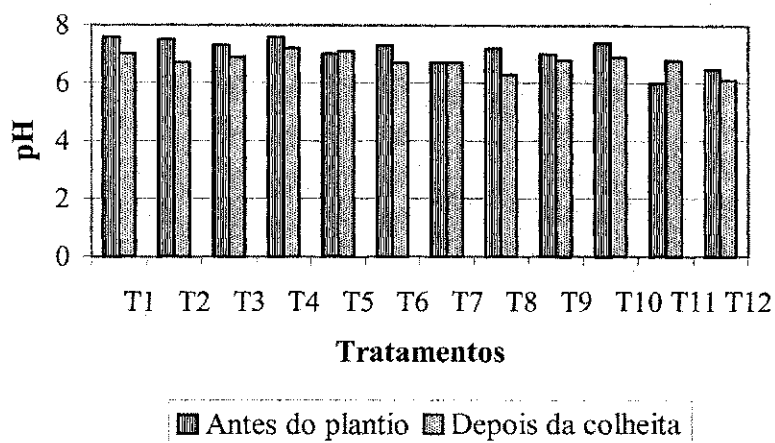


Figura 4.53: pH do solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do algodão.

4.2.2.2.1.2 Nitrogênio

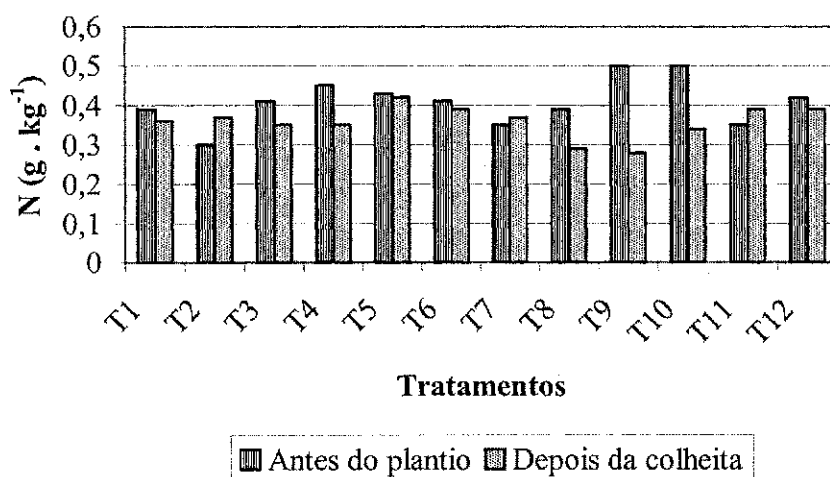


Figura 4.54: Nitrogênio do solo por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do algodão.

Nas Tabelas 4.47 e 4.48 encontram-se respectivamente, os resultados das análises de variâncias e os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) testemunhas (T), referentes as variáveis: fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) sob adubação nitrogenada e irrigação com dois tipos de água (residuária tratada e de abastecimento).

Tabela 4.47: Resumo das análises de variância, referente as variáveis: fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio				
		P ¹ (mg/dm ³)	K ² (mmol _e /dm ³)	Na ² (cmol/dm ³)	Ca (cmol/dm ³)	Mg ² (cmol/dm ³)
Dose (DN)	4	2,02 ^{ns}	2,39*	0,012 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Água (TA)	1	6,11*	15,60**	0,001 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,03 ^{ns}
DN x TA	4	0,17 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	6,06*	1,57 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	0,48 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Tratamentos	11	1,95 ^{ns}	3,11**	0,009 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Blocos	3	1,86 ^{ns}	7,53**	0,030 ^{ns}	0,97**	0,19 ^{ns}
Resíduo	33	1,17	0,99	0,018	0,14	0,09
CV(%)		37,44	11,43	10,51	12,35	14,84

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F;

¹ Dados transformados em \sqrt{x} ;

² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Tabela 4.48: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T), referente as variáveis: fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	P ¹ (mg/dm ³)	K ² (mg/dm ³)	Na ² (cmol/dm ³)	Ca (cmol/dm ³)	Mg ² (cmol/dm ³)
Dose de Nitrogênio (DN)					
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	3,04 ^a	7,93 ^a	1,24 ^a	3,03 ^a	2,23 ^a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	3,83 ^a	8,52ab	1,33 ^a	2,97 ^a	1,98 ^a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	2,70 ^a	9,46b	1,24 ^a	3,09 ^a	1,86 ^a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	3,13 ^a	8,59ab	1,27 ^a	2,78 ^a	1,86 ^a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	2,52 ^a	8,68ab	1,24 ^a	3,08 ^a	1,89 ^a
Dms	1,56	1,44	0,19	0,53	0,42
Tipo de Água (TA)					
TA ₁ (água de abastecimento)	2,65 ^a	8,01 ^a	1,25 ^a	2,88 ^a	1,94 ^a
TA ₂ (água residuária)	3,44b	9,26b	1,28 ^a	3,10 ^a	1,99 ^a
Dms	0,69	0,64	0,08	0,24	0,19
Testemunhas (T)					

(Continuação da Tabela 4.48)

T ₁ (água de abastecimento)	1,85a	9,30a	1,30a	3,25a	1,93a
T ₂ (água residuária)	2,34a	8,94a	1,33a	2,90a	2,07a
Dms	1,56	1,43	0,19	0,53	0,42

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

4.2.2.2.1.3 Fósforo (P)

Houve efeito significativo em nível de 5% para o tipo de água utilizado na irrigação e para a interação entre a testemunha e o fatorial sobre o fósforo do solo (Tabela 4.47). Pela Tabela 4.48, verifica-se que a água residuária tratada contribuiu de melhor maneira sobre o teor de fósforo no solo do que a água de abastecimento.

Analisando as médias desse elemento por tratamento no início e ao final do plantio do algodão (Figura 4.55) observa-se que houve acréscimo do fósforo do solo para todos os tratamentos que receberam adubação de fundação (P e K), ao final do cultivo do algodão.

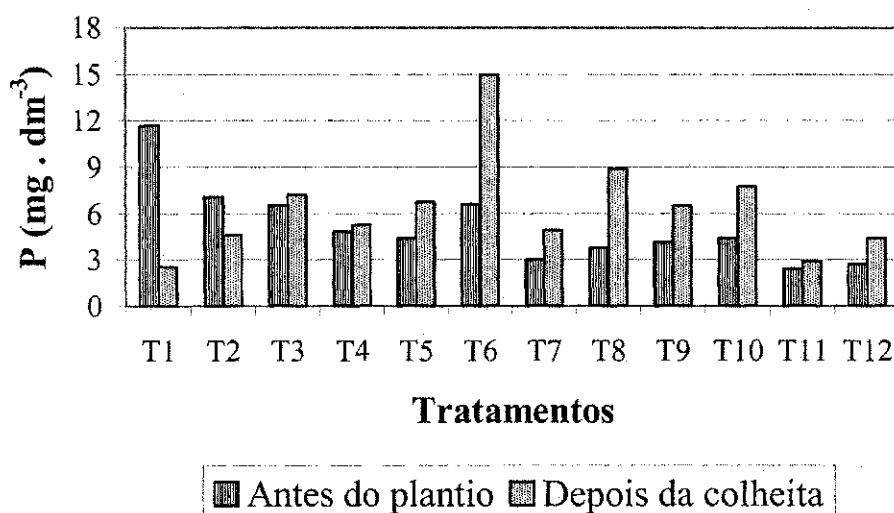


Figura 4.55: Fósforo do solo em função dos tratamentos, antes do plantio e depois da colheita do algodão.

4.2.2.2.1.4 Potássio (K)

Analisando-se os resultados da Tabela 4.47 verifica-se que houve diferença significativa em nível de 1% entre os tipos de água utilizados na irrigação, entre os tratamentos e entre os blocos, sobre o potássio do solo; e em nível de 5% de probabilidade entre as doses de nitrogênio utilizadas. De acordo com os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T), (Tabela 4.48), observa-se que as doses de 80, 240 e 320kgN/ha, não diferiram entre si, ou seja, esses três níveis de adubação promoveram efeito semelhante sobre o potássio do solo. Houve, entretanto diferença significativa entre essas doses e as doses de 0 e 160kgN/ha, que por sua vez diferiram estatisticamente entre si sobre o efeito causado na concentração de potássio no solo quando submetido a esses níveis de adubação. A dose de 160kgN/ha foi a que mais contribuiu para o incremento do potássio do solo.

A água residuária tratada contribuiu de melhor maneira para o aumento de K no solo, evidenciando a sua capacidade de utilização como fonte de adubação para os solos.

Analisando as médias dos valores do potássio em cada tratamento, antes do plantio e depois da colheita do algodão (Figura 4.56), observa-se que houve aumento da concentração de potássio no solo ao final do cultivo em todos os tratamentos.

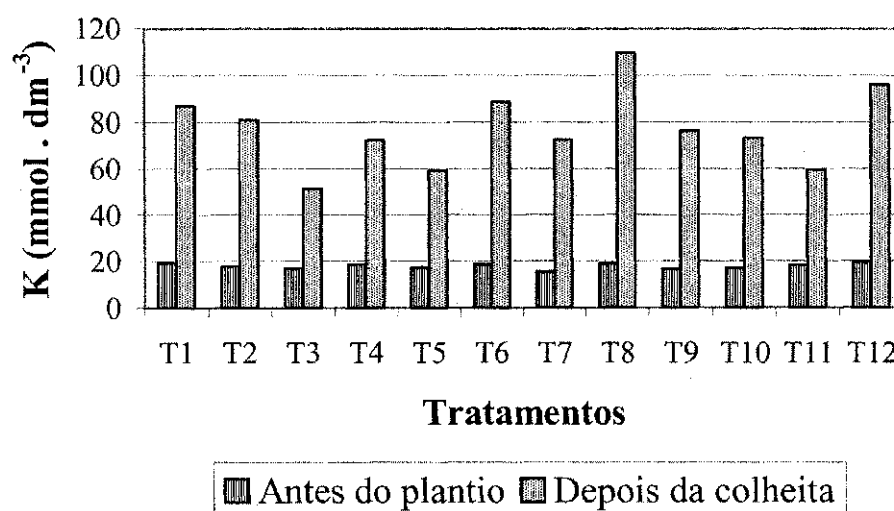


Figura 4.56: Potássio do solo em função dos tratamentos, antes do plantio e depois da colheita do algodão.

De acordo com a Tabela 4.49 que apresenta o resumo das análises de regressão, não houve nenhum modelo que representasse bem o comportamento do potássio no solo em função da adubação nitrogenada.

Tabela 4.49: Resumo das análises de regressão referente ao potássio (K) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de variação	GL	Quadrado médio
		K^1 (mmol _e /dm ³)
Dose de Nitrogênio (DN)	4	1,27 ^{ns}
Regressão Linear	1	1,10 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	2,15 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,24 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	1,60 ^{ns}
Resíduo	12	0,64

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F; ¹ Dados transformados em \sqrt{x}

4.2.2.2.1.5 Sódio (Na)

De acordo com os resultados obtidos nas análises de variância (Tabela 4.47), não houve efeito significativo de nenhum dos fatores estudados sobre o sódio do solo. Analisando as médias por tratamento antes do plantio e após a colheita do algodão (Figura 4.57), conclue-se que houve queda do teor de sódio no solo na área ao final do experimento.

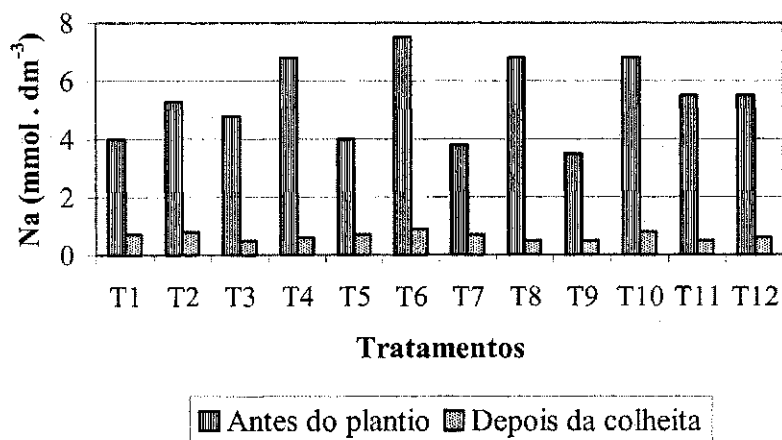


Figura 4.57: Teor de sódio no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão.

4.2.2.2.1.6 Cálcio (Ca)

Pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.47), verifica-se que houve diferença significativa em nível de 1% de probabilidade para o cálcio do solo apenas entre os blocos.

Os valores das médias, por tratamento do cálcio do solo, antes do plantio e ao final da colheita (Figura 4.58), fazem com que se conclua que não houve variação significativa do cálcio do solo durante o experimento II.

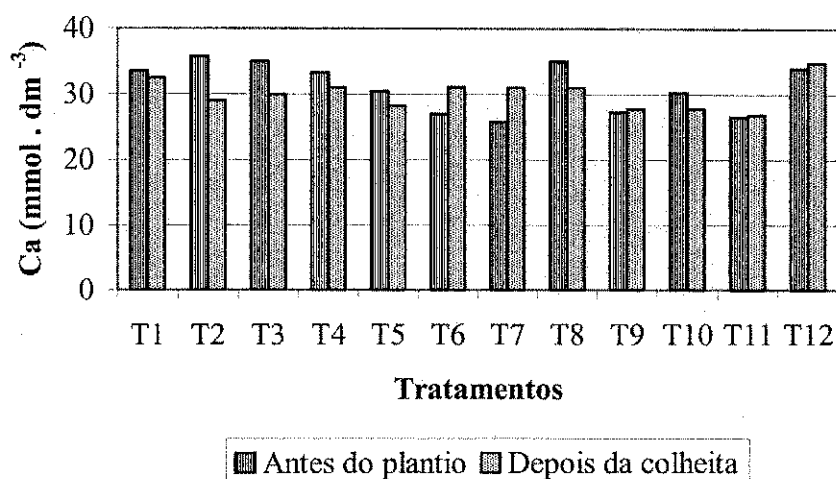


Figura 4.58: Concentração de cálcio no solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do algodão.

4.2.2.2.1.7 Magnésio (Mg)

De acordo com os resultados das análises de variância (Tabela 4.47), não houve diferença significativa sobre o magnésio do solo para nenhuma das variáveis estudadas.

Analisando-se, porém as médias dos valores de magnésio do solo por tratamento, antes do plantio e ao final do experimento (Figura 4.59), observa-se que a presença desse elemento no solo diminuiu ao final da colheita na área experimental.

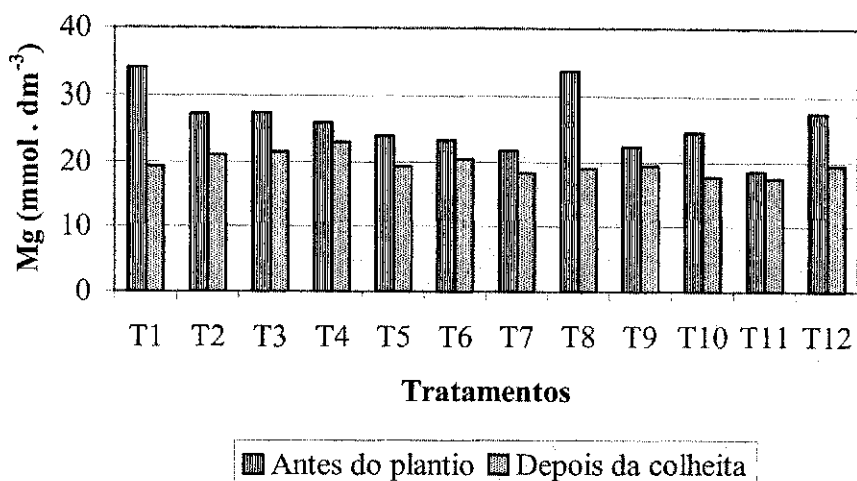


Figura 4.59: Concentração de magnésio no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão, por tratamento.

Nas Tabelas 4.50 e 4.51 estão presentes, respectivamente, o resumo das ANOVAS e os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) para a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e matéria orgânica (M.O.) do solo sob efeito de diferentes doses de nitrogênio e dois tipos de água de irrigação.

Tabela 4.50: Resumo das análises de variância referente as variáveis: soma das bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e matéria orgânica (M.O.) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio		
		SB	CTC	M.O. ² (g/dm ³)
Dose (DN)	4	0,10 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,049 ^{ns}
Água (TA)	1	4,04**	1,74 ^{ns}	0,182 ^{ns}
DN x TA	4	1,20 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,240 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,16 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,023 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	0,04 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Tratamentos	11	0,86 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,124 ^{ns}
Blocos	3	9,72**	1,44 ^{ns}	0,564*
Resíduo	33	0,52	0,51	0,182
CV(%)		9,61	12,28	15,07

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

² Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

Tabela 4.51: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) referente as variáveis: soma das bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e matéria orgânica (M.O.) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	SB	CTC	M.O ² (g/dm ³)
Dose de Nitrogênio (DN)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	7,51a	5,97a	2,80a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	7,61a	5,93a	2,78a
DN ₃ (1600 kg ha ⁻¹)	7,63a	5,73a	2,75a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	7,47a	5,46a	2,84a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	7,35a	5,69a	2,95a
Dms	1,04	1,03	0,62
Tipo de Água (TA)			
TA ₁ (água de abastecimento)	7,20a	5,55a	2,76a
TA ₂ (água residuária)	7,83b	5,96a	2,89a
Dms	0,47	0,47	0,27
Testemunhas (T)			
T ₁ (água de abastecimento)	7,73a	6,10a	2,87a
T ₂ (água residuária)	7,60a	5,99a	2,90a
Dms	1,04	1,03	0,61

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

4.2.2.2.1.8 Soma de Bases (SB)

De acordo com a Tabela 4.50 houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para o tipo de água utilizado na irrigação e entre os blocos sobre a soma de bases do solo. Pelos resultados dos valores médios (Tabela 4.51) observa-se que houve diferença significativa em nível de 5% de probabilidade para o tipo de água de irrigação, ficando evidente a superioridade da água residuária tratada em relação a água de abastecimento sobre a soma de bases do solo.

4.2.2.2.1.9 Capacidade de troca catiônica (CTC)

De acordo com os resultados da ANOVA (Tabela 4.50), não houve efeito significativo de nenhuma das variáveis estudadas sobre a capacidade de troca catiônica do solo, de toda forma pode-se observar pelos resultados das médias da CTC para cada

tratamento antes do plantio e ao final do cultivo (Figura 4.60) que a capacidade de troca catiônica do solo diminuiu ao final do cultivo do algodão.

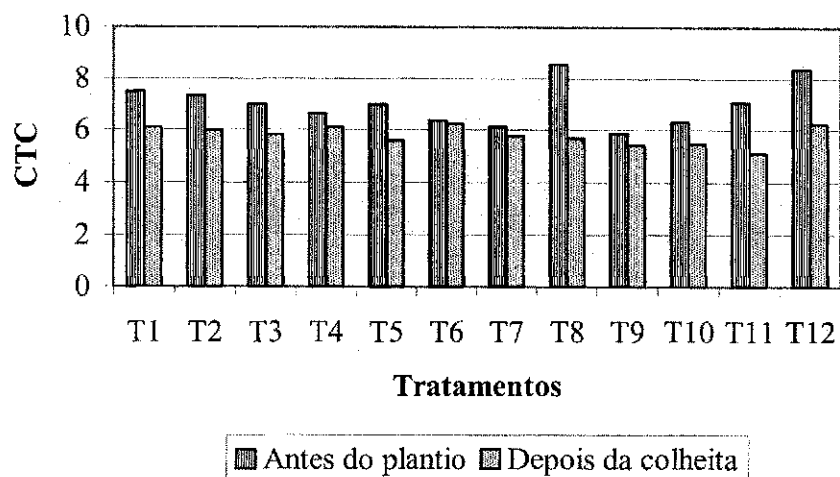


Figura 4.60: Capacidade de troca catiônica do solo antes do plantio e depois da colheita.

4.2.2.2.1.10 Matéria Orgânica (M.O.)

Analisando-se os resultados da Tabela 4.50 verifica-se que houve diferença significativa apenas entre os blocos para a matéria orgânica do solo. Comparando-se as médias por tratamento antes do plantio e depois da colheita do algodão (Figura 4.61), observa-se que houve aumento de matéria orgânica no solo após o cultivo do algodão nos tratamentos T2, T7 e T11.

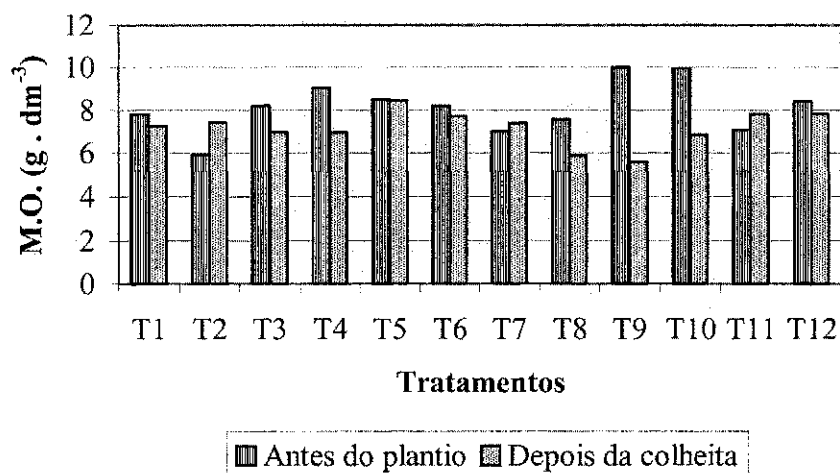


Figura 4.61: Teor de matéria orgânica no solo antes do plantio e depois da colheita.

4.2.2.2.2 Salinidade

Nas Tabelas 4.52 e 4.53 encontram-se respectivamente o resumo das análises de variância e os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) referente as variáveis: carbonato, cloreto, sulfato e bicarbonato do solo.

Tabela 4.52: Resumo das análises de variância referentes as variáveis: carbonato (CO₃), cloreto (Cl), sulfato (SO₄) e bicarbonato (HCO₃) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio			
		CO ₃ ¹ (mmol _c /l)	Cl ¹ (mmol _c /l)	SO ₄ ¹ (mmol _c /l)	HCO ₃ ¹ (mmol _c /l)
Dose (DN)	4	0,01 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Água (TA)	1	0,00 ^{ns}	1,92 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,08 ^{ns}
DN x TA	4	0,00 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,36 ^{ns}
Test x Fatorial	1	0,00 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,87 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	0,01 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,62 ^{**}	0,01 ^{ns}
Tratamento	11	0,01 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Blocos	3	0,01 ^{ns}	2,42 ^{ns}	0,21 [*]	0,34 ^{ns}
Resíduo	33	0,01	1,52	0,06	0,48
CV(%)		6,86	34,27	14,69	30,19

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Tabela 4.53: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) referente as variáveis: carbonato (CO₃), cloreto (Cl), sulfato (SO₄) e bicarbonato (HCO₃) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	CO ₃ (mmol _c /l)	Cl (mmol _c /l)	SO ₄ (mmol _c /l)	HCO ₃ (mmol _c /l)
Dose de Nitrogênio (DN)				
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	1,06a	3,23a	1,57a	2,20a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	1,08a	4,10a	1,80a	1,92a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	1,00a	3,55a	1,87a	2,27a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	1,00a	3,19a	1,66a	2,42a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	1,00a	3,86a	1,71a	2,39a
Dms	0,1	1,78	0,37	1
Tipo de Água (TA)				
TA ₁ (água de abastecimento)	1,03a	3,37a	1,72a	2,19a
TA ₂ (água residuária)	1,02a	3,81a	1,72a	2,28a
Dms	0,04	0,79	0,16	0,45
Testemunhas (T)				

(Continuação da Tabela 4.53)

T ₁ (água de abastecimento)	1,00a	3,92a	2,08a	2,64a
T ₂ (água residuária)	1,06a	3,43a	1,53b	2,56a
Dms	0,1	1,78	0,37	0,99

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

4.2.2.2.1 Carbonato (CO₃²⁻)

Baseando-se nos resultados das análises de variância (Tabela 4.52), verifica-se que não houve efeito significativo de nenhum dos fatores estudados sobre o carbonato do solo. Comparando-se, porém as concentrações desse elemento no solo antes do plantio e ao final da colheita (Figura 4.62), verifica-se os valores mantiveram-se baixos após o cultivo.

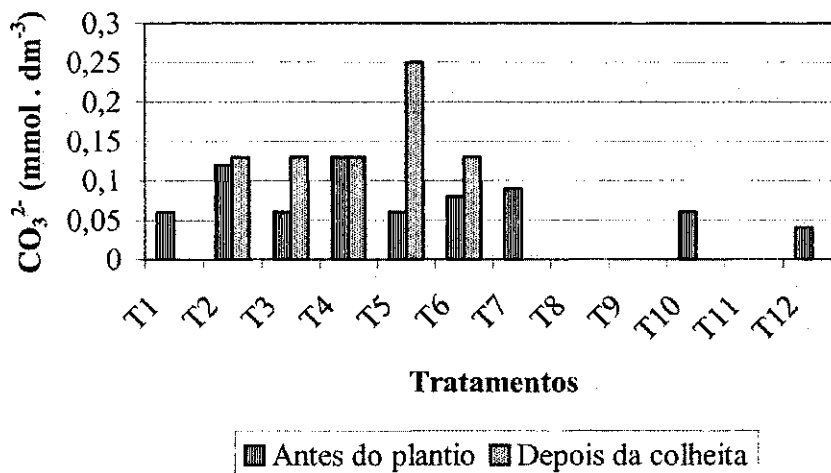


Figura 4.62: Concentração de carbonato no solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do algodão.

4.2.2.2.2 Cloreto (Cl⁻)

De acordo com os resultados da ANOVA (Tabela 4.52), não houve efeito significativo de nenhuma das variáveis analisadas sobre o cloreto do solo, muito embora se perceba através da Figura 4.63 (médias dos valores do cloreto no solo, por tratamento, antes

e depois do cultivo do algodão), que houve aumento desse elemento no solo ao final do experimento, em toda área de cultivo.

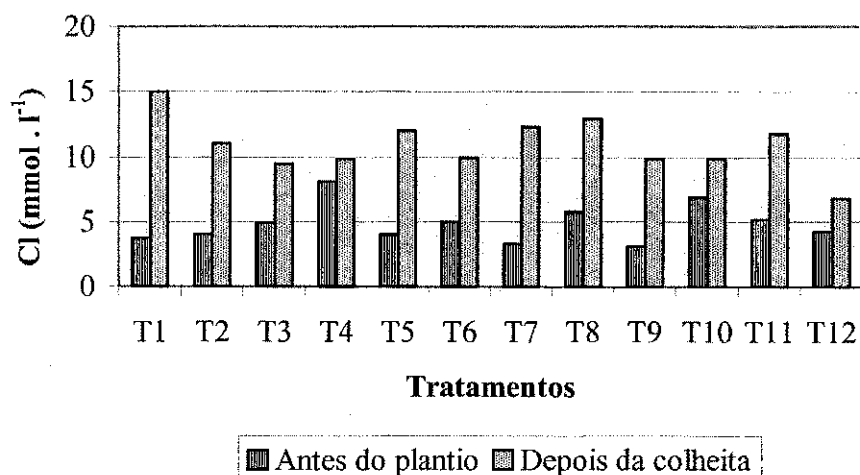


Figura 4.63: Concentração de cloreto no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão.

4.2.2.2.3 Sulfato (SO_4^{2-})

Pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.52), houve diferença significativa entre as testemunhas em nível de 1% de probabilidade e entre os blocos, em nível de 5%. De acordo com a Tabela 4.53 (Tabela dos valores médios dos fatores) verifica-se a superioridade da água de abastecimento sobre o incremento de sulfato no solo da área experimental após o cultivo do algodão. Pelos resultados das médias de cada tratamento depois do plantio (Figura 4.64), observa-se que a concentração de sulfato no tratamento T1 (Testemunha absoluta – água de abastecimento) foi aproximadamente 2,5 vezes a concentração no tratamento T2 (Testemunha absoluta – água residuária tratada). Observa-se ainda que a concentração desse elemento no solo aumentou ao final do experimento com algodão.

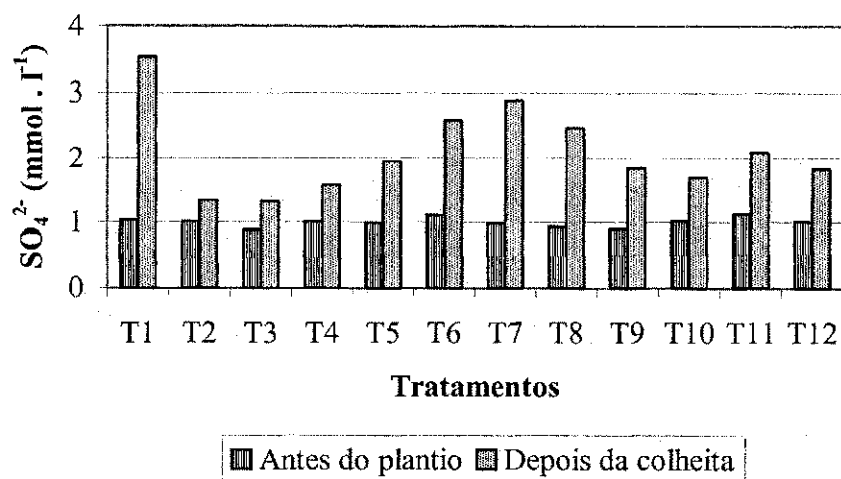


Figura 4.64: concentração de sulfato no solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do algodão.

4.2.2.2.4 Bicarbonato (HCO₃⁻)

De acordo com a Tabela 4.52, não houve efeito significativo de nenhuma das variáveis estudadas sobre o bicarbonato do solo. Ao final do cultivo do algodão houve discreto aumento da concentração de bicarbonato no solo, como pode ser observado na Figura 4.65, onde se encontram os resultados das médias das concentrações de bicarbonato para cada tratamento antes do plantio e depois da colheita.

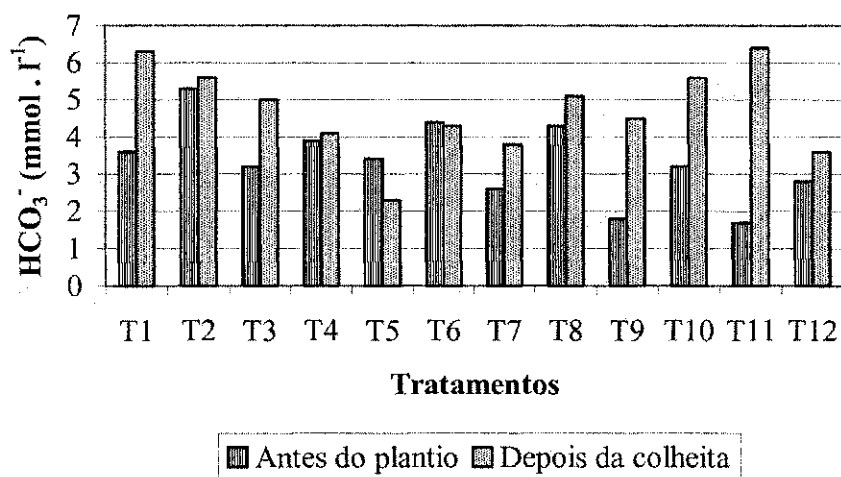


Figura 4.65: Bicarbonato do solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do algodão.

As Tabelas 4.54 e 4.55 referem-se respectivamente ao resumo das análises de variância e aos valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para as variáveis: condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST) do solo após a colheita do algodão.

Tabela 4.54: Resumo das análises de variância referente as variáveis: condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio		
		CE ¹ (dS/m)	RAS ¹ (mmol/l) ^{0,5}	PST ¹ %
Dose (DN)	4	0,117 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,59 ^{ns}
Água (TA)	1	0,190 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,59 ^{ns}
DN x TA	4	0,030 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,16 ^{ns}
Test x Fatorial	1	0,003 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	0,076 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Tratamentos	11	0,784 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,35 ^{ns}
Blocos	3	0,215 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Resíduo	33	0,087	0,19	0,32
CV(%)		17,72	29,38	24,78

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F; ¹ Dados transformados em \sqrt{x} ; ² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Tabela 4.55: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) referente as variáveis: condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	CE (dS/m)	RAS (mmol/l) ^{0,5}	PST %
Dose de Nitrogênio (DN)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	1,53a	2,23a	2,31a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	1,79a	2,42a	2,56a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	1,65a	2,23a	1,84a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	1,57a	2,31a	2,41a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	1,79a	2,29a	2,35a
Dms	0,43	0,63	0,81
Tipo de Água (TA)			
TA ₁ (água de abastecimento)	1,60a	2,27a	2,17a
TA ₂ (água residuária)	1,73a	2,33a	2,41a
Dms	0,43	0,28	0,36
Testemunhas (T)			
T ₁ (água de abastecimento)	1,78a	2,23a	2,32a
T ₂ (água residuária)	1,59a	2,03a	2,01a
Dms	0,43	0,63	0,81

(Continuação da Tabela 4.55)

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

4.2.2.2.5 Condutividade elétrica (CE)

Pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.54) pôde-se observar que não houve efeito significativo de nenhum dos fatores estudados sobre a condutividade elétrica do solo ao final do experimento, mas verifica-se que houve aumento da condutividade elétrica do solo ao final da colheita, de acordo com a Figura 4.66 na qual estão presentes as médias por tratamento antes do plantio e ao final da colheita.

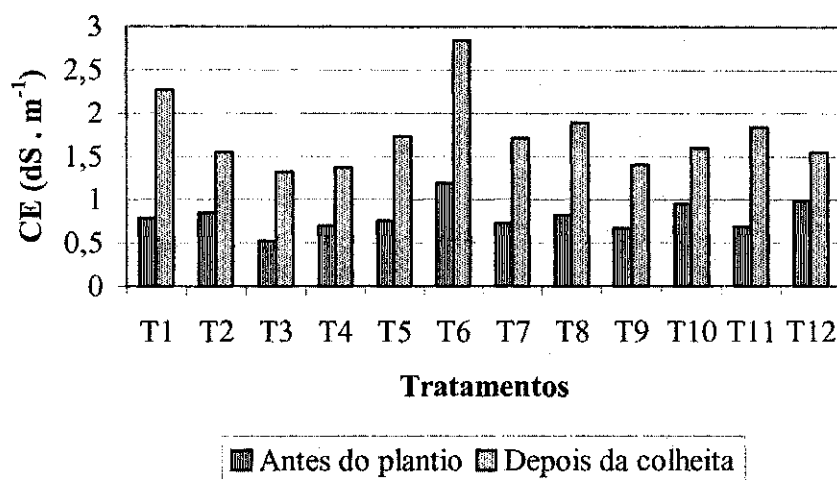


Figura 4.66: Condutividade elétrica do solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do algodão.

4.2.2.2.6 Razão de Adsorção do Sódio (RAS)

Pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.54), verifica-se que não houve efeito significativo de nenhum dos fatores estudados sobre a RAS do solo após o cultivo do algodão. Analisando-se a RAS do solo antes e ao final do experimento (Figura 4.67), observa-se que houve queda na RAS do solo apenas no tratamento T8 ao final do cultivo.

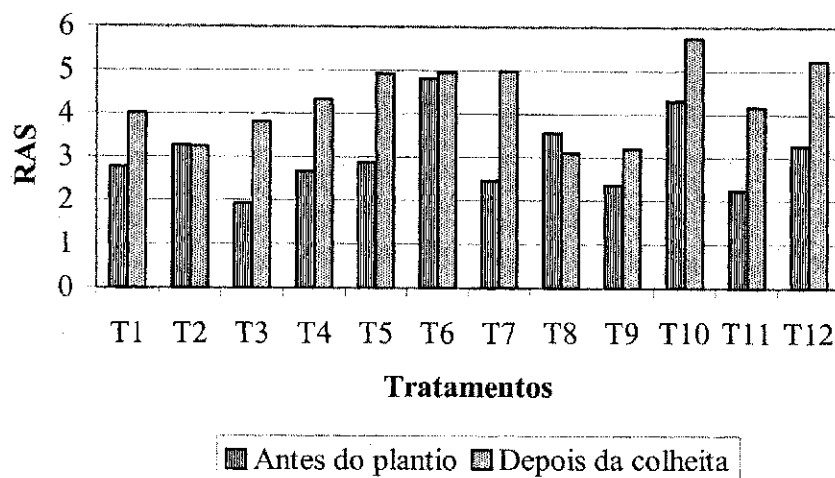


Figura 4.67: Razão de adsorção de sódio do solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do algodão.

4.2.2.2.7 Percentual de Sódio Trocável (PST)

Não houve, de acordo com os resultados da tabela de análises de variância (Tabela 4.54), efeito de nenhum dos fatores propostos na pesquisa sobre a percentagem de sódio trocável do solo, muito embora se observe que a PST do solo aumentou ao final do cultivo do algodão, excetuando-se as parcelas que receberam o tratamento T12 (Figura 4.68).

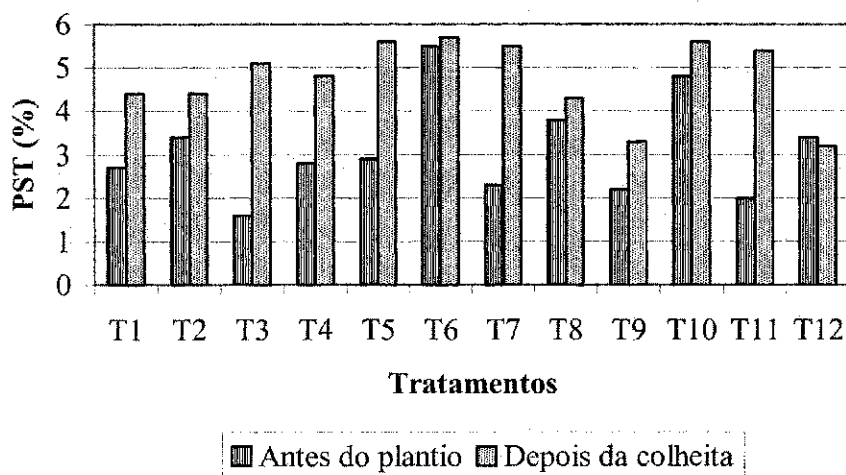


Figura 4.68: Percentual de sódio trocável do solo antes do plantio e depois da colheita.

4.2.2.2.3 Metais Pesados e micronutrientes

Nas Tabelas 4.56 e 4.57 estão respectivamente o resumo das análises de variância e os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) dos metais pesados e micronutrientes do solo do experimento referente as variáveis: cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), chumbo (Pb) e níquel (Ni).

Tabela 4.56: Resumo das análises de variância dos metais pesados e micronutrientes do solo do experimento referente as variáveis: cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), chumbo (Pb) e níquel (Ni) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio					
		Cu ¹ (mg/kg)	Fe ¹ (mg/kg)	Zn ¹ (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Pb ¹ (mg/l)	Ni (mg/l)
Dose (DN)	4	0,00 ^{ns}	7,57**	0,05 ^{ns}	418,13 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Água (TA)	1	0,04 ^{ns}	19,21**	0,00 ^{ns}	79,24 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}
DN x TA	4	0,02 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,03 ^{ns}	250,73 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,02 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,39*	3,41 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	0,02 ^{ns}	2,95 ^{ns}	0,11 ^{ns}	31,60 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Tratamentos	11	0,02 ^{ns}	5,15*	0,77 ^{ns}	253,61 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Blocos	3	0,12 ^{ns}	14,70**	0,20 ^{ns}	1654,19**	0,06 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Resíduo	33	0,07	1,91	0,07	305,89	0,19	0,03
CV (%)		13,35	16,56	14,38	16,14	24,86	16,83

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

Tabela 4.57: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) dos metais pesados e micronutrientes do solo do experimento II, referente as variáveis: cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), chumbo (Pb) e níquel (Ni) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	Cu ¹ (mg/kg)	Fe ¹ (mg/kg)	Zn ¹ (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Pb ¹ (mg/l)	Ni (mg/l)
Dose de Nitrogênio (DN)						
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	2,05a	8,42ab	1,85a	110,35a	1,71a	1,03a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	2,03a	10,04a	1,89a	116,05a	1,81a	1,01a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	2,02a	7,77b	1,72a	113,45a	1,70a	0,93a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	2,02a	8,09ab	1,87a	102,25a	1,83a	1,00a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	1,98a	7,61b	1,94a	99,26a	1,92a	1,00a
Dms	0,39	1,99	0,39	25,22	0,63	0,24
Tipo de Água (TA)						
TA ₁ (água de abastecimento)	2,05a	9,08a	1,85a	109,68a	1,76a	1,01a
TA ₂ (água residuária)	1,99a	7,69b	1,86a	106,87a	1,82a	0,98a

(Continuação da tabela 4.57)						
Dms	0,17	0,89	0,18	11,26	0,28	0,11
Testemunhas (T)						
T ₁ (água de abastecimento)	2,02a	8,73a	2,21a	107,00a	1,60a	0,93a
T ₂ (água residuária)	2,13a	7,52a	1,98a	110,98a	1,57a	1,03a
Dms	0,39	1,99	0,39	25,18	0,63	0,24

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

4.2.2.2.3.1 Cobre (Cu)

Pelos resultados das análises de variância dos fatores estudados (Tabela 4.56) verifica-se que não houve efeito de nenhum desses fatores sobre o cobre no solo ao final do experimento. Mas conforme pode ser observado na Figura que mostra as médias dos teores de cobre no solo em cada tratamento, antes do plantio e ao final da colheita (Figura 4.69), verifica-se aumento na concentração de cobre no solo da área experimental após o experimento com algodão.

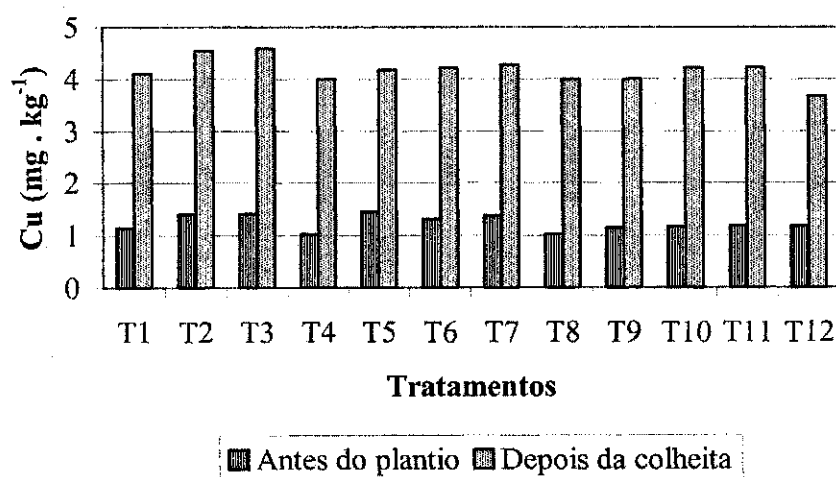


Figura 4.69: Teor de cobre no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão em função dos tratamentos.

4.2.2.2.3.2 Ferro (Fe)

Pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.56) verifica-se que houve efeito significativo em nível de 1% para as doses, para o tipo de água de irrigação e entre os blocos; e em nível de 5% entre os tratamentos, sobre o ferro do solo. De acordo com os resultados da Tabela dos valores médios

(Tabela 4.57), as doses de 0 e 240kgN/ha não diferiram entre si sobre a contribuição do ferro para o solo; assim como as doses de 160 e 320kgN/ha, que também não diferiram entre si nessa contribuição, as quatro doses porém diferiram significativamente da dose de 80kgN/ha, tendo sido esta dose a que melhor contribuiu para o incremento desse elemento no solo.

Quanto ao tipo de água utilizado na irrigação, na mesma tabela observa-se a superioridade da água de abastecimento sobre a água residuária tratada com relação ao elemento ferro no solo.

Na Tabela 4.58 encontra-se o resumo das análises de regressão. Através dos resultados verifica-se que o modelo que melhor representou o comportamento das doses de nitrogênio sobre o ferro no solo foi o modelo cúbico, conforme a Figura 4.70.

Tabela 4.58: Resumo das análises de regressão, referente a variável ferro (Fe) do solo adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de variação	GL	Quadrado médio
		Fe ¹
Dose de Nitrogênio (DN)	4	3,83*
Regressão Linear	1	5,28*
Regressão Quadrática	1	0,71 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	4,04*
Desvio da Regressão	1	5,29*
Resíduo	12	0,85

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

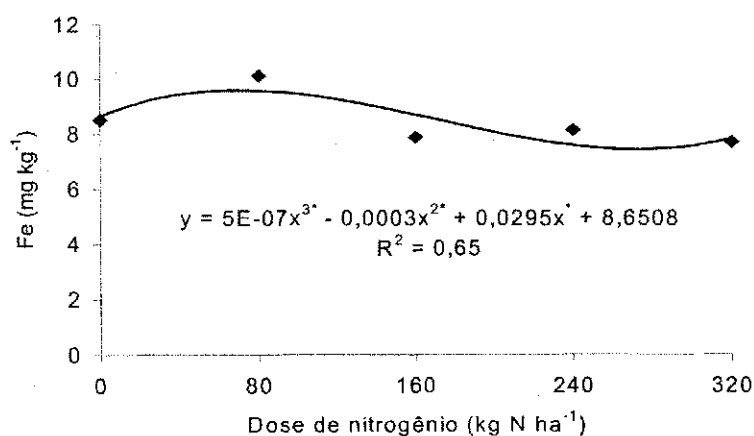


Figura 4.70: Curva que representa o efeito das doses de nitrogênio sobre o ferro no solo.

Pelas médias dos teores de ferro em cada tratamento, antes do plantio e após a colheita do algodão (Figura 4.71), observa-se que o ferro do solo aumentou ao final do experimento chegando em alguns tratamentos, até quase cinco vezes o valor inicial encontrado antes do plantio.

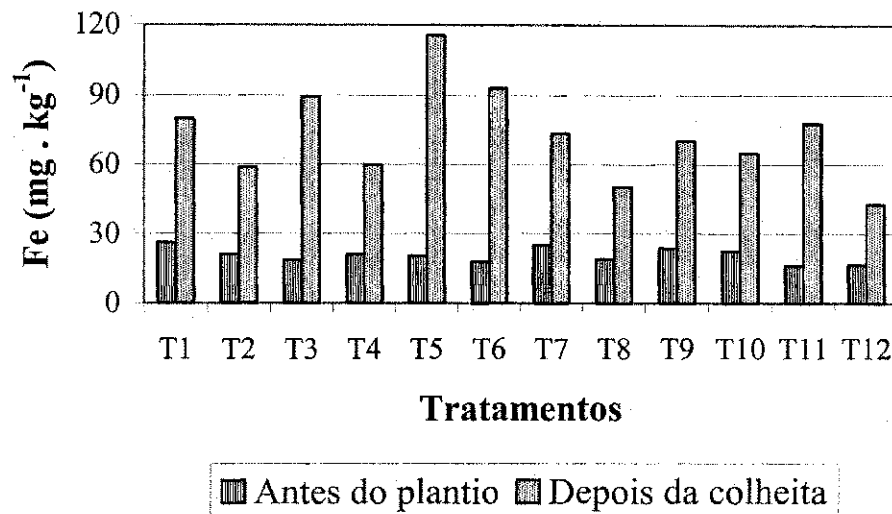


Figura 4.71: Concentração de ferro no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão em função dos tratamentos.

4.2.2.2.3.3 Zinco (Zn)

Pelos resultados da Tabela 4.56, houve efeito significativo apenas para a interação testemunha versus o fatorial, em nível de 5% de probabilidade sobre o zinco do solo, mas pelas médias dos teores de zinco em cada um dos tratamentos antes da semeadura e após a colheita (Figura 4.72), verifica-se que houve aumento desse elemento na área experimental ao final do cultivo.

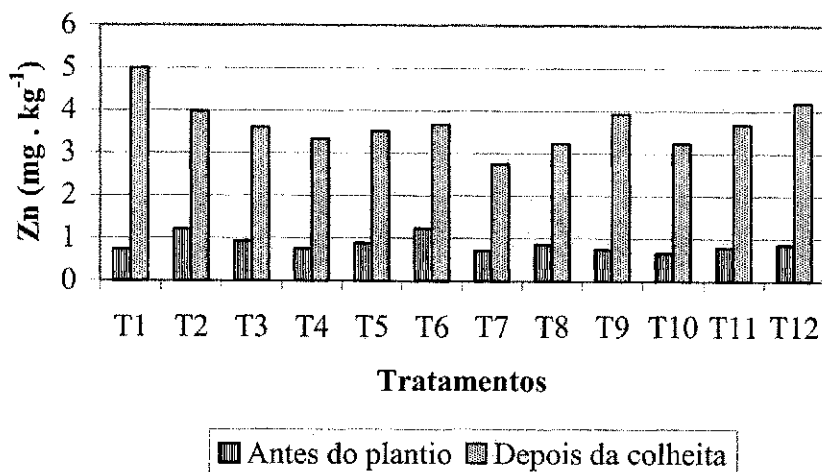


Figura 4.72: Teor de zinco no solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do algodão.

4.2.2.2.3.4 Manganês (Mn)

Houve diferença significativa em nível de 1% apenas entre os blocos sobre o manganês no solo, de acordo com a Tabela 4.56.

De acordo com os resultados das médias das concentrações de manganês antes do plantio e após a colheita do algodão (Figura 4.73), observa-se que o teor desse elemento aumentou, em alguns tratamentos, em até quase quatro vezes ao final do plantio.

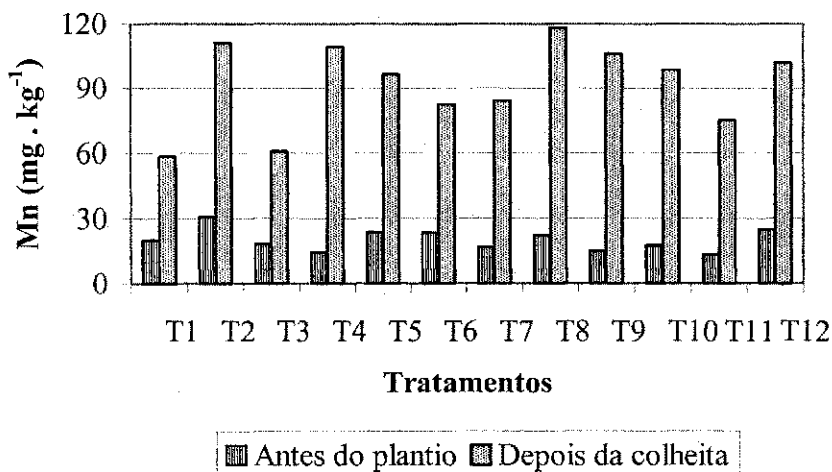


Figura 4.73: Concentração de manganês no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão em função dos tratamentos.

4.2.2.2.3.5 Chumbo (Pb)

Pelos resultados obtidos quando da análise de variância dos fatores estudados (Tabela 4.56) verifica-se que não houve efeito significativo de nenhum deles sobre o chumbo do solo. Mas através da comparação entre a concentração inicial e a final, por tratamento (Figura 4.74), observa-se que houve uma tendência ao aumento desse elemento no solo ao final do experimento.

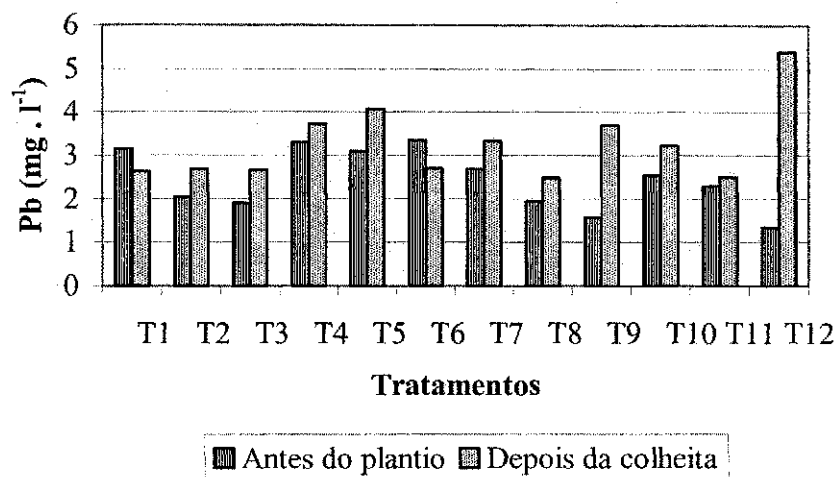


Figura 4.74: Concentração de chumbo no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão.

4.2.2.2.3.6 Níquel (Ni)

Pelos resultados da ANOVA (Tabela 4.56) não houve efeito significativo de nenhum dos fatores estudados sobre a concentração de níquel do solo. Mas houve, de acordo com a Figura 4.75 que apresenta as médias da concentração de níquel no solo, por tratamento, antes do plantio e depois da colheita do algodão, um aumento da concentração desse elemento no solo em todos os tratamentos, excetuando-se o tratamento T11.

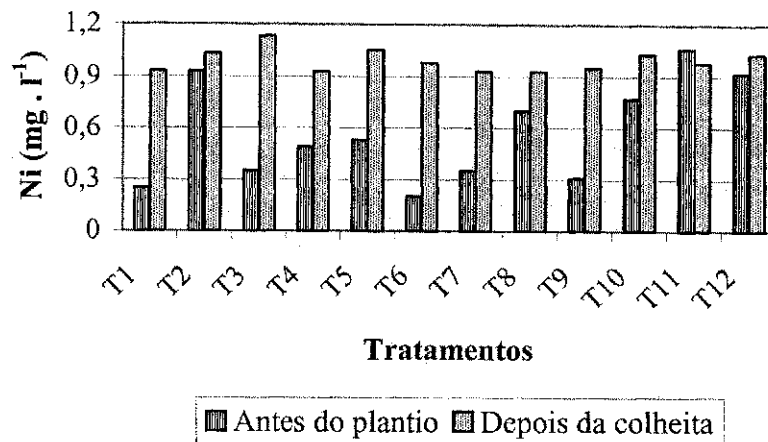


Figura 4.75: Concentração de níquel no solo antes do plantio e depois da colheita do algodão em função dos tratamentos.

4.2.2.2.4 Microbiologia

De acordo com FERREIRA (2003), o solo da área experimental já se encontrava contaminada antes mesmo da instalação do seu experimento. Como houve continuidade da irrigação com água residuária na área, resolveu-se monitorar o aspecto sanitário do solo também ao final do terceiro ano de utilização da área. Na Tabela 4.59 o resumo das análises de variância para as variáveis: coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) e *Escherichia coli* (EC) do solo depois de cultivado com algodão.

Tabela 4.59: Resumo das análises de variância referente as variáveis: coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) e *Escherichia coli* (EC) do solo depois do cultivo do algodão. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio		
		CT ¹ (NMP/100g)	CF ¹ (NMP/100g)	EC ¹ (NMP/100g)
Dose (DN)	4	0,26 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Água (TA)	1	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,12 ^{ns}
DN x TA	4	0,92 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,12 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,55 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	0,00 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,99*
Tratamentos	11	0,44 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,23 ^{ns}
Blocos	3	0,75 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Resíduo	33	0,83	0,76	0,18
CV (%)		13,48	13,45	9,64

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F; ¹ Dados transformados em log

Na tabela 4.60 encontram-se os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) para as variáveis: coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) e *Escherichia coli* (EC) do solo depois de cultivado com algodão.

Tabela 4.60: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para as variáveis: coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) e *Escherichia coli* (EC) do solo depois do cultivo do algodão, adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	CT ¹ (NMP/100g)	CF ¹ (NMP/100g)	EC ¹ (NMP/100g)
Dose de Nitrogênio (DN)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	6,84a	6,71a	4,71a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	6,75a	6,61a	4,44a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	6,75a	6,48a	4,38a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	7,04a	6,42a	4,34a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	6,55a	6,38a	4,34a
Dms	1,31	1,25	0,61
Tipo de Água (TA)			
TA ₁ (água de abastecimento)	6,75a	6,50a	4,39a
TA ₂ (água residuária)	6,82a	6,54a	4,49a
Dms	0,59	0,56	0,27
Testemunhas (T)			
T ₁ (água de abastecimento)	6,66a	6,30a	3,80a
T ₂ (água residuária)	6,65a	6,13a	4,50b
Dms	1,31	1,25	0,61

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em log

De acordo com os resultados das análises de variância (Tabela 4.59), não houve efeito significativo de nenhum dos fatores estudados sobre os coliformes totais (CT), os coliformes fecais (CF) e *Escherichia coli* (EC) do solo. A exceção foi para as testemunhas (Tabela 4.60), que apresentaram diferença significativa entre si sobre a *E. coli* no solo. Tornando evidente que a utilização da água residuária contribuiu mais para o aumento da contaminação fecal no meio edáfico do que a água de abastecimento.

4.2.2.2.4.1 Evolução da microbiologia do solo ao longo da pesquisa

Considerou-se para evolução da microbiologia do solo o final do experimento com o milho, 60 dias da semeadura, e final do cultivo do algodão. As análises realizadas foram coliformes fecais e *Escherichia coli*.

Na Tabela 4.61 encontra-se o resumo das análises de variância para os coliformes fecais (CF) do solo aos 120 dias (final do plantio do milho), 180 dias (60 dias após o plantio do algodão) e 240 dias (120 dias do plantio do milho).

Tabela 4.61: Resumo das análises de variância referentes a variável coliforme fecal (CF) do solo aos 120, 180 e 240 dias da instalação do experimento I (milho). Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio		
		CF 120 ¹ (NMP/100g)	CF 180 ¹ (NMP/100g)	CF 240 ¹ (NMP/100g)
Dose (DN)	4	0,16 ^{ns}	2,48 ^{ns}	0,95 ^{ns}
Água (TA)	1	0,02 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,97 ^{ns}
DN x TA	4	0,54 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,47 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,62 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	0,06 ^{ns}	0,15 ^{ns}	2,31 ^{ns}
Tratamentos	11	0,32 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,82 ^{ns}
Blocos	3	0,43 ^{ns}	5,30 ^{ns}	10,90 ^{ns}
Resíduo	33	0,76	2,02 ^{ns}	3,56 ^{ns}
CV (%)		19,47	36,59	79,12

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em log

De acordo com a ANOVA não houve efeito significativo de nenhum dos fatores estudados sobre os coliformes fecais do solo ao longo da pesquisa. Através das análises das médias das concentrações por tratamento ao final do plantio do milho (início do plantio do algodão), aos 60 dias do plantio do algodão e ao final do cultivo (Figura 4.63) verifica-se houve queda da concentração de coliformes fecais no solo em quase todos os tratamentos aos 60 dias do plantio do algodão, ressaltando-se que nesse período foi realizada irrigação com os dois tipos de água, de acordo com o tratamento especificado. A partir de 04 de janeiro de 2004 (61 dias do plantio do algodão) iniciou-se um período de chuvas na região, dois meses com precipitação de 206,9mm em janeiro/2004 e 213,1mm em fevereiro/2004, o que fez cair a contaminação por coliformes fecais no solo ao final do cultivo em quase todos os tratamentos; portanto o que se observou foi uma queda no número dessas bactérias no solo com o tempo.

Na Tabela 4.62 encontram-se os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para os coliformes fecais (CF) do solo aos 120 dias (final do plantio do milho), 180 dias (60 dias após o plantio do algodão) e 240 dias (120 dias do plantio do milho).

Tabela 4.62: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para a variável coliforme fecal (CF) do solo, aos 120, 180 e 240 dias da instalação do experimento I (milho). Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	CF 120 ¹ (NMP/100g)	CF 180 ¹ (NMP/100g)	CF 240 ¹ (NMP/100g)
Dose de Nitrogênio (DN)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	4,71a	3,87a	2,42a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	4,61a	3,46a	2,32a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	4,48a	4,11a	1,99a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	4,42a	4,79a	2,23a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	4,38a	3,42a	2,93a
Dms	1,25	2,05	2,72
Tipo de Água (TA)			
TA ₁ (água de abastecimento)	4,50a	3,84a	2,53a
TA ₂ (água residuária)	4,54a	4,02a	2,22a
Dms	0,56	0,91	1,22
Testemunhas (T)			
T ₁ (água de abastecimento)	4,30a	3,51a	1,88a
T ₂ (água residuária)	4,13a	3,78a	2,96a
Dms	1,25	2,05	2,72

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em log

Tabela 4.63: Médias das concentrações de coliformes fecais (NMP/100g) no solo para cada tratamento antes do plantio, no meio do cultivo e ao final do cultivo do algodão. Campina Grande - PB, 2004.

Tratamentos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Doses	0	0	0	0	80	80	160	160	240	240	320	320
Tipo de água	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
CF antes do plantio												
1 x (E+04)	240	1290	1040	1790	560	2980	1700	230	1360	250	1570	300
CF após dois meses do plantio												
1 x (E+04)	1,40	8,45	2,58	4,88	0,58	8,68	1,80	9,60	46,30	5,18	14,50	1,58
CF ao final do plantio												
1 x (E+04)	0,15	1,38	0,65	60,00	0,50	0,60	0,26	7,00	4,28	4,00	0,22	6,25

A1: Água de abastecimento

A2: Água residuária

Nas Tabelas 4.64 e 4.65 encontram-se respectivamente, o resumo das análises de variância e os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para a variável *Escherichia coli* (EC) do solo aos 120 dias (final do plantio do milho), 180 dias (60 dias após o plantio do algodão) e 240 dias (120 dias do plantio do milho).

Tabela 4.64: Resumo das análises de variâncias referentes a variável *Escherichia coli* (EC) do solo aos 120, 180 e 240 dias da instalação do experimento I (milho). Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio		
		EC 120 ¹ (NMP/100g)	EC 180 ¹ (NMP/100g)	EC 240 ¹ (NMP/100g)
Dose (DN)	4	0,19 ^{ns}	1,77*	0,08 ^{ns}
Água (TA)	1	0,12 ^{ns}	19,47**	0,02 ^{ns}
DN x TA	4	0,03 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,01 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	0,08 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,58*
Tratamentos	11	0,10 ^{ns}	3,08**	0,16 ^{ns}
Blocos	3	0,07 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,32**
Resíduo	33	0,09	0,55	0,14
CV (%)		12,66	49,46	73,27

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em log

Tabela 4.65: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para a variável *Escherichia coli* (EC) do solo aos 120, 180 e 240 dias da instalação do experimento I (milho). Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	EC 120 ¹ (NMP/100g)	EC 180 ¹ (NMP/100g)	EC 240 ¹ (NMP/100g)
Dose de Nitrogênio (DN)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	2,71a	1,75ab	0,39a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	2,44a	1,18ab	0,40a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	2,38a	1,78ab	0,52a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	2,34a	2,05a	0,49a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	2,34a	0,91b	0,64a
Dms	0,44	1,07	0,53
Tipo de Água (TA)			
TA ₁ (água de abastecimento)	2,39a	0,84a	0,47a
TA ₂ (água residuária)	2,49a	2,23b	0,51a
Dms	0,19	0,48	0,24
Testemunhas (T)			
T ₁ (água de abastecimento)	2,30a	0,83a	0,30a
T ₂ (água residuária)	2,50a	1,81a	0,84b
Dms	0,44	1,07	0,53

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em log

Verifica-se através da Tabela 4.64, efeito significativo aos 180 dias da implantação do experimento em nível de 1% para o tipo de água utilizado na irrigação e entre os tratamentos e em nível de 5% de probabilidade para as doses de nitrogênio utilizadas sobre essa bactéria no solo. Aos 240 dias houve efeito significativo em nível de 5% de entre as testemunhas e em nível de 1% entre os blocos.

De acordo com a Tabela 4.65 observa-se que aos 180 dias as doses de 0, 80 e 160kgN/ha, não diferiram significativamente entre si sobre o efeito causado sobre essa bactéria no solo; mas, as doses de 240 e 320kgN/ha, diferiram entre si sobre esse efeito, tendo a dose de 240kgN/ha sido a que mais influenciou na detecção da presença da bactéria no solo. Aos 240 dias as testemunhas apresentaram diferença significativa, sendo notória a influência da água residuária tratada sobre a presença das bactérias indicadoras de contaminação fecal no solo. Na Tabela 4.66 está o resumo das análises de regressão para a EC no solo aos 180 dias da instalação do experimento. Pelos resultados observa-se que o modelo que melhor representou o comportamento da bactéria no solo em função da dose de nitrogênio foi o modelo cúbico (Figura 4.76)

Tabela 4.66: Resumo das análises de regressão, referente a variável *Escherichia coli* (EC) do solo aos 180 dias da instalação do experimento I (milho). Campina Grande - PB, 2004.

Causa de variação	GL	Quadrado médio
		EC 180
Dose de Nitrogênio (DN)	4	1,78**
Regressão Linear	1	0,06 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	2,62**
Regressão Cúbica	1	3,81*
Desvio da Regressão	1	0,63 ^{ns}
Resíduo	12	0,28

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

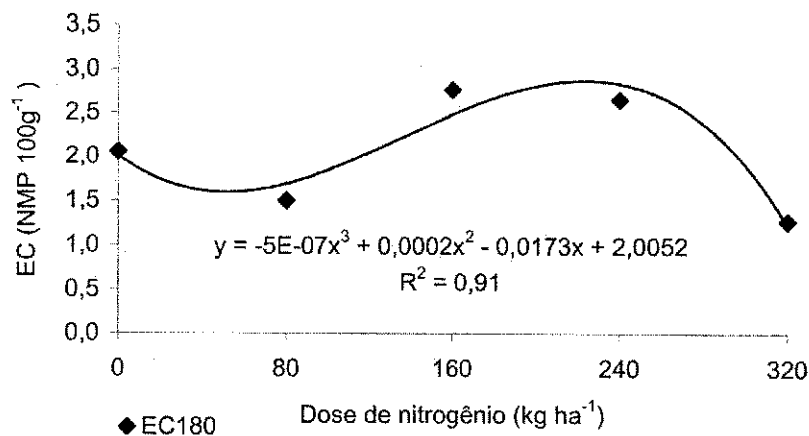


Figura 4.76: Curva representativa do efeito da adubação nitrogenada sobre a bactéria *E. coli* no solo aos 180 dias após a instalação do experimento I.

As médias das concentrações de *Escherichia coli* (NMP/100g) no solo para cada tratamento antes do plantio, no meio do cultivo e ao final do cultivo do algodão são apresentadas na Tabela 4.67, acredita-se que as razões pelas quais houve diminuição no número de bactérias com o tempo no solo, tenham sido devido as chuvas ocorridas, que diluíram o efluente.

Tabela 4.67: Médias das concentrações de *Escherichia coli* (MNP/100g) no solo para cada tratamento antes do plantio, no meio do plantio e ao final do cultivo do algodão. Campina Grande - PB, 2004.

Treatamentos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Doses	0	0	0	0	80	80	160	160	240	240	320	320
Tipo de água	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
EC antes do plantio 1 x (E+02)	150	480	1400	830	200	530	200	350	250	200	200	250
EC no meio do cultivo 1 x (E+02)	0,3	2,3	0,4	6,6	0,07	1,6	0,05	15,0	1,3	14,0	0,02	1,4
EC ao final do cultivo 1 x (E+02)	0,02	0,71	0,04	0,02	0,02	0,07	0,04	0,09	0,09	0,02	0,04	0,11

A1: Água de abastecimento

A2: Água residuária

4.2.3 PLANTA

4.2.3.1 CRESCIMENTO

4.2.3.1.1 Diâmetro caulinar

Nas Tabelas 4.68 e 4.69 encontram-se, respectivamente, o resumo das análises de variâncias, os valores médios referente ao diâmetro do caule aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão.

Tabela 4.68: Resumo das análises de variâncias, referente a variável diâmetro do caule aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio					
		Diâmetro 20DAS	Diâmetro 40DAS	Diâmetro 60DAS	Diâmetro 80DAS	Diâmetro 100DAS	Diâmetro 120DAS
Dose (DN)	4	0,19 ^{ns}	0,93 ^{ns}	5,64**	13,94**	12,13**	10,25*
Água (TA)	1	0,01 ^{ns}	29,24**	48,84**	99,54**	129,60**	103,68**
DN x TA	4	0,17 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,39 ^{ns}	3,98 ^{ns}	3,66 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,03 ^{ns}	0,12 ^{ns}	3,93 ^{ns}	10,42*	18,82**	21,24*
Entre Testemunhas	1	0,06 ^{ns}	11,28**	29,26**	78,75**	81,92**	70,81**
Tratamentos	11	0,14 ^{ns}	4,47**	9,64**	23,37**	26,80**	22,85**
Blocos	3	0,05 ^{ns}	6,39**	3,16 ^{ns}	5,38 ^{ns}	14,05**	6,85 ^{ns}
Resíduo	33	0,12	0,76	1,32	1,99	2,21	3,16
CV (%)		11,53	12,33	10,37	10,43	10,16	12,14

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

De acordo com os resultados da ANOVA (Tabela 4.68), aos 20DAS não houve efeito significativo de nenhum dos fatores estudados sobre o diâmetro das plantas. Aos 40DAS houve diferença significativa em nível de 1% de probabilidade para o tipo de água de irrigação, entre as testemunhas, entre os tratamentos e entre os blocos sobre o diâmetro caulinar das plantas. Aos 60DAS houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para as doses de nitrogênio utilizadas, para o tipo de água de irrigação, entre as testemunhas e entre os tratamentos sobre o diâmetro do caule das plantas. A diferença se deu no tipo de água utilizado na irrigação e entre as testemunhas, evidenciando que a água residuária promoveu um incremento nos diâmetros caulinares em relação a água de abastecimento.

Aos 80 DAS, de acordo com a Tabela 4.68, houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para as doses de nitrogênio, o tipo de água de irrigação, entre as testemunhas e dos tratamentos propostos, e em nível de 5% de probabilidade entre as testemunhas e o fatorial, sobre o diâmetro caulinar dos vegetais estudados.

Aos 100DAS houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para as doses de nitrogênio, o tipo de água utilizado na irrigação, entre as testemunhas e o fatorial, entre as testemunhas, para os tratamentos e entre os blocos (Tabela 4.68); sobre o diâmetro caulinar das plantas.

Aos 120 DAS houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para o tipo de água de irrigação e entre as testemunhas; e em nível de 5% para as doses de nitrogênio e entre as testemunhas e o fatorial (Tabela 4.68).

Tabela 4.69: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) referentes a variável diâmetro do caule aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	Diâmetro 20DAS (mm)	Diâmetro 40DAS (mm)	Diâmetro 60DAS (mm)	Diâmetro 80DAS (mm)	Diâmetro 100DAS (mm)	Diâmetro 120DAS (mm)
Dose de Nitrogênio (DN)						
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	2,81a	6,76a	9,88a	11,58a	13,16a	12,93a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	2,90a	6,79a	11,00ab	13,64b	14,33ab	15,24ab
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	3,05a	7,05a	11,34ab	14,08b	15,20ab	15,61b
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	3,08a	7,55a	11,98b	14,58b	15,60b	15,40ab
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	3,20a	7,33a	11,84b	14,95b	16,36b	15,50b
Dms	0,5	1,26	1,66	2,04	2,14	2,56
Tipo de Água (TA)						
TA ₁ (água de abastecimento)	3,02a	6,24a	10,10a	12,19a	13,13a	13,33a
TA ₂ (água residuária)	2,99a	7,95b	12,31b	15,34b	16,73b	16,55b
Dms	0,22	0,56	0,74	0,91	0,96	1,14
Testemunhas (T)						
T ₁ (água de abastecimento)	2,85a	5,78a	8,53a	9,34a	10,05a	10,18a
T ₂ (água residuária)	3,03a	8,15b	12,35b	15,65b	16,45b	16,13b
Dms	0,49	1,26	1,65	2,04	2,14	2,56

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Pelos resultados dos valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) referentes a variável diâmetro do caule (Tabela 4.69) verifica-se que aos 20DAS não houve efeito significativo de nenhum dos fatores sobre o diâmetro caulinar das plantas.

Aos 40DAS verifica-se que houve diferença significativa entre os tipos de água utilizados na irrigação e entre as testemunhas, ficando evidente que a água residuária tratada contribuiu de forma mais eficaz para o aumento do diâmetro caulinar das plantas submetidas à irrigação com esse tipo de água, em relação às irrigadas com água de abastecimento (Tabela 4.69).

Aos 60 DAS verifica-se, pela Tabela 4.69, que não houve diferença significativa entre as doses de 80 e 160kgN/ha; e entre as doses de 240 e 320kgN/ha, mas houve diferença entre estas e a doses de 0kgN/ha; tendo as doses de 240 e 320kgN/ha, sido as que mais contribuíram para os maiores diâmetros caulinares encontrados.

Aos 80 DAS não se verificou diferença significativa para os diâmetros caulinares das plantas quando se utilizou as doses de 80, 160, 240 e 320kgN/ha. Portanto o nitrogênio aos 80 dias após a semeadura não influenciou no diâmetro das plantas. Quanto aos tipos de água de irrigação verifica-se que houve diferença significativa entre elas, e que a água residuária tratada promoveu diâmetros maiores do que a água de abastecimento, o mesmo tendo ocorrido entre as testemunhas (Tabela 4.69).

Aos 100 DAS não houve diferença significativa entre as doses de 80 e 160kgN/ha, o mesmo ocorrendo entre as doses de 240 e 320kgN/há (Tabela 4.69); tendo estas doses diferido estatisticamente da dose de 0kgN/ha na contribuição do diâmetro caulinar das plantas. Tornando-se evidente a importância da adubação nitrogenada sobre essa variável. Para a água utilizada na irrigação verifica-se que a água residuária tratada contribuiu de melhor forma para o tamanho dos diâmetros das plantas, o mesmo ocorrendo entre as testemunhas.

Aos 120 DAS não houve diferença significativa entre as doses de 80 e 240kgN/ha e entre as de 160 e 320kgN/ha, que diferiram da dose de 0kgN/ha, tendo as doses de 160 e 320kgN/ha, sido superiores as demais na contribuição dos maiores diâmetros caulinares neste período (Tabela 4.69). Os tipos de água de irrigação diferiram entre si, confirmando o que ocorreu a partir dos 40 DAS, ou seja: a superioridade e caracterização da água residuária como fonte de nutrientes para as plantas.

Na Tabela 4.70 encontra-se o resumo das análises de regressão referente ao diâmetro do caule para os períodos de 60, 80, 100 e 120 DAS.

Tabela 4.70: Resumo das análises de regressão, referente a variável diâmetro caulinar aos 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubados com diferentes doses de nitrogênio e irrigados com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de variação	GL	Quadrado médio			
		60DAS	80DAS	100DAS	120DAS
Dose de Nitrogênio (DN)	4	2,50**	8,45**	240,13 ^{ns}	5,00 ^{ns}
Reg. Linear	1	8,10**	28,90**	592,90 ^{ns}	10,00**
Reg. Quadrática	1	1,79 ^{ns}	3,50*	240,29 ^{ns}	7,14*
Reg. Cúbica	1	0,03 ^{ns}	1,23 ^{ns}	112,23 ^{ns}	2,50 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	0,09 ^{ns}	0,18 ^{ns}	15,09 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Resíduo	12	0,47	0,75	175,23	1,47

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

Pelos resultados da regressão, o modelo que melhor representou a influência da adubação nitrogenada sobre o diâmetro caulinar das plantas aos 60 DAS foi o linear (Figura 4.77). Aos 80 DAS foi o modelo quadrático, (Figura 4.78). Aos 100 DAS não houve efeito significativo entre as regressões. Aos 120 DAS o modelo quadrático foi o que melhor representou o efeito das doses de nitrogênio sobre o diâmetro caulinar (Figura 4.79). a evolução do diâmetro caulinar com o tempo em função dos tratamentos pode ser observada na Figura 4.80 e o diâmetro aos 120 dias em função dos tipos de água de irrigação e das doses na Figura 4.81.

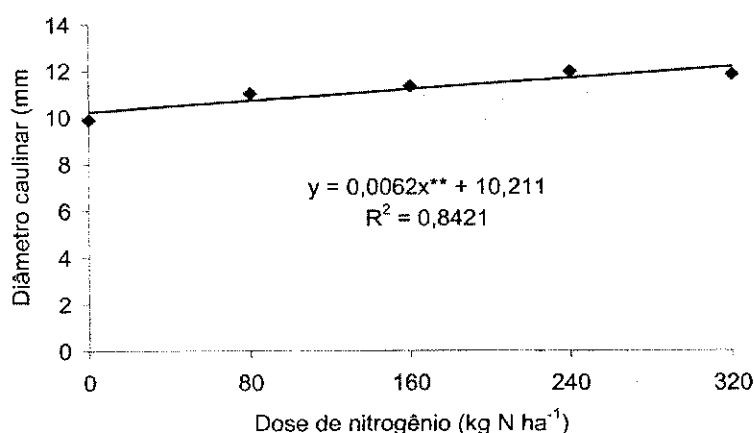


Figura 4.77: Relação entre as doses de nitrogênio e o diâmetro caulinar das plantas do algodão aos 60 DAS.

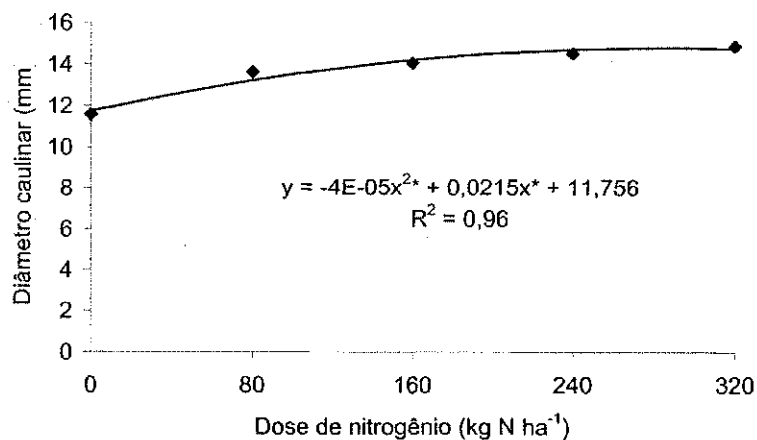


Figura 4.78: Curva que representa o efeito das doses de nitrogênio sobre o diâmetro caulinar das plantas do algodão aos 80 DAS.

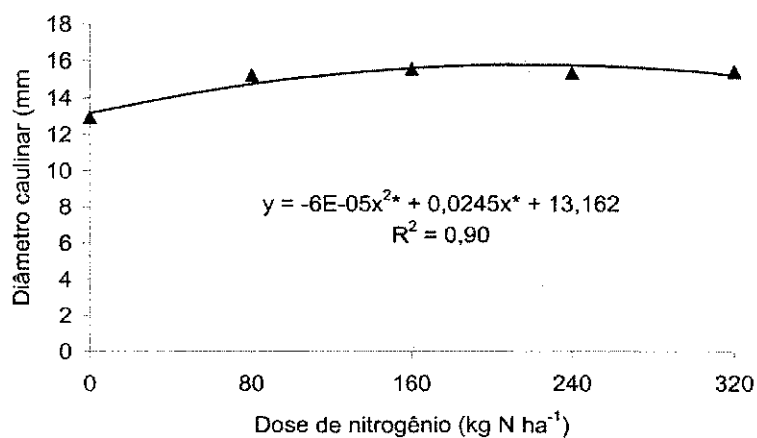


Figura 4.79: Relação entre as doses de nitrogênio e o diâmetro caulinar das plantas do algodão aos 120 DAS.

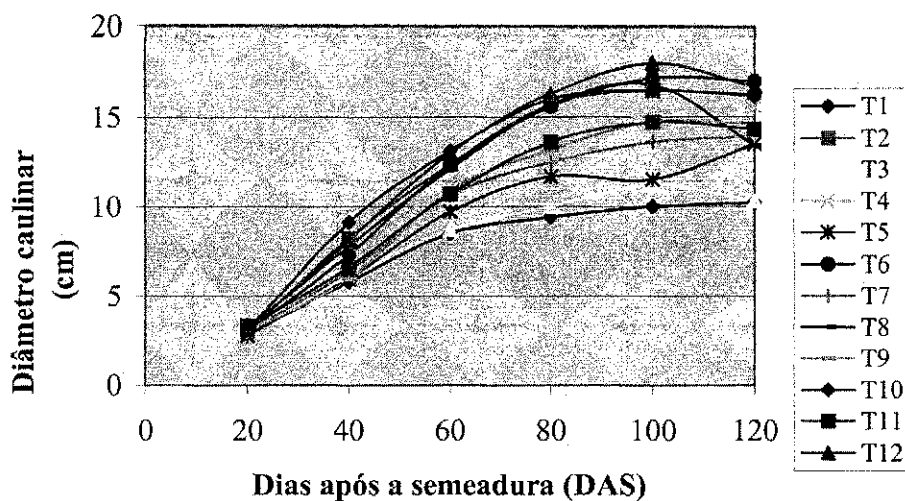


Figura 4.80: Diâmetro caulinar das plantas do algodão, por tratamento, aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após a semeadura.

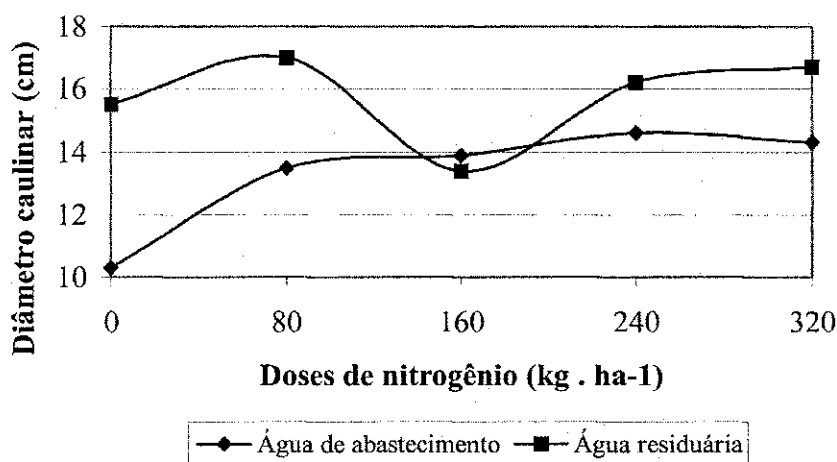


Figura 4.81: Diâmetro caulinar das plantas do algodão aos 120 dias em função das doses de nitrogênio e do tipo de água de irrigação.

4.2.3.1.2 Altura da planta

Nas Tabelas 4.71 e 4.72 encontram-se respectivamente, o resumo das análises de variância e os valores médios referente a variável altura de planta (AP) aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão.

Tabela 4.71: Resumo das análises de variância, referente a variável altura de planta (AP) aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio					
		Altura 20DAS (cm)	Altura 40DAS (cm)	Altura 60DAS (cm)	Altura 80DAS (cm)	Altura 100DAS (cm)	Altura 120DAS (cm)
Dose (DN)	4	1,93 ^{ns}	18,81 ^{ns}	412,37**	1036,15**	1351,60**	1183,13**
Água (TA)	1	0,11 ^{ns}	777,04**	4706,73**	14006,31**	19338,01**	17103,36**
DN x TA	4	0,90 ^{ns}	6,30 ^{ns}	92,64 ^{ns}	450,81**	546,86**	493,04*
Test. x Fatorial	1	3,73 ^{ns}	20,65 ^{ns}	850,51**	2364,42**	2909,28**	3388,51**
Entre Testemunhas	1	0,05 ^{ns}	385,03**	3390,76**	8978,00**	12222,66**	12363,78**
Tratamentos	11	1,38 ^{ns}	116,65**	997,06**	2845,14**	3823,98**	3596,30**
Blocos	3	6,76 ^{ns}	46,28 ^{ns}	106,63 ^{ns}	354,05*	226,38 ^{ns}	109,18 ^{ns}
Resíduo	33	2,39	21,06	55,57	90,41	101,5	179,5
CV (%)		8,86	10,7	9,16	8,76	8,62	11,21

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

Tabela 4.72: Valores médios referentes a variável altura de planta (AP) aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	Altura 20DAS (cm)	Altura 40DAS (cm)	Altura 60DAS (cm)	Altura 80DAS (cm)	Altura 100DAS (cm)	Altura 120DAS (cm)
Dose de Nitrogênio (DN)						
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	16,83a	41,40a	72,04a	94,23a	101,56a	103,80a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	17,33a	42,96a	81,66ab	107,88ab	113,63ab	121,11ab
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	17,85a	42,44a	83,83b	113,28bc	122,83bc	124,79b
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	18,00a	43,69a	88,78b	121,98c	130,73c	131,35b
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	17,86a	45,50a	90,11b	121,19bc	133,15c	135,11b
Dms	2,23	6,62	10,75	13,71	14,53	19,32
Tipo de Água (TA)						
TA ₁ (água de abastecimento)	17,52a	38,79a	72,44a	92,99a	98,36a	102,56a
TA ₂ (água residuária)	17,63a	47,61b	94,13b	130,42b	142,37b	143,91b
Dms	0,99	2,95	4,8	6,12	6,49	8,63
Testemunhas (T)						
T ₁ (água de abastecimento)	16,90a	34,50a	51,40a	59,38a	60,40a	61,38a
T ₂ (água residuária)	16,75a	48,38b	92,58b	126,38b	138,58b	140,00b
Dms	2,22	6,61	10,73	13,69	14,5	19,29

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Pelos resultados fornecidos na Tabela 4.71, para a variável altura das plantas, verifica-se que não houve efeito significativo de nenhum dos fatores analisados sobre a altura das plantas aos 20 DAS.

Aos 40 DAS verifica-se diferença significativa em nível de 1% de probabilidade para o tipo de água de irrigação, entre as testemunhas e para os tratamentos a que foram submetidas as plantas (Tabela 4.71).

De acordo com a análise de variância (Tabela 4.71), aos 60 DAS as alturas das plantas sofreram efeito significativo em nível de 1% de probabilidade decorrente das doses de nitrogênio, do tipo de água, da interação entre a testemunha e o fatorial, entre as testemunhas e dos tratamentos. Aos 80 DAS houve diferença significativa em nível de 1% de probabilidade para a dose de nitrogênio utilizada, para a água, para a interação dose de nitrogênio versus tipo de água, entre as testemunhas versus o fatorial, entre as testemunhas e entre os tratamentos; e em nível de 5% de probabilidade entre os blocos.

Aos 100 DAS a altura das plantas teve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade das doses de nitrogênio recebidas, do tipo de água utilizado na irrigação, da interação dose de nitrogênio versus tipo de água, entre as testemunhas versus o fatorial, entre as testemunhas, e entre os tratamentos. Aos 120 DAS houve efeito significativo sobre a altura das plantas, causado pelos fatores doses de nitrogênio, tipo de água, interação entre as testemunhas e o fatorial, entre as testemunhas e entre os tratamentos, em nível de 1% de probabilidade; e em nível de 5% de probabilidade, para a interação dose versus tipo de água (Tabela 4.71).

De acordo com a Tabela 4.72 aos 40 DAS a utilização ou não de adubação nitrogenada não promoveu nenhuma diferença na altura das plantas, já o tipo de água utilizado influenciou na altura das plantas, tendo aquelas que receberam água residuária tratada alcançado alturas maiores, o mesmo tendo ocorrido entre as testemunhas que receberam esse tipo de água.

Analisando a mesma tabela verifica-se que para os 60 DAS as doses de 160, 240 e 320kgN/ha não apresentaram diferença significativa entre si sobre a altura das plantas, estas, porém diferiram das doses de 0 e 80kgN/ha que também diferiam entre si, ficando patente que maiores doses de nitrogênio promovem um maior crescimento das plantas. O efeito da água residuária sobre a altura das plantas também pode ser observado na mesma tabela, cujos resultados do efeito das duas águas sobre as alturas das plantas diferem entre si; o que também se observou entre as testemunhas.

Na Tabela 4.73 encontra-se o resumo das análises de regressão para a altura das plantas aos 60 DAS em função da adubação nitrogenada.

Tabela 4.73: Resumo das análises de regressão, referente a variável altura de planta (AP) aos 60 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande, 2004.

Causa de variação	GL	Quadrado médio
		Altura aos 60DAS
Dose de Nitrogênio (DN)	4	206,19**
Regressão Linear	1	748,66**
Regressão Quadrática	1	54,31ns
Regressão Cúbica	1	5,93ns
Desvio da Regressão	1	15,84ns
Resíduo	12	31,88

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F.

De acordo com os resultados das análises de regressão o modelo mais representativo da influência das diferentes doses de nitrogênio sobre a altura das plantas aos 60 DAS foi o modelo linear (Figura 4.82).

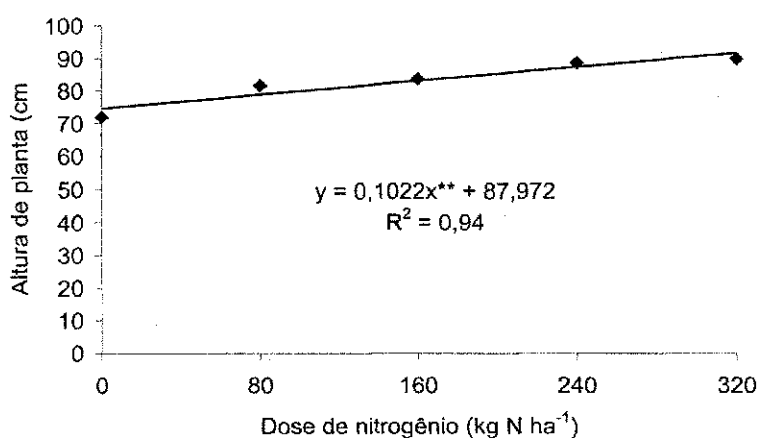


Figura 4.82: Relação entre as doses de nitrogênio e a altura das plantas aos 60 DAS.

Ainda pelos resultados da Tabela 4.72, aos 80 DAS observa-se que não houve diferença significativa entre as doses de 240 e 320kgN/ha, ou seja, poder-se-ia economizar mais adubo utilizando-se a dose de 240kgN/ha e obter-se o mesmo resultado, nessa fase, do que se utilizando uma dose de 320kgN/ha. As demais doses utilizadas diferiram estatisticamente entre si e promoveram menor crescimento das plantas que estas doses mencionadas. Quanto ao tipo de água utilizado na irrigação, continua sendo corroborado nesta fase o que ocorreu a partir dos 40 DAS a

superioridade da água residuária sobre a água de abastecimento no crescimento das plantas, fato já verificado por vários autores no mundo que vêem na água residuária uma fonte de nutrientes.

Aos 100 DAS repete-se exatamente o que ocorreu aos 80 DAS. Aos 120 DAS as doses de 160, 240 e 320kgN/ha não diferem entre si em sua contribuição para a altura das plantas do algodão, podendo-se fazer uma economia nessa fase de até 160kgN/ha para esse fator altura, houve, porém diferença entre as doses de 0 e 80kgN/ha que contribuíram em menor intensidade para a altura das plantas. Os tipos de água de irrigação continuam, a exemplo do que ocorreu a partir dos 40 DAS apresentando diferença significativa entre si, sendo a água residuária a que promove maior crescimento das plantas. Quanto as testemunhas, elas também diferem entre si, tendo as testemunhas que receberam água residuária tratada atingido alturas maiores.

Na Tabela 4.74 e 4.75 estão respectivamente, os desdobramentos e as médias dos desdobramentos da interação (DN x TA) para variável altura de planta (AP) aos 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão.

Tabela 4.74: Desdobramento da interação (DN x TA) para variável altura de planta (AP) aos 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		AP 80 DAS (cm)	AP 100 DAS (cm)	AP 120 DAS (cm)
DN em água de abastecimento (TA₁)				
Dose de Nitrogênio (DN)	4	1399,58**	1768,97**	1587,09**
Regressão Linear	1	5010,88**	6617,76**	5726,45**
Regressão Quadrática	1	552,51**	305,98 ^{ns}	504,00 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	29,58 ^{ns}	152,10 ^{ns}	27,72 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	5,32 ^{ns}	0,03 ^{ns}	90,18
Resíduo	12	90,22	88,98	249,19
DN em água residuária (TA₂)				
Dose de Nitrogênio (DN)	4	87,39 ^{ns}	129,49 ^{ns}	89,08 ^{ns}
Regressão Linear	1	232,81 ^{ns}	407,68 ^{ns}	271,96 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	14,71 ^{ns}	20,28 ^{ns}	11,79 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	15,01 ^{ns}	81,51 ^{ns}	71,29 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	87,03 ^{ns}	8,47 ^{ns}	1,26 ^{ns}
Resíduo	12	115,15	125,38	114,38

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

De acordo com os resultados da Tabela 4.74 verifica-se que o modelo de regressão que melhor se adequou a representação da relação das doses de nitrogênio sobre a altura das plantas aos 80 DAS na água de abastecimento foi o modelo quadrático (Figura 4.83); já na água residuária, nenhuma regressão foi significativa.

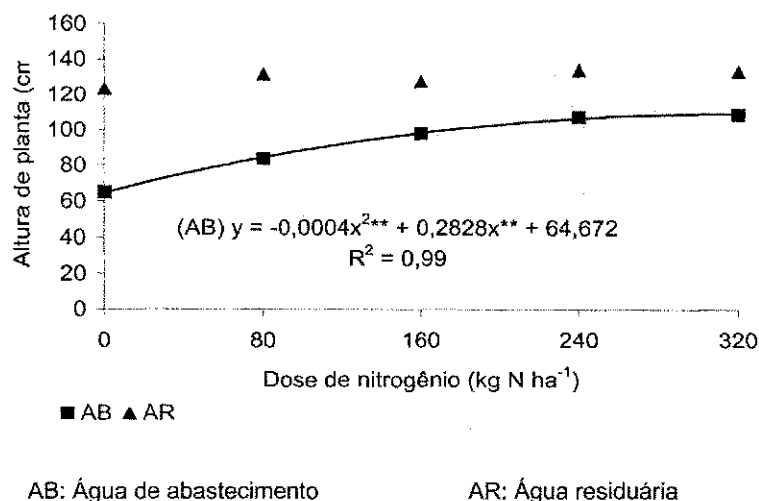


Figura 4.83: Relação entre o contraste DN x TA e a altura das plantas aos 80 DAS.

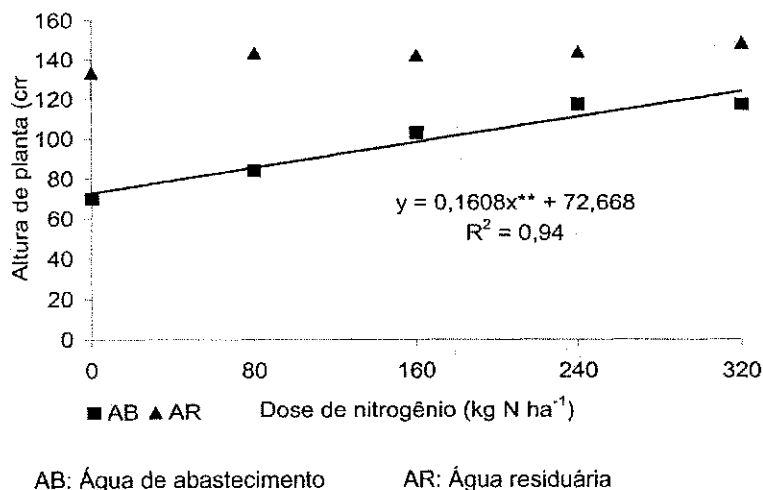


Figura 4.84: Efeito do contraste DN x TA sobre a altura das plantas aos 100 DAS

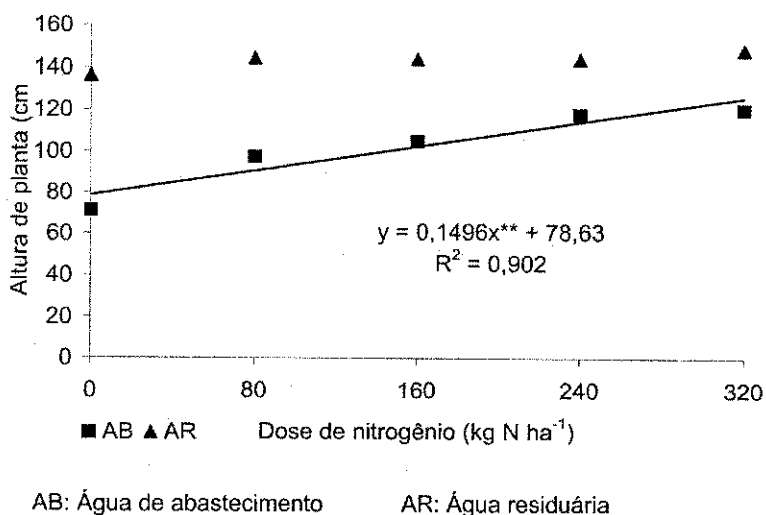


Figura 4.85: Relação entre o contraste DN x TA e a altura das plantas aos 120 DAS.

Tabela 4.75: Médias do desdobramento da interação (DN x TA) para altura de planta (AP) aos 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande, 2004.

Causa de Variação	AP 80 DAS (cm)	AP 100 DAS (cm)	AP 120 DAS (cm)
DN dentro de TA₁ (água de abastecimento)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	65,05 ^a	69,95 ^a	71,23 ^a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	83,78ab	83,93ab	97,53ab
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	98,45bc	103,13bc	105,15b
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	108,10c	117,45c	118,13b
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	109,60c	117,50c	120,75b
DN dentro de TA₂ (água residuária)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	123,40 ^a	133,18 ^a	136,38 ^a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	131,98 ^a	143,33 ^a	144,70 ^a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	128,10 ^a	142,53 ^a	144,43 ^a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	134,50 ^a	144,00 ^a	144,58 ^a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	134,28 ^a	148,80 ^a	149,48 ^a
TA dentro de DN₁ (0 kg ha⁻¹)			
TA ₁ (água de abastecimento)	65,05 ^a	69,95 ^a	71,23 ^a
TA ₂ (água residuária)	123,40b	133,18b	136,38b
TA dentro de DN₂ (80 kg ha⁻¹)			
TA ₁ (água de abastecimento)	83,78 ^a	83,93 ^a	97,53 ^a
TA ₂ (água residuária)	131,97b	143,32b	144,70b
TA dentro de DN₃ (160 kg ha⁻¹)			
TA ₁ (água de abastecimento)	98,45 ^a	103,12 ^a	105,15 ^a
TA ₂ (água residuária)	128,10b	142,53b	144,43b
TA dentro de DN₄ (240 kg ha⁻¹)			
TA ₁ (água de abastecimento)	109,60 ^a	117,45 ^a	118,13 ^a
TA ₂ (água residuária)	134,35b	144,00b	144,58b

(Continuação da Tabela 4.75)**TA dentro de DN₅ (320 kg ha⁻¹)**

TA ₁ (água de abastecimento)	108,10a	117,50a	120,75a
TA ₂ (água residuária)	134,28b	148,80b	149,48b

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Pelos resultados apresentados na Tabela 4.75, aos 80 DAS verifica-se que dentro da água de abastecimento, as doses de 160, 240 e 320kgN/ha não diferiram entre si. Houve, porém diferença significativa entre as doses de 0 e 80kgN/ha. As doses de nitrogênio dentro da água residuária não apresentaram diferença significativa entre si. Para o tipo de água dentro das doses de nitrogênio verifica-se que houve diferença significativa entre os dois tipos de água dentro de todas as doses estudadas, verificando-se a superioridade na contribuição para a altura das plantas, da água residuária.

Aos 100 DAS, para a dose de nitrogênio dentro da água de abastecimento, as doses de 240 e 320kgN/ha não diferiram estatisticamente entre si, mas houve diferença significativa entre as doses de 0, 80 e 160kgN/ha para a altura das plantas; já para as doses dentro da água residuária, não houve efeito significativo de nenhuma dessas doses dentro da água sobre a altura das plantas. Para o tipo de água dentro das doses de nitrogênio, houve efeito significativo para todas as doses (Tabela 4.75).

Aos 120 DAS para as doses de nitrogênio dentro da água de abastecimento (Tabela 4.75), verifica-se que as doses de 160, 240 e 321kgN/ha não diferiram entre si, mas as doses de 0 e 80 diferiram. Para as doses de nitrogênio dentro da água residuária, não houve efeito significativo para nenhuma das doses. Estudando-se o tipo de água dentro das doses de nitrogênio, verifica-se que os tipos de água utilizados na irrigação diferiram significativamente entre si em todas as doses. Mostrando-se com esse fato a superioridade como fonte de nutriente da água residuária em relação à água de abastecimento.

Nas Figuras 4.86 e 4.87 encontram-se respectivamente a altura das plantas a cada 20 dias em função dos tratamentos e a altura como resultado da interação doses de nitrogênio e tipo de água de irrigação.

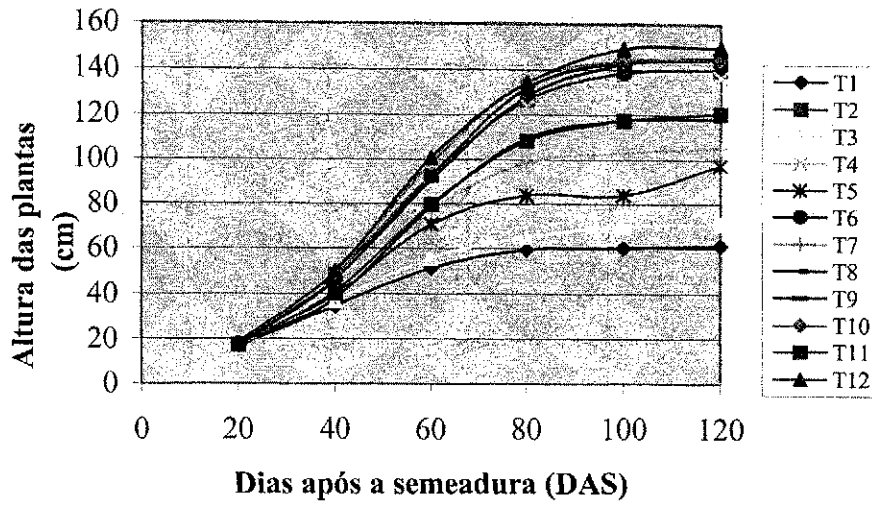


Figura 4.86: Altura das plantas em função dos dias após a semeadura e dos tratamentos.

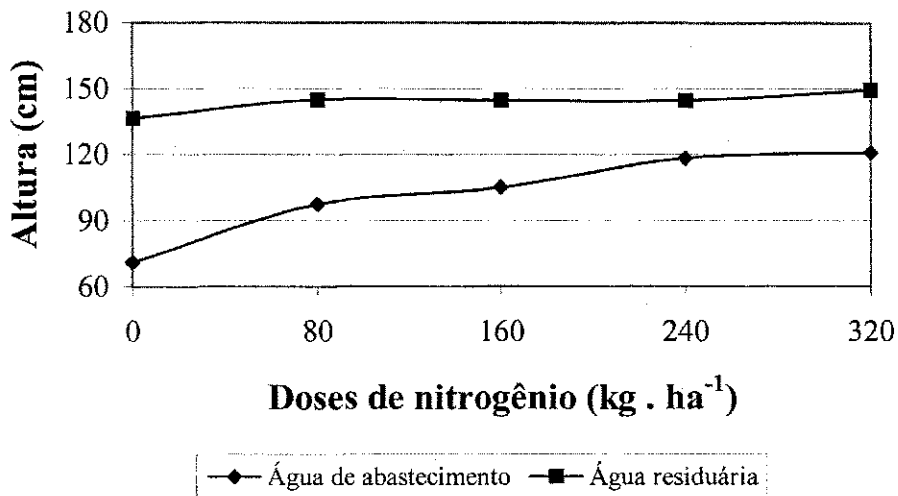


Figura 4.87: Altura das plantas aos 120 dias após a semeadura (DAS) em função do tipo de água de irrigação e das doses de nitrogênio.

4.2.3.1.3 Área foliar por planta

Nas Tabelas 4.76 e 4.77 encontram-se respectivamente, o resumo da ANOVA e os valores médios referente a variável área foliar da planta (AFP) aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão.

Tabela 4.76: Resumo das análises de variância, referente a variável área foliar da planta (AFP) aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio					
		AFP 20DAS (cm ²)	AFP 40DAS (cm ²)	AFP 60DAS (cm ²)	AFP 80DAS (cm ²)	AFP 100DAS (cm ²)	AFP ¹ 120DAS (cm ²)
Dose (DN)	4	1,27 ^{ns}	23,65 ^{ns}	1422,72**	3328,28**	2712,59**	7,18**
Água (TA)	1	3,01 ^{ns}	862,02**	9743,14**	46111,57**	34809,41**	32,19**
DN x TA	4	2,55 ^{ns}	19,60 ^{ns}	259,30 ^{ns}	2270,42*	2653,56**	1,85 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,50 ^{ns}	24,79 ^{ns}	278,60 ^{ns}	481,50 ^{ns}	2537,21*	13,48**
Entre Testemunhas	1	0,53 ^{ns}	921,49**	13343,24**	48157,01**	34651,60**	53,71**
Tratamentos	11	1,76 ^{ns}	180,12**	2735,73**	10649,53**	8496,62**	12,32**
Blocos	3	1,16 ^{ns}	274,61**	267,07 ^{ns}	1130,49 ^{ns}	1089,73 ^{ns}	5,40**
Resíduo	33	2,16	49,23	335,81	787,6	580,33	1,18
CV (%)		15,75	17,29	17,75	17,21	18,2	11,02

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

Pelos resultados da Tabela 4.76 observa-se que não houve efeitos significativos de nenhum dos fatores estudados sobre a área foliar por planta (AFP) aos 20 DAS. Aos 40 DAS houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade entre os tipos de água de irrigação, entre as testemunhas, entre os tratamentos e entre os blocos.

Aos 60 DAS verifica-se diferença significativa em nível de 1% para as doses de nitrogênio, para os tipos de água, entre as testemunhas e entre os tratamentos, sobre a AFP do algodão (Tabela 4.76).

De acordo com os resultados da ANOVA (Tabela 4.76), aos 80 DAS houve diferença significativa em nível de 1% entre as doses de nitrogênio utilizadas na adubação, entre as águas de irrigação, para a interação DN x TA, entre as testemunhas e entre os tratamentos; e em nível de 5% para a interação testemunha versus fatorial. Aos 100 DAS ocorreu efeito significativo entre as doses de nitrogênio, os tipos de água, para o contraste doses x tipo de água, entre as testemunhas e entre os

tratamentos; e em nível de 5% entre o contraste testemunhas versus fatorial. Aos 120 DAS ocorreu efeito significativo entre as doses de nitrogênio, para o tipo de água de irrigação, para o contraste testemunha versus fatorial, entre as testemunhas, entre os tratamentos, e entre os blocos.

Tabela 4.77: Valores médios referentes a variável área foliar da planta (AFP) aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	AFP 20DAS (cm ²)	AFP 40DAS (cm ²)	AFP 60DAS (cm ²)	AFP 80DAS (cm ²)	AFP 100DAS (cm ²)	AFP ¹ 120DAS (cm ²)
Dose de Nitrogênio (DN)						
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	8,94a	38,22a	83,91a	134,86a	112,08a	8,53a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	9,24a	40,73a	100,59ab	155,85ab	126,07a	9,91ab
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	9,66a	39,93a	105,38ab	165,47ab	135,74ab	10,52b
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	9,91a	39,55a	113,31b	179,77b	143,02ab	10,66b
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	9,11a	42,87a	118,43b	186,34b	161,24b	10,88b
Dms	2,12	10,12	26,42	40,46	34,73	1,57
Tipo de Água (TA)						
TA ₁ (água de abastecimento)	9,65a	35,61a	88,72a	130,50a	106,13a	9,20a
TA ₂ (água residuária)	9,09a	44,90b	119,93b	198,41b	165,13b	10,99b
Dms	0,95	10,12	11,8	18,07	15,51	0,7
Testemunhas (T)						
T ₁ (água de abastecimento)	8,84a	31,45a	57,02a	78,37a	50,31a	6,09a
T ₂ (água residuária)	9,36a	52,92b	138,70b	233,55b	181,94b	11,27b
Dms	2,12	10,1	26,38	40,4	34,68	1,56

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

Pelos resultados dos valores médios apresentados na Tabela 4.77 observa-se que aos 40 DAS não houve diferença significativa entre as doses utilizadas sobre a AFP, mas houve diferença significativa entre os tipos de água, tendo a água residuária contribuído para uma maior AFP do que a água residuária, o mesmo ocorrendo entre as testemunhas absolutas. Aos 60 DAS as doses de 80 e 160kgN/ha não diferiram estatisticamente entre e si, o mesmo tendo sido observado para as doses de 240 e 320kgN/ha. A dose de 0kgN/ha diferiu estatisticamente das demais e foi a que menos contribuiu para a AFP. O comportamento aos 80 DAS foi exatamente o mesmo ocorrido aos 60 DAS.

Observa-se pela Tabela 4.77, que aos 100 DAS não houve diferença significativa entre as doses de 0 e 80kgN/ha e nem entre as doses de 160 e 240kgN/ha, diferindo estas porém da dose de 320kgN/ha. A dose mais alta foi a que mais contribuiu com a AFP do algodão. Os fatores tipo de

água e testemunhas tiveram o mesmo comportamento sobre a AFP dos 60 e 80 DAS. Aos 120 DAS não houve diferença significativa entre as doses de 160, 240 e 320kgN/ha sobre a AFP do algodão, mas as doses de 0 e 80kgN/ha, diferiram entre si. Para AFP aos 120 DAS, a dose de 160kgN/ha, teria sido suficiente. Os comportamentos do tipo de água e das testemunhas foram iguais aos ocorridos aos 40, 60, 80 e 100 DAS.

Nas Tabelas 4.78 encontra-se o resumo das análises de regressão para variável área foliar da planta (AFP) aos 60 e 120 DAS

De acordo com os resultados da Tabela 4.78 verifica-se que o modelo que melhor rerepresentou a influência da adubação nitrogenada sobre a AFP aos 60 DAS foi o linear (Figura 4.88). Aos 120 DAS o modelo que melhor representou essa influência foi também o linear (Figura 4.89).

Tabela 4.78: Resumo das análises de regressão para variável área foliar da planta (AFP) aos 60 e 120 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande, 2004.

Causa de variação	GL	Quadrado médio	
		AFP 60DAS (cm ²)	AFP ¹ 120DAS (cm ²)
Dose de Nitrogênio (DN)	4	723,18**	3,17**
Regressão Linear	1	2706,03**	10,53**
Regressão Quadrática	1	129,02 ^{ns}	1,79 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	34,23 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	23,43 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Resíduo	12	128,11	0,66

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F; ¹ Dados transformados em \sqrt{x}

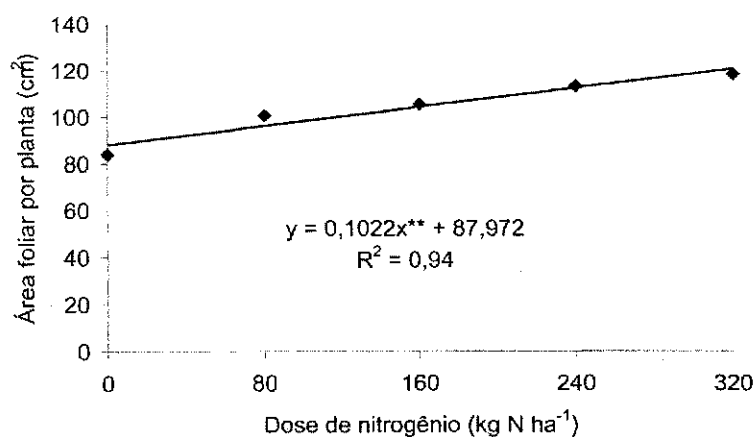


Figura 4.88: Relação entre as doses de nitrogênio e a AFP aos 60 DAS.

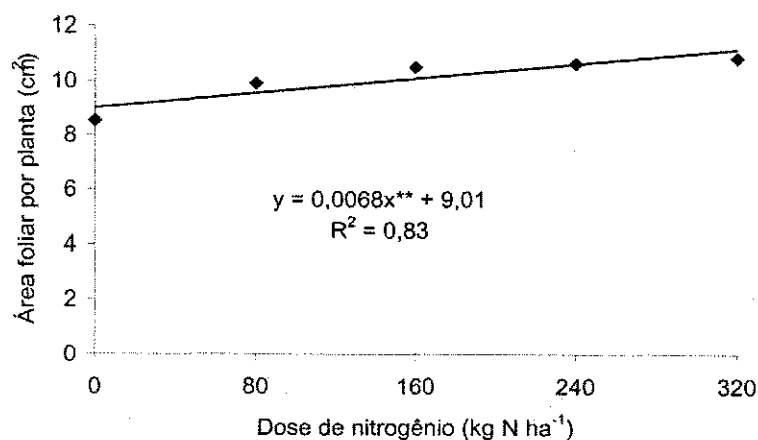


Figura 4.89: Relação da AFP aos 120 DAS com as doses de nitrogênio.

Na Tabela 4.79 está resultado do desdobramento da interação (DN x TA) para variável área foliar da planta (AFP) aos 80 e 100 DAS do algodão. De acordo com os resultados obtidos verifica-se que aos 80 DAS o modelo que melhor representou o comportamento das doses de nitrogênio dentro da água de abastecimento sobre a AFP, foi o linear (Figura 4.90).

Tabela 4.79: Desdobramento da interação (DN x TA) para variável área foliar da planta (AFP) aos 80 e 100 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de variação	GL	Quadrado médio	
		AFP 80DAS (cm ²)	AFP 100DAS (cm ²)
DN em água de abastecimento (TA₁)			
Dose de Nitrogênio (DN)	4	5016,24**	4444,20**
Regressão Linear	1	18751,49**	16104,97**
Regressão Quadrática	1	526,94 ^{ns}	518,02 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	253,86 ^{ns}	833,02 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	532,65 ^{ns}	320,79 ^{ns}
Resíduo	12	476,84	451,55
DN em água residuária (TA₂)			
Dose de Nitrogênio (DN)	4	582,46 ^{ns}	921,95 ^{ns}
Regressão Linear	1	554,35 ^{ns}	356,89 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	8,12 ^{ns}	855,66 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	422,05 ^{ns}	2319,38 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	1345,32 ^{ns}	155,87 ^{ns}
Resíduo	12	663,48	723,65

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

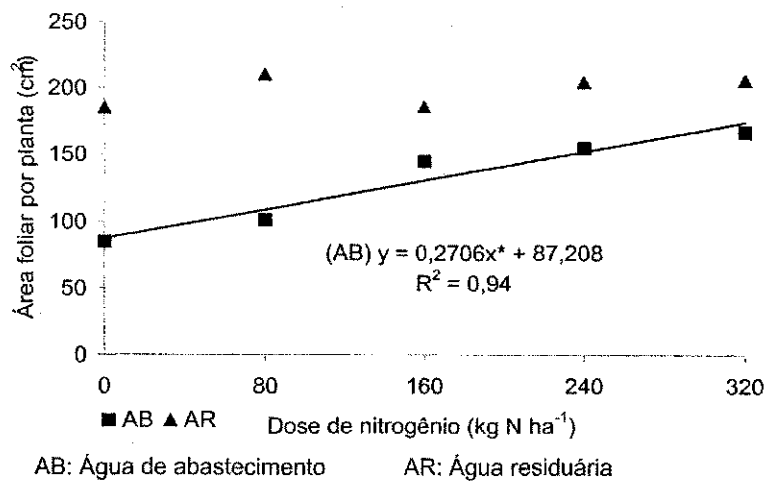


Figura 4.90: Relação entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e água de abastecimento, com a AFP aos 80 DAS.

Aos 100 DAS houve significância para a dose de nitrogênio dentro da água de abastecimento, sendo o modelo linear o que melhor representou essa relação (Figura 4.91).

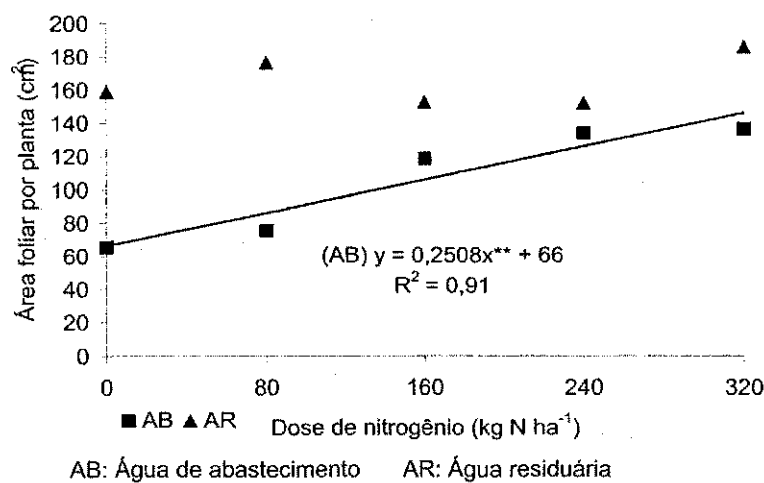


Figura 4.91: Relação entre a AFP aos 100 DAS e os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e água de abastecimento.

Na Tabela 4.80 encontram-se as médias do desdobramento da interação (DN x TA) para área foliar da planta (AFP) aos 80 e, 100 dias após semeadura (DAS) do algodão.

Pelos resultados da Tabela 4.80 verifica-se que aos 80 DAS a área foliar por planta sofreu efeito diferenciado entre os tratamentos que receberam doses de nitrogênio e água de abastecimento. As exceções foram as doses de 160 e 240kgN/ha que não diferiram entre si. A dose máxima (320kgN/ha) foi a que mais contribuiu para a maior formação da área foliar por planta. Aos 100 DAS, os tratamentos que receberam doses de nitrogênio de 0, 80 e 320kgN/ha apresentaram diferença significativa entre si para os tipos de água de irrigação, mas para os tratamentos com as doses de 160 e 240kgN/ha e dois tipos de água, verifica-se que não houve diferença significativa entre as águas. Nas doses de 0, 80 e 320kgN/ha, a água residuária contribuiu com uma maior área foliar por planta.

Tabela 4.80: Médias do desdobramento da interação (DN x TA) para área foliar da planta (AFP) aos 80 e, 100 dias após semeadura (DAS) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	AFP 80DAS (cm ²)	AFP 100DAS (cm ²)
DN dentro de TA₁ (água de abastecimento)		
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	84,97a	65,55a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	101,37ab	75,70ab
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	144,92bc	118,64bc
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	154,75bc	134,08c
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	166,53c	136,69c
DN dentro de TA₂ (água residuária)		
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	184,76a	158,61a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	210,33a	176,45a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	186,02a	152,83a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	204,79a	151,96a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	206,15a	185,79a
TA dentro de DN₁ (0 kg ha⁻¹)		
TA ₁ (água de abastecimento)	84,97a	65,55a
TA ₂ (água residuária)	184,76b	158,61b
TA dentro de DN₂ (80 kg ha⁻¹)		
TA ₁ (água de abastecimento)	101,37a	75,70a
TA ₂ (água residuária)	210,33b	176,45b
TA dentro de DN₃ (160 kg ha⁻¹)		
TA ₁ (água de abastecimento)	144,92a	118,64a
TA ₂ (água residuária)	186,02b	152,84a
TA dentro de DN₄ (240 kg ha⁻¹)		
TA ₁ (água de abastecimento)	154,75a	134,08a
TA ₂ (água residuária)	204,79b	152,84a
TA dentro de DN₅ (320 kg ha⁻¹)		
TA ₁ (água de abastecimento)	166,53a	136,69a
TA ₂ (água residuária)	206,15b	185,79b

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nas Figuras 4.92 e 4.93 encontram-se respectivamente, as áreas foliares por planta em função dos dias após a semeadura (DAS), e dos tratamentos; e altura em função do tipo de água de irrigação e doses de nitrogênio.

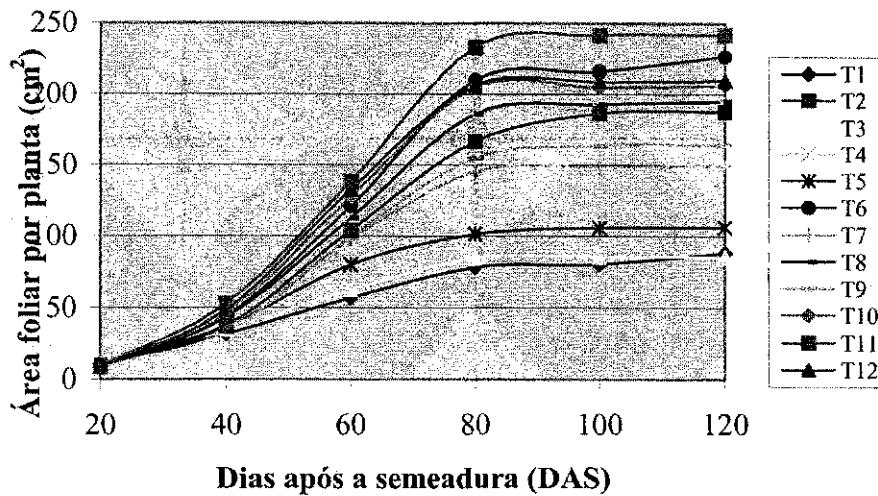


Figura 4.92: Área foliar por planta (AFP), em função dos dias após a semeadura e dos tratamentos.

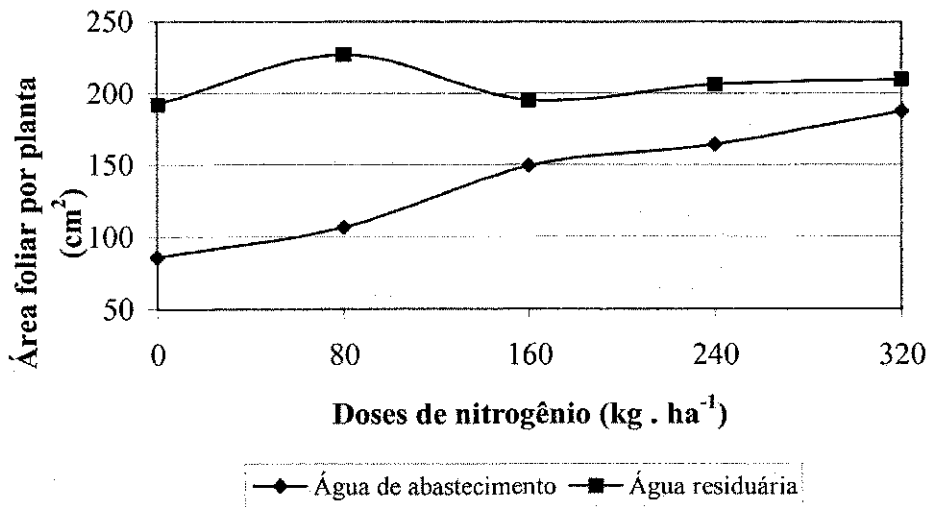


Figura 4.93: Área foliar por planta em função das doses de nitrogênio e do tipo de água de irrigação aos 120 dias após a semeadura.

Nas Tabelas 4.81 e 4.82 encontram-se respectivamente os resumos ANOVA e os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) e para as variáveis: o peso de 5 raízes (PR), comprimento 5 raízes (CR), diâmetro de 5 raízes (DR)

Tabela 4.81: Resumos das análises de variância referente as variáveis: peso médio da raiz pivotante (PR), comprimento médio da raiz pivotante (CR), e diâmetro médio da raiz pivotante (DR), de cinco plantas do algodoeiro adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio		
		PR ¹ (g)	CR (cm)	DR (mm)
Dose (DN)	4	0,82**	8,84 ^{ns}	12,06**
Água (TA)	1	8,61**	15,50 ^{ns}	144,40**
DN x TA	4	0,11 ^{ns}	1,85 ^{ns}	3,84 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,29 ^{ns}	0,28 ^{ns}	20,42**
Entre Testemunhas	1	5,25**	44,65**	72,00**
Tratamentos	11	1,63**	9,38*	27,31**
Blocos	3	2,37**	6,57 ^{ns}	14,97**
Resíduo	33	0,16	4,09	2,19
CV (%)		12,34	11,4	10,26

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F; ¹ Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Tabela 4.82: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para o peso médio das raiz pivotante (PR), comprimento médio da raiz pivotante (CR), diâmetro médio da raiz pivotante (DR), de cinco plantas do algodoeiro.

Causa de Variação	PR ¹ (g)	CR (cm)	DR (mm)
Dose de Nitrogênio (DN)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	2,83a	16,35a	12,75a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	3,18ab	17,86ab	14,75ab
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	3,28ab	17,80ab	14,75ab
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	3,54b	19,31b	15,88b
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	3,64b	17,64ab	15,63b
Dms	0,58	2,92	2,14
Tipo de Água (TA)			
TA ₁ (água de abastecimento)	2,83a	17,17a	12,85a
TA ₂ (água residuária)	3,76b	18,42a	16,65b
Dms	0,26	1,3	0,95
Testemunhas (T)			
T ₁ (água de abastecimento)	2,27a	15,23a	10,00a
T ₂ (água residuária)	3,89b	19,95b	16,00b
Dms	0,58	2,91	2,13

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; ¹Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Na Tabela 4.83 encontra-se o resumo das análises de regressão para o peso das raízes (PR) e diâmetro das raízes (DR), do algodoeiro adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.

Tabela 4.83: Resumo das análises de regressão para as variáveis: peso das raízes (PR) e diâmetro das raízes (DR), do algodoeiro adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de variação	GL	Quadrado médio	
		PR ¹ (g)	DR (mm)
Dose de Nitrogênio (DN)	4	0,33**	6,03**
Regressão Linear	1	1,11**	18,91**
Regressão Quadrática	1	0,08 ^{ns}	3,25 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,02 ^{ns}	0,16 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	0,09 ^{ns}	1,80 ^{ns}
Resíduo	12	0,07	0,75

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

4.2.3.1.4 Peso da raiz pivotante

Pelos resultados da Tabela 4.81 verifica-se diferença significativa em nível de 1% entre as doses de nitrogênio, entre as águas de irrigação, entre as testemunhas, entre os tratamentos e entre os blocos para o peso das raízes. Pelos resultados dos valores médios dos fatores estudados (Tabela 4.82) as doses de 80 e 160kgN/ha não diferiram estatisticamente entre si, assim como as doses de 240 e 320kgN/ha. A falta de adubação química (0kgN/ha) comprometeu o peso das raízes. Quanto ao tipo de água de irrigação, observa-se diferença significativa entre elas, ficando evidente a superioridade da água residuária no peso das raízes, em relação à água de abastecimento. O mesmo tendo ocorrido entre as testemunhas. Pela análise de regressão (Tabela 4.83), o modelo que melhor se adequou a representação da influência das doses de nitrogênio sobre o peso das raízes das plantas do algodão foi o linear (Figura 4.94).

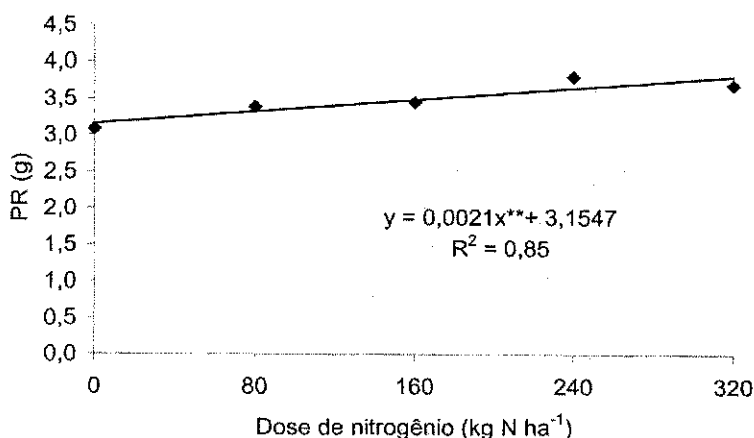


Figura 4.94: Relação entre as doses de nitrogênio e o peso das raízes.

4.2.3.1.5 Comprimento da raiz pivotante

Os comprimentos das raízes das plantas sofreram efeito significativo em nível de 1% entre as testemunhas e em nível de 5% entre os tratamentos, pelos resultados da Tabela 4.81. De acordo com os resultados dos valores médios dos fatores estudados (Tabela 4.82), verifica-se que as doses de 80, 160 e 320kgN/ha não diferiram estatisticamente entre si; mas as doses de 0 e 240kgN/ha diferiram. A dose de 240kgN/ha foi a que melhor contribuiu para o comprimento da raiz. Quanto ao tipo de água utilizada na irrigação, foi indiferente para o comprimento das raízes utilizar uma ou outra. Entre as testemunhas, porém, houve diferença significativa, tendo a testemunha que recebeu apenas água residuária produzido raízes de maior comprimento.

4.2.3.1.6 Diâmetro da raiz pivotante

O diâmetro da raiz pivotante sofreu efeito significativo em nível de 1% das doses de nitrogênio, do tipo de água, para o contraste testemunha x fatorial, entre as testemunhas, entre os tratamentos e entre os blocos. Houve diferença significativa em nível de 1% para a água de irrigação, para a interação testemunha x fatorial, entre as testemunhas e entre os tratamentos (Tabela 4.81). Pelos resultados da Tabela 4.82, as doses de 80 e 160kgN/ha, não diferiram estatisticamente entre si, nem as doses de 240 e 320kgN/ha, tendo estas diferido da dose de 0kgN/ha, que foi a que menos contribuiu para a obtenção de diâmetros maiores.

Quanto aos tipos de água de irrigação observa-se que elas diferiram estatisticamente entre si sobre o efeito causado no diâmetro das raízes pivotantes, tendo a água residuária se mostrado superior a água de abastecimento em contribuição para obtenção de diâmetros maiores. Pelos resultados das análises de regressão, (Tabela 4.83) o modelo que melhor representou o efeito das doses de nitrogênio sobre o diâmetro das raízes das plantas foi o linear (Figura 4.95).

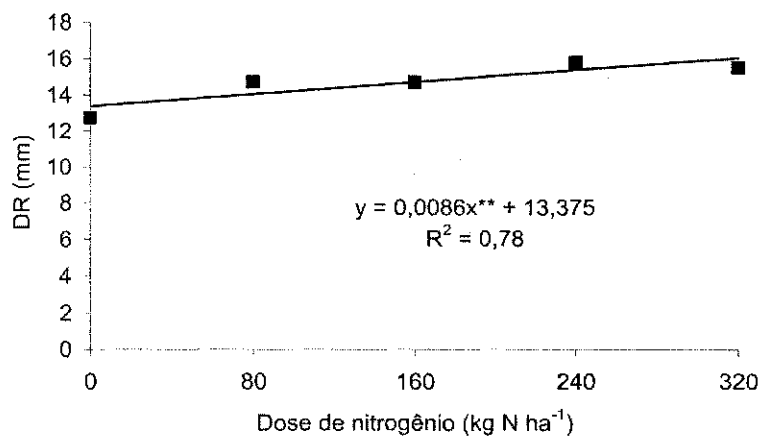


Figura 4.95: Relação entre as doses de nitrogênio e o diâmetro da raiz pivotante das plantas.

4.2.3.2 PRODUÇÃO

Nas tabelas 4.84 e 4.85 encontram-se, respectivamente, o resumo das análises de variância e os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para as variáveis: produção em caroço (P), número de capulhos em 10 plantas (NC) e peso de 100 sementes (P100S) e peso de 1 caroço de algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água.

Tabela 4.84: Resumo das análises de variância referente as variáveis: Produção em caroço (P), número de capulhos por planta (NC), peso de 100 sementes (P100S), peso de 1 caroço (PC) e peso de um capulho (PIC) de algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio				
		P (g)	NC ¹	P100S (g)	PC (g)	PIC (g)
Dose (DN)	4	479694,55 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,50 ^{ns}	115,40 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Água (TA)	1	1249410,41*	6,88**	0,90 ^{ns}	1946,03**	5,04**
DN x TA	4	1040284,52**	0,15 ^{ns}	0,65 ^{ns}	149,15 ^{ns}	0,37 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	2923613,00**	2,78**	0,00 ^{ns}	984,15**	2,50**
Entre Testemunhas	1	8708216,45**	4,33**	0,50 ^{ns}	3003,13**	7,41**
Tratamentos	11	1723741,47**	1,41**	0,55 ^{ns}	635,59**	1,60**
Blocos	3	133522,56 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,67 ^{ns}	180,43 ^{ns}	0,45 ^{ns}
Resíduo	33	238275,7	0,18	0,33	68,43	0,17
CV (%)		14,75	10,67	4,71	6,06	6,08

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

² Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

Tabela 4.85: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para as variáveis: Produção em caroço (P), número de capulhos por planta (NC), peso de 100 sementes (P100S), peso de 1 caroço (PC) e peso de 1 capulho (PIC) de algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande -PB, 2004.

Causa de Variação	P (g)	NC ¹	P100S (g)	PC (g)	PIC (g)
Dose de Nitrogênio (DN)					
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	3031,55a	3,86a	12,50a	136,25a	6,83a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	3404,59a	4,08a	12,00a	134,50a	6,76a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	3405,54a	4,24a	12,50a	136,88a	6,86a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	3594,49a	4,11a	12,25a	143,50a	7,20a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	3660,96a	4,29a	12,00a	141,50a	7,10a
Dms	703,82	0,62	0,83	11,93	0,6
Tipo de Água (TA)					
TA ₁ (água de abastecimento)	3242,69a	3,70a	12,10a	131,55a	6,59a
TA ₂ (água residuária)	3596,16b	4,53b	12,40a	145,50b	7,31b
Dms	314,25	0,28	0,37	5,33	0,27
Testemunhas (T)					
T ₁ (água de abastecimento)	1713,88a	2,73a	12,00a	107,00a	5,38a
T ₂ (água residuária)	3800,53b	4,21b	12,50a	145,75b	7,30b
Dms	702,69	0,62	0,83	11,91	0,6

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

² Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

4.2.3.2.1 Produção do algodão em caroço (P), Número de capulhos por plantas (NC), Peso de 100 sementes (P100S), Peso de 1 caroço (PC) e Peso de 1 capulho (PIC).

Através das análises de variância (Tabela 4.84) verifica-se que para os fatores estudados, houve efeito do tipo de água, sobre a produção do algodão em caroço, para a interação dose versus tipo de água, para o contraste testemunha versus fatorial, entre as testemunhas e entre os tratamentos em nível de 1%. Pelos resultados dos valores médios (Tabela 4.85) observa-se que a água residuária tratada proporcionou uma produção mais elevada de algodão em caroço do que a água de abastecimento. O mesmo tendo ocorrido entre as testemunhas. O desdobramento da interação (DN x TA), encontra-se na Tabela 4.86; através dos resultados desse desdobramento pôde-se afirmar que para os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e água de abastecimento, o modelo linear foi o que melhor representou a influência dessa relação sobre a produção do algodão em caroço (Figura 4.96).

Tabela 4.86: Desdobramento do contraste (DN x TA) para variável produção (P) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de variação	GL	Quadrado médio
		P(g)
DN em água de abastecimento (TA₁)		
Dose de Nitrogênio (DN)	4	1390296,05**
Regressão Linear	1	4714195,60**
Regressão Quadrática	1	704705,79 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	134096,40 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	8186,41 ^{ns}
Resíduo	12	330644,3
DN em água residuária (TA₂)		
Dose de Nitrogênio (DN)	4	130298,45 ^{ns}
Regressão Linear	1	114276,10 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	148114,29 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	2464,90 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	256338,51 ^{ns}
Resíduo	12	134692,2

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

O fato de não ter havido efeito isolado das doses de nitrogênio sobre a produção do algodão foi também verificado por FERREIRA (2003), quando plantou algodão na mesma área experimental

e fez adubação com nitrogênio e aplicação de dois tipos de água de irrigação (residuária e de abastecimento).

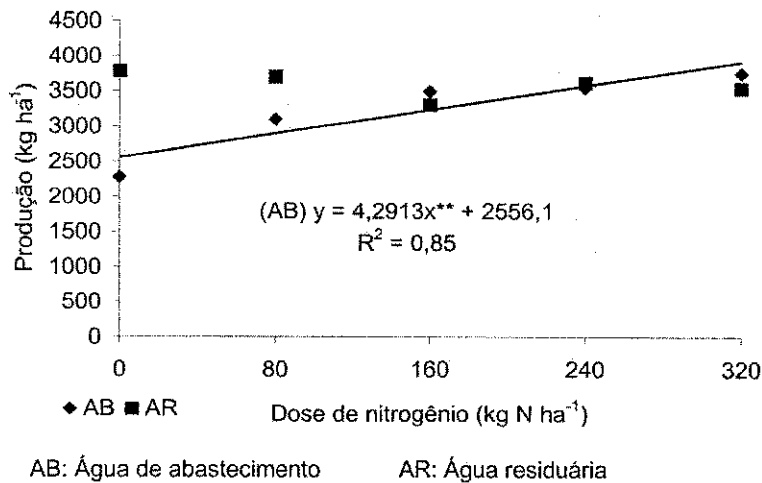


Figura 4.96: Relação entre os tratamentos que receberam água de abastecimento e a produção do algodão em caroço.

Pelas médias dos desdobramentos do contraste DN x TA (Tabela 4.87) para os tratamentos que receberam água de abastecimento, não houve diferença significativa entre as doses de 160, 240 e 320kgN/ha, mas houve significância entre as doses de 0 e 80kgN/ha. Esse fato mostra que para obtenção da produção conseguida seria suficiente apenas a utilização de uma dose de 160kgN/ha. Comparando-se os tratamentos que receberam água residuária entre si, verifica-se que não seria necessária adubação química tendo em vista que as doses utilizadas não diferenciaram-se entre si.

Analisando-se os tipos de água dentro de cada dose, pode-se afirmar que os tipos de água diferiram entre si, e isso permite dizer que a água residuária contribuiu de forma mais eficaz para obtenção das maiores produções do algodão.

Tabela 4.87: Médias do desdobramento do contraste (DN x TA) para a produção em caroço (P) do algodoeiro adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de variação	P(g)
DN dentro de TA₁ (água de abastecimento)	
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	2279,48a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	3105,78ab
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	3499,53b
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	3560,75b
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	3767,93b
DN dentro de TA₂ (água residuária)	
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	3783,63a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	3703,40a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	3311,55a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	3628,23a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	3554,00a
TA dentro de DN₁ (0 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	2279,63a
TA ₂ (água residuária)	3783,63b
TA dentro de DN₂ (80 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	3105,78a
TA ₂ (água residuária)	3703,40a
TA dentro de DN₃ (160 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	3499,53a
TA ₂ (água residuária)	3311,55a
TA dentro de DN₄ (240 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	3560,75a
TA ₂ (água residuária)	3628,23a
TA dentro de DN₅ (320 kg ha⁻¹)	
TA ₁ (água de abastecimento)	3767,93a
TA ₂ (água residuária)	3554,00a

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Analisando-se a produção em função do tipo de água utilizada na irrigação (Figura 4.97) verifica-se que se obteve melhor resultado utilizando-se água residuária tratada. Comparando as testemunhas (T1 e T2) entre si, verifica-se que a água residuária promoveu um acréscimo da produtividade de 121,7% em relação a produção obtida com a irrigação com água de abastecimento, valendo salientar que só houve irrigação com água residuária até os primeiros 60 dias do plantio do algodão.

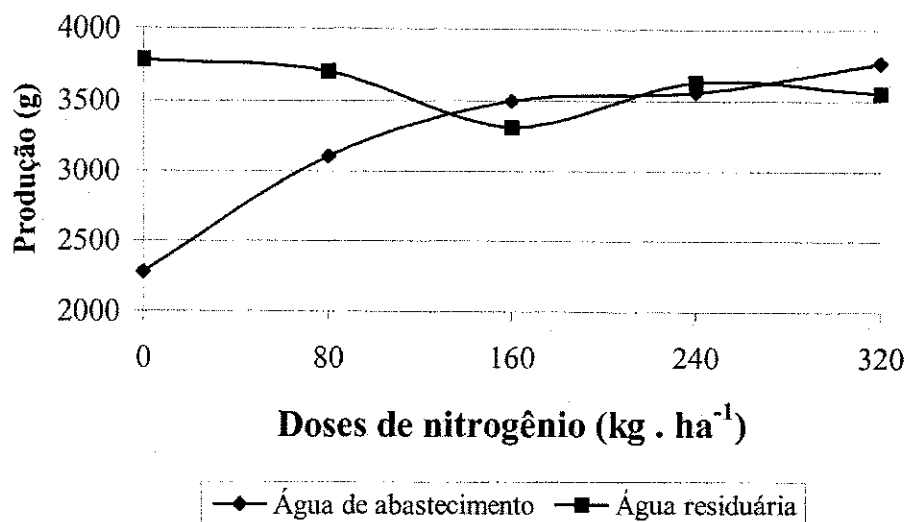


Figura 4.97: Produção do algodão em caroço em função do tipo de água de irrigação e das doses de nitrogênio.

Com o uso de água residuária apenas nos dois primeiros meses do cultivo (metade do ciclo), foi possível obter uma produtividade para o algodoeiro herbáceo, superior a 3311,6kg/ha, de algodão em caroço, o que corresponde a mais de 1200kg de fibra/ha. Bem acima da média mundial da mais recente safra computada de 2001/2002, e entre as cinco maiores do mundo por países (International Cotton Advisory Commitee, 2002). Outro fato a ser observado é que ao receber a irrigação com esse tipo de água é como se a cultura tivesse recebido a adubação mineral de 160kgN/ha. Fato importante que evidencia que a água residuária pode fornecer parte ou até mesmo a totalidade de nutrientes que a cultura do algodão precisa nessas condições edafo-climáticas.

De acordo com os resultados da ANOVA (Tabela 4.84) houve efeito significativo do tipo de água utilizado na irrigação sobre o número de capulhos por planta, peso de 1 caroço e peso de 1 capulho.

De acordo com LIMA (1981), o número de capulho por planta é o principal componente da produção do algodão. Através das análises estatísticas verifica-se que o houve efeito em nível de 1%, para o contraste testemunha versus fatorial, entre as testemunhas e entre os tratamentos. Pelas médias dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) (Tabela 4.85), as plantas que receberam água residuária apresentaram um número de capulhos por planta, maior do que aquelas irrigadas com água de abastecimento, o mesmo sendo observado entre as testemunhas.

Nenhum dos fatores estudados exerceu influência sobre o peso de 100 sementes, apesar de ser uma característica de elevada herdabilidade.

Nas Tabelas 4.88, 4.89 estão respectivamente, o resumo das análises de variâncias e os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para o peso das plumas (PP), percentagem de fibras (%F) e graus de folha (L) do algodão.

Tabela 4.88: Resumo das análises de variância referente as variáveis: peso da pluma (PP), percentagem de fibras (%F) e graus de folha (L) do algodoeiro adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio		
		PP (g)	%F	L
Dose (DN)	4	13,28 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,91 ^{ns}
Água (TA)	1	105,63**	30,10**	1,23 ^{ns}
DN x TA	4	18,13 ^{ns}	2,07 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	101,40**	6,47*	0,27 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	276,13**	22,78**	1,13 ^{ns}
Tratamentos	11	55,34**	6,39**	0,67 ^{ns}
Blocos	3	22,14 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,36 ^{ns}
Resíduo	33	12,97	1,13	0,56
CV (%)		6,56	2,64	41,7

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

4.2.3.2.2 Peso da pluma, percentagem de fibra e grau de folha

Pelo resultado da análise de variância (Tabela 4.88), houve diferença significativa entre o tipo de água de irrigação, entre as testemunhas, entre os tratamentos e para a interação testemunha versus o fatorial para o peso das plumas e o percentual de fibras do algodão. De acordo com a Tabela 4.89, verifica-se que a água residuária contribuiu para os maiores pesos dos capulhos e percentual de fibras, quando comparada à água de abastecimento.

Nenhum dos fatores estudados influenciou no grau de folhas.

Tabela 4.89: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para o peso das plumas (PP), percentagem de fibras (%F) e graus de folha (L) do algodoeiro adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	PP (g)	%F	L
Dose de Nitrogênio (DN)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	55,00a	40,48a	2,00a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	54,25a	40,45a	1,38a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	54,63a	40,01a	1,63a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	57,25a	39,91a	1,88a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	56,50a	39,91a	2,25a
Dms	5,19	1,53	1,08
Tipo de Água (TA)			
TA ₁ (água de abastecimento)	53,90a	41,02a	1,65a
TA ₂ (água residuária)	57,15b	39,29b	2,00a
Dms	2,32	0,68	0,48
Testemunas (T)			
T ₁ (água de abastecimento)	45,75a	42,83a	1,25a
T ₂ (água residuária)	57,50b	39,45b	2,00a
Dms	5,18	1,53	1,07

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.2.3.3 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA FIBRA DO ALGODÃO

Nas Tabelas 4.90 e 4.91 encontram-se as análises de variância e os valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para as variáveis: percentagem da amostra representada como impurezas (AREA), quantidade de partículas interpretadas como impurezas (CNT), comprimento da fibra (UHM), uniformidade (UNF) índice de fibras curtas (SFI) e resistência (STR) da fibra do algodão.

Tabela 4.90: Resumo das análises de variância referente as variáveis: percentagem da amostra representada como impurezas (AREA), quantidade de partículas interpretadas como impurezas (CNT), comprimento da fibra (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI) e resistência (STR) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio					
		AREA (%)	CNT ¹	UHM (mm)	UNF (%)	SFI ¹ (%)	STR (g/tex)
Dose (DN)	4	0,01 ^{ns}	1,13*	1,70 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,05 ^{ns}	5,78 ^{ns}
Água (TA)	1	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,68 ^{ns}	2,97 ^{ns}	0,12 ^{ns}	2,26 ^{ns}
DN x TA	4	0,00 ^{ns}	0,23 ^{ns}	2,65 ^{ns}	2,57 ^{ns}	0,02 ^{ns}	3,14 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,39 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	0,01 ^{ns}	0,12 ^{ns}	9,03*	10,58*	0,52*	4,50 ^{ns}
Tratamentos	11	0,01 ^{ns}	0,51 ^{ns}	2,57 ^{ns}	2,57 ^{ns}	0,08 ^{ns}	3,98 ^{ns}
Blocos	3	0,01 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,92 ^{ns}	6,14*	0,08 ^{ns}	3,16 ^{ns}
Resíduo	33	0,01	0,32	1,66	1,8	0,08	2,88
CV (%)		41,7	12,64	4,25	1,58	11,57	6,27

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F; ¹ Dados transformados em \sqrt{x} ; ² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Tabela 4.91: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para as variáveis: percentagem da amostra representada como impurezas (AREA), quantidade de partículas interpretadas como impurezas (CNT), comprimento da fibra (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI) e resistência (STR) do algodoeiro adubados com diferentes doses de nitrogênio e irrigados com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	AREA (%)	CNT ¹	UHM (mm)	UNF (%)	SFI ¹ (%)	STR (g/tex)
Dose de Nitrogênio (DN)						
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	0,20a	3,89a	30,46a	84,53a	2,42a	27,25a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	0,14a	4,61ab	30,84a	85,30a	2,33a	27,25a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	0,16a	4,29ab	30,30a	85,19a	2,39a	28,04a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	0,19a	4,67ab	30,63a	84,64a	2,45a	25,75a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	0,23a	4,83b	29,63a	84,76a	2,54a	27,50a
Dms	0,11	0,81	1,86	1,93	0,41	2,45
Tipo de Água (TA)						
TA ₁ (água de abastecimento)	0,17a	4,43a	30,50a	85,16a	2,37a	27,40a
TA ₂ (água residuária)	0,20a	4,49a	30,24a	84,61a	2,48a	26,92a
Dms	0,05	0,36	0,83	0,86	0,18	1,09
Testemunhas (T)						
T ₁ (água de abastecimento)	0,13a	4,52a	28,90a	84,05a	2,69a	27,45a
T ₂ (água residuária)	0,20a	4,27a	31,03b	86,35b	2,18b	25,95a
Dms	0,11	0,81	1,85	1,93	0,4	2,44

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

De acordo com os resultados da ANOVA (Tabela 4.90), não houve significativo da água de irrigação e nem das doses de nitrogênio sobre as características tecnológicas da fibra do algodão, com exceção da variável quantidade de partículas interpretadas como impureza (CNT) para a qual houve efeito significativo das doses de nitrogênio aplicadas.

Pelos resultados da (Tabela 4.91) observa-se que as doses de 80, 160 e 240kgN/ha não diferiram entre si sobre o efeito avaliado; mas as doses de 0 e 320kgN/ha, apresentaram diferença significativa entre si, tendo esta última contribuído de maior forma sobre essa quantidade de partículas. Na Tabela 4.92 encontra-se o resumo das análises de regressão, por onde se verificou que o modelo que melhor representou o comportamento das doses de nitrogênio sobre a quantidade de partículas interpretadas como impurezas, foi o linear (Figura 4.98).

Tabela 4.92: Resumo das análises de regressão para a quantidade de partículas interpretadas como impurezas (CNT) do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de variação	GL	Quadrado médio
		CNT ¹
Dose de Nitrogênio (DN)	4	0,56 ^{ns}
Regressão Linear	1	1,52 ^{**}
Regressão Quadrática	1	0,05 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,25 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	0,41 ^{ns}
Resíduo	12	0,26

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

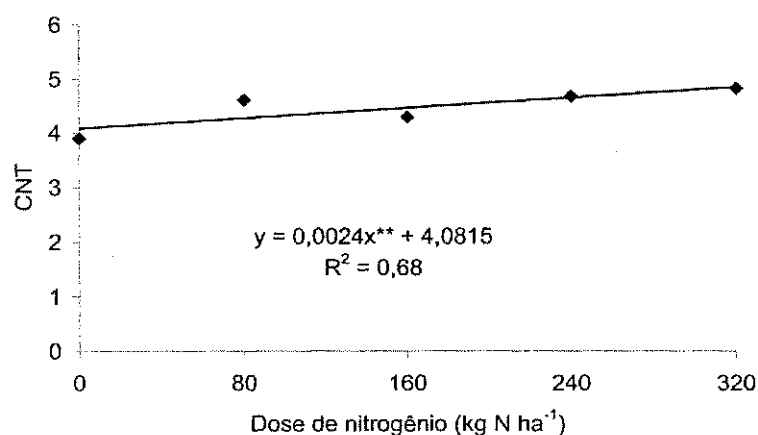


Figura 4.98: Relação entre as doses de nitrogênio e a quantidade de partículas interpretadas como impurezas.

Para o comprimento da fibra (UHM), houve diferença significativa em nível de 5% entre as testemunhas (Tabela 4.90), tendo as plantas do algodão que recebam apenas água de abastecimento (testemunha T1) atingido um comprimento médio de 28,9mm e as que receberam água residuária (testemunha T2), 31mm, fato que mostra a riqueza de nutrientes da água residuária tratada. As fibras do algodão atingiram comprimentos variando de 28,9 a 31,3mm, o que de acordo com SANTANA & WANDERLEY (1995) está inserido na categoria de fibras longas. Para a uniformidade das fibras (UNF) houve diferença também apenas entre as testemunhas ficando evidente a superioridade da água residuária em relação a água de abastecimento; a testemunha T1 apresentou 84,1% de uniformidade e a T2, 86,35%. As fibras analisadas apresentaram-se muito uniformes com valores superiores a 83,5%. O índice de fibras curtas (SFI) também apresentou diferença significativa apenas entre as testemunhas tendo as plantas que receberam água de abastecimento (T1) apresentado um índice médio de 7,3 e as irrigadas com água residuária, 4,8; ficando evidente que a água de abastecimento produziu um número maior de fibras curtas. Apesar de nenhum dos fatores estudados ter exercido influência significativa sobre a resistência das fibras (STR) as mesmas apresentaram valores médios variando de 24,9 a 28,5gf/tex, classificadas de acordo com LIMA & NABAS (1995) como fibras de resistência fraca a média.

Nas Tabela 4.93 e 4.94 encontram-se os resultados da ANOVA e os valores médios das variáveis: alongamento a ruptura (ELG), índice de micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (Rd), grau de amarelecimento (+b) e índice de fiabilidade (CSP) da fibra do algodão.

Tabela 4.93: Resumo das análises de variâncias de produção referente as variáveis: alongamento a ruptura (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (Rd), grau de amarelecimento (+b) e índice de fiabilidade (CSP) da fibra do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	GL	Quadrado médio					
		ELG (%)	MIC	MAT	Rd (%)	(+b)	CSP
Dose (DN)	4	0,25 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,58 ^{ns}	2,72**	0,13 ^{ns}	6123,71 ^{ns}
Água (TA)	1	1,64*	0,78**	9,03**	3,84*	0,10 ^{ns}	765,63 ^{ns}
DN x TA	4	0,09 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,11 ^{ns}	5333,94 ^{ns}
Test. x Fatorial	1	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,27 ^{ns}	1152,82 ^{ns}
Entre Testemunhas	1	2,21*	0,01 ^{ns}	3,12 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,02 ^{ns}	12403,13 ^{ns}
Tratamentos	11	0,47 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1,94*	1,63*	0,12 ^{ns}	5468,38 ^{ns}
Blocos	3	0,79 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,65 ^{ns}	5894,56 ^{ns}
Resíduo	33	0,35	0,09	0,89	0,64	0,13	3403,51
CV (%)		8,46	7,01	1,07	1,01	3,63	2,61

(Continuação da Tabela 4.93)

(*) significativo em nível de 5% de probabilidade, (**) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{x}

² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Tabela 4.94: Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunha (T) para as variáveis: alongamento a ruptura (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (Rd), grau de amarelecimento (+b) e índice de fiabilidade (CSP) da fibra do algodão adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de Variação	ELG (%)	MIC	MAT	Rd (%)	(+b)	CSP
Dose de Nitrogênio (DN)						
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	6,74a	4,59a	89,50a	78,50ab	9,90a	2219,13a
DN ₂ (80 kg ha ⁻¹)	7,18a	4,31a	88,38a	79,21a	10,01a	2280,38a
DN ₃ (160 kg ha ⁻¹)	7,11a	4,40a	88,63a	78,24ab	10,10a	2241,00a
DN ₄ (240 kg ha ⁻¹)	7,11a	4,41a	88,63a	78,98a	10,11a	2229,63a
DN ₅ (320 kg ha ⁻¹)	6,95a	4,24a	88,50a	77,75b	10,25a	2208,75a
Dms	0,86	0,44	1,37	1,15	0,53	84,12
Tipo de Água (TA)						
TA ₁ (água de abastecimento)	6,82a	4,53a	89,20a	78,85a	10,03a	2240,15a
TA ₂ (água residuária)	7,22b	4,25a	88,25a	78,23b	10,13a	2231,40a
Dms	0,38	0,19	0,61	0,51	0,24	37,56
Testemunhas (T)						
T ₁ (água de abastecimento)	6,53a	4,38a	89,25a	79,13a	10,33a	2183,25a
T ₂ (água residuária)	7,58b	4,43a	88,00a	78,50ab	10,23a	2262,00a
Dms	0,86	0,44	1,36	1,15	0,53	83,98

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em \sqrt{x} ; ² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Para as variáveis analisadas na Tabela 4.93 verifica-se que as doses de nitrogênio apresentaram efeito significativo apenas sobre a reflectância da fibra do algodão (Rd). O tipo de água de irrigação exerceu efeito diferenciado sobre as variáveis: alongamento a ruptura (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (Rd).

Entre as testemunhas houve diferença significativa para alongamento a ruptura da fibra (ELG). Para o tratamento T1 (água de abastecimento), foi de 6,5% e para T2 (água residuária), 7,6%, o que mostra a superioridade da água residuária também para essa variável. As fibras analisadas foram classificadas segundo o ELG na categoria de média a alta (6,4-7,6), de acordo com LIMA & NABAS (1995) e SANTANA E WANDERLEY (1995). O índice micronaire (MIC) foi

considerado médio (4,2-4,9). Para a variável maturidade da fibra houve diferença significativa em nível de 5% entre os tratamentos e os valores mínimos e máximos encontrados por tratamento foram, respectivamente, 88 e 90,5, demonstrando a elevada maturidade das fibras, que é considerada uma das mais importantes características da fibra, exigida pela moderna indústria têxtil. Para a Reflectância (Rd) além do efeito significativo das doses, houve efeito significativo também entre os tratamentos. De acordo com a Tabela 4.94, pode-se afirmar que as doses de 80 e 240kgN/ha não diferiram estatisticamente entre si, assim como as de 0 e 160kgN/ha, tendo porém estas diferido da dose de 320 kgN/ha. As doses de nitrogênio que mais contribuíram para a reflectância da fibra foram as de 80 e 240kgN/ha e a que menos contribuiu foi a dose de 320 kgN/ha. De acordo com as análises de regressão (Tabela 4.95) nenhum dos modelos foi capaz de demonstrar claramente a influência das doses de nitrogênio sobre a reflectância da fibra do algodão.

Tabela 4.95: Resumo das análises de regressão para a reflectância (Rd) do algodoeiro adubado com diferentes doses de nitrogênio e irrigado com dois tipos de água. Campina Grande - PB, 2004.

Causa de variação	GL	Quadrado médio
		Rd (%)
Dose de Nitrogênio (DN)	4	1,36**
Regressão Linear	1	1,21 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	1,33 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,03 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	2,86**
Resíduo	12	0,34

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; ¹ Dados transformados em \sqrt{x}

A reflectância das fibras por tratamento variou de 77,3 a 79,4%, índice considerado elevado e que atesta que a brancura da fibra foi muito alta, fator importante na definição da qualidade e do preço do algodão.

Sobre as variáveis, grau de amarelecimento (+b) e índice de fiabilidade (CSP), da fibra, estas não tiveram efeito significativo de nenhum dos fatores estudados. O grau de amarelecimento médio das fibras analisadas foi 10,1 dentro da faixa normalmente encontrada que é entre 4 e 18. A fiabilidade média foi de 2190,77 o que a coloca dentro da categoria média.

6.0 CONCLUSÕES

1 – A água residuária promoveu efeitos significativos ao final do experimento do milho, nas variáveis do solo como potencial hidrogeniônico, sódio, magnésio, potássio e boro sendo os incrementos respectivamente de 14,35%; 27,64%; 8,0%; 6,12% e 21,49%, com diminuição de 21,25% no cloreto do solo. As doses de nitrogênio exerceram efeito significativo sobre o fósforo, o bicarbonato, o sódio, a condutividade elétrica, a razão de adsorção do sódio e o percentual de sódio trocável do solo que diminuíram ao final do cultivo.

2 - Embora o solo estivesse contaminado com coliformes totais, coliformes fecais e *Escherichia coli*, nenhum dos fatores estudados (águas de abastecimento e residuária e doses de nitrogênio no ano anterior), para a cultura do algodão herbáceo; e no ano do milho, somente o fator tipo de água; esses fatores não afetaram significativamente a flora bacteriana mensurada. Houve, porém contaminação dos grãos de milho por tais microorganismos.

3 – As variáveis, diâmetro caulinar, altura e a área foliar por planta, diâmetro e comprimento de uma espiga de milho, foram maiores naqueles tratamentos que receberam água residuária, em média, 19,77%; 9,56% e 40,5%; 4,6% e 12,19%, respectivamente, quando comparadas aos tratamentos que receberam irrigação com água de abastecimento.

4 – A produtividade do milho quando irrigado com água residuária, recebeu incremento de 10,9%, quando comparada ao irrigado com água de abastecimento.

5 - A água residuária promoveu efeitos significativos ao final do experimento do algodão nas seguintes variáveis do solo: fósforo e potássio que aumentaram 82,3% e 15,6%, respectivamente, e potencial hidrogeniônico, e ferro que diminuíram 4,48% e 15,3%.

6 - Nenhum dos fatores (águas de abastecimento e residuária e doses de nitrogênio) exerceu influência significativa sobre as bactérias: coliformes totais, coliformes fecais e *Escherichia coli* do solo, que diminuíram ao final do cultivo do algodão devido as chuvas.

7 – O diâmetro caulinar, a altura e a área foliar do algodoeiro foram maiores em média, 24,15%; 40,3% e 19,45%, respectivamente, quando se irrigou com água residuária.

8 – O número de capulhos por planta, o peso de um capulho, o peso de um caroço de algodão, o peso da pluma do algodão e a produção em caroço, quando receberam o tratamento apenas com água residuária, tiveram incrementos de 37,7%; 10,9%; 10,6%; 21,4% e 121,75%, respectivamente, quando comparados aos tratamentos que receberam apenas água de abastecimento.

9 – O tipo de água utilizado na irrigação exerceu efeitos distintos sobre as variáveis, alongamento a ruptura e reflectância das fibras do algodão, tendo sido essas características superiores em média a 5,9% e 0,8% ,respectivamente, quando as plantas receberam irrigação com água residuária. As doses de nitrogênio exerceram influencia apenas sobre as partículas interpretadas como impureza e sobre a reflectância das fibras.

10 – O uso da água residuária na irrigação de culturas como o algodão herbáceo e o milho forrageiro, em rotação, pode ser uma alternativa viável, para pequenos e médios produtores, desde que se tenha um controle eficaz dos parâmetros de salinidade dessa água .

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2002: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP, 2003. p. 413-434.

AL-JALOUD, A. A.; HUSSAIN, G.; AL-SAATI, A. J.; KARIMULLA, S. Effect of wastewater irrigation on mineral composition of corn and sorghum plants in pot experiment. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, p. 1677-1692, 1995.

AL-JALOUD, A. A.; HUSSAIN, G.; KARIMULLA, S.; AL-HAMIDI, A. H. Effect of irrigation and nitrogen on yield and yield components of two rapeseed cultivars. **Agricultural Water Management**, v.30, p.57-68, 1996.

ALMEIDA, R. P. de; SILVA, C. A. D. da. Manejo integrado de pragas do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. De M. (Org.). O Agronegócio do Algodão no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. v.1, 491p.

AL-NAKSHABANDI, G. A.; SAQQAR, M. M.; SHATANAWI, M. R.; FAYYAD, M.; AL-HORANI, H. Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**, v.34, p81-94, 1997.

AMORIM NETO, M. da S.; BELTRÃO, N. E. de M. Determinação da época de irrigação em algodoeiro herbáceo por via climatológica. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1992. 17p. EPA. Comunicado Técnico, 34).

ANDRADE, F.H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, 41:1-12, 1995.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **O Estado das Águas no Brasil – Perspectivas de gestão e informação de recursos**. Brasília – DF.: ANEEL, IH, MMA, SRH, MME. 359p. 1999.

APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 19ed. Washington, DC.: American Public health Association. 1995. 1587p.

ARAÚJO, A. L. de. **Desempenho de colunas experimentais de solo irrigadas com água superficial poluída e cultivadas com alface (*Lactuca sativa*, L.)** Campina Grande – PB. Dissertação de Mestrado. 1999. 130p.

ARTIOLA, J. F.; PEPPER, I. L. Longterm influence of liquid sewage sludge on the organic carbon and nitrogen content of a furrow-irrigated desert soil. *Biology and Fertility of Soils*, v14, p.30-36, 1992.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino. Conselho nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Recife-PE. 127p. 1995.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. “Water Quality for Agriculture”. Tradução H.R. Gheyi e J.F. de Medeiros, 2ed. Campina Grande – PB. UFPB. 217p.1999.

BAKIR, H. Wastewater Management Services em Water Stressed Countries: Guiding Principles and Options for Sustainable Development. In: *The 2nd Asian Conference of Water and Wastewater Management*; Tehran, Iran, 2001. WHO Regional Centre for Environment Health Activities (CEHA), 2001.

BALKS, M. R.; BOND, W. J.; SMITH, C. J. Effects of sodium accumulation on soil physical properties under an effluent-irrigated plantation. *Australian Journal of Soil Research*, v.36, p.821-830, 1998.

BARTONE, C. R.; ARLOSOROFF, S. Irrigation Reuse of Pond Effluents in Developing Countries. *Wat. Sci. Tech.*, v.12, n.19, 1987, p. 289-297.

BASTOS, R. K. X. Bacteriological aspects of Drip and Furrow Irrigation with treated Wastewater. Leeds, England. 179p. (PhD – Thesis – University of Leeds Department of Civil Engineering). 1992.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; ANDRADE NETO, C. O. de.; SPERLING, M. V. Utilização de Esgotos Tratados em Irrigação – Aspectos sanitários in Utilização de Esgotos tratados em Fertirrigação, Hidroponia e Piscicultura/ Rafael Kopschitz Xavier Bastos (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 267p.

BASTOS, R. K. X.; MARA, D. D. Avaliação dos critérios e padrões de qualidade microbiológica de esgotos sanitários tendo em vista sua utilização na agricultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17, 1993. Natal – RN. **Anais...**

BELOW, F. E. Physiology, nutrition, and nitrogen fertilization of corn in the United States. In: SIMPÓSIO SOBRE FISIOLOGIA, NUTRIÇÃO, ADUBAÇÃO NITROGENADA E MANEJO PARA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL, Piracicaba, 2000. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 2000.

BELTRAO, N.E. de M. (organizador). **O agronegócio do Algodão no Brasil**. EMBRAPA ALGODÃO. Brasília. V.2. 1023p.,1999.

BELTRAO, N. E. de M. Determinação da área foliar em algumas culturas, métodos não destrutivo e importância do LAI. Tópicos de aula da disciplina Manejo de Culturas. Areia, PB, 2002.

BELTRÃO, N. E. de M.; ALMEIDA, O. A.; PEREIRA, J. R.de; FIDELIS FILHO, J. **Metodologia para estimativa do crescimento do fruto e do volume absoluto e relativo da planta do algodoeiro**. Revista de Oleaginosas e Fibrosas, 5(1): 2001. p. 283-289.

BERGER, J. Maize production and the manuring of maizes. Center d'Estudo del'Azote. p. 38-41. 1962.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6 ed. Viçosa – MG. UFV. 657p. 1995.

BERTRAND, M. Mécanismes de élaboration du nombre de graines du maïs. Valeur prédictive d'indicateurs écophysologiques. Thèse Dr. Institut National Agronomique, Paris-Grignon. 185p. 1991.

BEZERRA, F. C.L. Reúso planejado de águas residuárias em irrigação: Uma alternativa para o Estado do Ceará. In: MOTA, S. (Org). Reúso de Águas: a experiência da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, 2000. 276p.

BISCARO, G. A. **Utilização de águas receptoras de efluentes urbanos de sistemas de irrigação localizada superficial e subsuperficial na cultura da alface americana.** Tese de Doutorado. UNESP – Botucatu, 2003.

BITTON, G. Wastewater microbiology. Nova York, John Wiley & Sons, 1994.

BLUM, J. R. C. Critérios e Padrões de Qualidade de Água. In: MANCUSO & SANTOS (ed). Reuso de Água. Barueri, Sp. Manole, 2003.

BLUMENTHAL, U.J.; PEASEY, A.; RUIZ-PALACIOS, G.; MARA, D.D. Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revision based on new research evidence. London: WELL, 2000.

BOLAN, N. S.; HEDLEY, M. J.; WHITE, R. E. Processes of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures. **Plant and Soil.** v.134, p.53-63, 1991.

BOLANÓS, J.; EDMEADES, G. O. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize.I. Response in grain yield, biomass, and radiation utilization. **Field Crops Research.** v.31, p.233-252, 1993.

BOND, W. J. Effluent irrigation – an environmental ge for soil science. *Australian Journal of soil Research*, v.36, p.543-555, 1998.

BOUWER, H. Integrated water management: emerging issues and challenges. ***Agricultural Water Management***, v.45, p.217-228, 2000.

BOUWER, H.; CHANEY, R. L. Land treatment of wastewater. ***Advances in Agronomy***. V.26, p. 133-176, 1974.

BRADY, N. C. The nature and properties of soils. Trad. Antônio B. Neiva Figueiredo Filho. 7ed. Rio de Janeiro. Freitas Bastos, 1989.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3ed. São Paulo: CETESB/ASSCETESB, 1986. 620p.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: CANTARELLA, H. (Ed) **Cultura do Milho: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, POTAFOS, v.2, p.63-145, 1993.

CABES – Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (1994) Guia de saneamento do Brasil 1992/1993. Rio de Janeiro, ABES, nº 17, 551p.

CARVALHO, M.G. R. F. de; Estado da Paraíba: Classificação Geomorfológica. João Pessoa, Editora Universitária/UFPB. 1982. 72p.

CARVALHO, L. H.; CHIAVENATO, E. J. A cultura do algodão no Brasil: fatores que afetam a produtividade. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. dos; **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, p.1-8, 1999.

CASTRO de ESPARZA, M. L.; SÁENZ, R. F. **Evaluación de riegos para la salud por el uso de águas residuales en agricultura**. V.1. aspectos microbiológicos. CEPIS, Lima-Peru. 1990.

CASSMAN, K. G.; KERBY, T. A.; ROBERTS, B. A.; BRYANT, D. C.; HIGASHI, S. L. Potassium nutrition effects on lint yield and fiber quality of Acala cotton. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 672-677, 1990.

CEBALLOS, B. S. O. de; Utilização de Indicadores Microbiológicos na Tipologia de Ecossistemas Aquáticos do Trópico Semi-árido. São Paulo. Sp. 195p. Tese de Doutorado. 1995.

CEBALLOS, B.S.O. de; LIMA, E.O.de; KONIG, A.; MARTINS, M. T. "Spatial and Temporal Distribution of Fecal Coliforms, Coliphages, Moulds and Yeasts in Freshwaters at the Semiarid Tropical Northeast Region in Brazil". *Revista Brasileira de Microbiologia*. 1995.

CEBALLOS, B. S. O. de; Determinação de coliformes fecais *E. coli* pelo método de substratos definidos: alguns inconvenientes. *Atualidades Técnicas. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*. V.3, nº1: Jan/Fev e nº2 Abr/Jun. p. 9-10. 1998.

CEBALLOS, B. S. O. de. *Microbiologia Sanitária y ambiental*. In. MENDONÇA. S. R. *Sistemas de lagunas de estabilización: Como utilizar aguas residuales tratadas em sistemas de regadio*. Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICANA, p.68-106. 2000.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DO ALGODÃO – CNPA/EMBRAPA, BRS 187 8H: nova cultivar de algodoeiro herbáceo para as condições do Nordeste. Campina Grande, PB, 2000. Folder.

CETESB. *Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água*. São Paulo, SP. 150p. 1988.

CHANG, M. A.; OOSTERHUIS, D. M. Cotton response to foliar application of potassium compounds at different pH levels. *Better Crops with Plant food*, Norcross, v.79, n.2. p.20-22, 1995.

CNA. *Información General de los Districtos de Riego 03 e 100, alfajayuacan*. Gerencia Estatal, pajuca, Hidalgo, México, Comisión Nacional de Aguas, Cidade do México, México, 1993.

CONAMA -CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. In: Legislação de conservação da natureza. 4ª ed. FBCN/CESP. São Paulo, SP. 1986. 720p.

DAKER, A. Irrigação e Drenagem; água na agricultura, 3ºV., 7ed. Freitas Bastos, Rio de Janeiro, 1988.

DONALD, C.M.; HAMBLIN, J. The biological yield and harvest index of cereal as agronomic and plant breeding criteria. *Advances in Agronomy*. Madison, 28:361-405, 1976.

DUARTE, A. M. de S. Desenvolvimento do pimentão irrigado com água residuária tratada. Campina Grande – Pb. UFCG. Agosto 2002. Dissertação de Mestrado. 108p.

DUFOUR, A. P. *Escherichia coli*: the fecal coliform. In: **Bacterial Indicators: Health Hazards Associated With Water**. Philadelphia, American Society for testing and materials, 1977. p. 48-58.

DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, A. C.; FANCELLI, A.L.; COSTA, J.D. Partição de fitomassa e limitações de rendimento de milho (*Zea mays* L.) relacionados com a fonte-dreno. In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 4, Fortaleza, SBFV/UFCE, 1993. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, São Carlos, 5 (1):1-120. 1993.

DWYER, L. M.; STEWART, D.W.; HAMILTON, R.I.; HOUWING, L. Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. *Agronomy Journal*, 84:430-438. 1992.

EDMEADES, G. O.; BOLANÕS, J.; LAFITTE, H. R.; RAJARAM, S.; PFEIFFER, W.; FISCHER, R. A. Traditional approaches to breeding for drought resistance in cereals. In: BAKER, F. W. G., ed. **Drought Resistance in Cereals**. Paris. ICSU, P. 27-52. 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos – Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2Ed. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1996. 204p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Fundação – MT/EMBRAPA. Algodão no caminho do sucesso. Boletim de pesquisa 01. 1997. 107p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **BRS 187 8H. Cultivar de algodoeiro herbáceo para as condições do nordeste e uso na agricultura familiar**. Campina Grande: EMBRAPA – CNPA. 1999 (Folder).

FAGERIA, N. K., GHEYI, H. R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. De (Eds.) Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande, PB: UFPB, 1997. P. 363-383.

FALKINER, R. A.; POLGLASE, P. J. Transport of phosphorus through soil in na effluent-irrigated tree plantation. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, p.385-397, 1997.

FALKINER, R. A.; SMITH, C. J. Changes in soil chemistry in effluent-irrigated *Pinus radiata* and *Eucalyptus grandis*. **Australian Journal of soil Research**, v.35, p.131-147, 1997.

FANCELLI, A.L. Plantas Alimentícias: guia para aula, estudos e discussão. Centro Acadêmico “Luiz de Queiroz”. ESALQ/USP, 1986. 131p.

FANCELLI, A.L. Milho e feijão: Elementos para manejo em agricultura irrigada. Departamento de agricultura/ESALQ/USP. Piracicaba. 14p, 1994.

FANCELLI, A. L.; D. DOURADO NETO. Tecnologia da produção de milho. ESALQ/USP, Departamento de Agricultura, Piracicaba. 174p. 1997.

FANCELLI, A.L.; D. DOURADO NETO. Produção de Milho. Ed. Agropecuária, Guaíba. 360 p. 2000.

FEACHEM, R. G.; BRADLEY, D. J.; GARELICK, H.; MARA. D.D. Sanitation and Disease – Health Aspects of Excreta and Wastewater Management. Chichester: John Wiley & Sons. 1983.

FEIGIN, A.; FEIGENBAUM, S.; LIMONI, H. Utilization efficiency of nitrogen from sewage effluent and fertilizer applied to corn plants growing in a clay soil. *Journal of Environmental Quality*, v.10, p.284-287, 1981.

FEIGIN, A.; VAISMAN, I.; BIELORAI, H. Drip irrigation of cotton with treated municipal effluents: II. Nutrient availability in soil. *Journal of Environmental Quality*, v. 13, p.234-238, 1984.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224p.

FERREIRA, I. L.; FREIRE, E. C. Industrialização. In: Beltrão (Org.). **O Agronegócio do algodão no Brasil**. EMBRAPA ALGODÃO. Brasília. V.2, 1999. 1023p.

FERREIRA, O. E. Água residuária doméstica tratada e adubação nitrogenada: Efeitos na cultura do algodão herbáceo e meio edáfico. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande –PB. 75p. 2003.

FONSECA, A. F. da; **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**. Dissertação de Mestrado. ESALQ/USP. Piracicaba, 2001.

FREIRE, E. C.; SOARES, J. J.; FARIAS, F. J. C.; ARANTES, E. M.; ANDRADE, F. P. de. **Cultura do algodoeiro no Estado de Mato Grosso**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997. 65p. Circular Técnica, 23.

FRIEDEL, J. K.; LANGER, T.; SIEBE, C.; STAHR, K. Effects of long-term wastewater on soil organic matter, soil microbial biomass and its activities in central Mexico. **Biology ad Fertility Soils**, v.31, p.414-421, 2000.

FRYE, I. A. A.; KAIRUZ, I. A. G. Manejo de suelos y uso de fertilizantes. I: FEDERACIÓN NACIONAL DE ALGODONEROS. Bases técnicos para el cultivo del algodón en Colombia. Bogotá: Guadalupe, 1990. p.113-202.

FUNDAÇÃO BLUMENAUENSE DE ESTUDOS TÊXTEIS. Resultados de teste no HVI e sua interpretação. Blumenau, s.d.

FURLANI JUNIOR, E.; SILVA, N. M.; BUZERRI, S.; SÁ, M. E.; CARVALHO, M. A. C. Acúmulo de matéria seca e absorção de nitrogênio, fósforo e potássio pelo cultivar de algodão IAC 22. In: congresso Brasileiro de Algodão, 2., 1999, Ribeirão Preto. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999. P.385-387.

GARCIA-LORCA, D. R.; ORTEGA, J. M. C. El algodón. Madri: Mundi-Prensa, 1991. 242p.

GRIDI-PAPP, I. L.; CIA, E.; FUZATTO, M. G.; SILVA, N. M. da; FERRAZ, C. A. M.; CARVALHO, N. de; CARVALHO, L. H.; SABINO, N. P.; KONDO, J. I.; PASSOS, S. M. de G.; CHIAVEGATO, E. J.; CAMARGO, P. P. de; CAVALERI, P. A. Manual do produtor de algodão. São Paulo: Bolsa de Mercadoria & Futuro, 1992. 158p.

GRIMES, D. W.; EL-ZIK, K. M. **Cotton**. In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. (Eds.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: Soil Science Society of America. P.741-773. (Serie Agronomy, 30) 1990.

HARGREAVES, G. H. **Potencial evapotranspiration and irrigation requirements for northeast Brazil.** Logan: Utah State University. 1974. 56p.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (ed.) **Reuso de Água.** Barueri, Sp. Manole. P. 37-96. 2003.

HOADLEY A.W.; DUTKA, B.J. **Bacterial Indicators-Health Hazards Associated With Water.** Philadelphia, ASTM. 635p.1977.

HOLANDA, J. S. de; AMORIM, J. R. A. de.; Qualidade da água para irrigação. In: Simpósio "Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada". Campina Grande: UFPB, 1997. Editores: Hans Raj Gheye, José Elenildo Queiroz, José Francismar de Medeiros.

INGLÉS, A.; GÓMEZ, M.; OGALES, R. Efecto del riego con aguas residuales urbanas depuradas sobre la disponibilidad de metales pesado para la planta. *Suelo y Planta*, v.2, p.703-712, 1992.

INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE. **Cotton:** monthly update of the world situation. Washington, 1997. 2p.

INSTITUTO BRASIEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

INSTITUTO BRASIEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

INSTITUTO BRASIEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. 2004.

JALFIM, F. T.; BAPTISTA, N. Uma saída para a seca. Cadernos LE MONTE DIPLOMATIQUE, Campinas, SP, n. 3, p. 46 – 49, 2003.

JANSSEN, B. H. N mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil*, v.181, p.39-45, 1996.

JIMÉNES CISNEROS, BLANCA E. **La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada**. México: Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A. C., Instituto de Ingeniería de la UNAM Y FEMISCA, 2001. 926P.

JOHNS, G. G.; McCONCHIE, D. M.; Irrigation of bananas with secondary treated sewage effluent. II. Effect o plant nutrients, additional elements and pesticide residue in plants, soil and leachate using drainage lysimeters. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.45, p.1619-1638, 1994.

JORDÃO, E. P.; PESSOA. C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720p

KAFKAFI, U. Foliar feeding of potassium nitrate in cotton. **Better crops with Plant Food**, Norcross, v.76, p.16-17, spring 1992.

KARDOS, L. T.; HOOK, J. E. Phosphorus balance in sewage effluent treated soils. **Journal of Environmental Quality**, v. 5, p. 87-90, 1976.

KÖNIG, A.; CEBALLOS, B. S. O.; dos SANTOS, A. V.; CAVALCANTE, R. B.; ANDRADE, J. L. S.; TAVARES, J. L.. (1997). **Uso de esgoto tratado como fonte de água não convencional para irrigação de forrageiras**. 19º Congresso brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu – PR. CD-ROM, tema V, trabalho 33, p. 2072-2079.

LACA-BUENDÍA, J. P.; NISRALA, A. M. Efeito de doses e épocas de aplicação de sulfato de amônio em algodoeiro herbáceo. In: **Relatório 1980/1992**. EPAMIG/Programa Estadual de Pesquisa Algodão, Belo Horizonte, p.570-574, 1997.

LARAQUE, A. **Comportements hYdrochimiques des açudes du nordeste brésilien semi-aride. Evolution et previsions pour un usage en irrigation**. Montpellier, Université de Montpellier. 1991, 353p. Doctorat These.

LATTERELL, J. J.; DOWDY, R. H.; CLAPP, C. E.; LARSON, W. E.; LINDEN, D. R. Distribution of phosphorus in soils irrigated with municipal wastewater effluent a 5-year study. **Journal of Environmental Quality**, v. 11, p. 124-128, 1982.

LATIRI SOUKI, K.; NORTCLIFF, S.; LAWLOR, D. W. Nitogem fertilizer can increase dry matter, grain production and radiation and water efficiencies for durum wheat under semi-arid conditions. *European Journal of agronomy*. v.9, p. 21-34, 1998.

LÉON, S. G.; MOSCOSO, J. **Curso de tratamiento y uso de aguas residuales**. Lima – Peru. OPS, CEPIS. 151p. 1996.

LÉON S. G.; MOSCOSO, J. Estrategias para el uso de efluentes de lagunas de estabilización en América Latina – el modelo de acuicultura en lima. Perú. In Tercera Conferencia Internacional de Especialistas sobre Tecnologia y aplicaciones de Lagunas de Estabilización, Asociación Internacional de Calidad del Agua (IAQW), 27-31 marzo, João Pessoa. Brasil. 1995.

LÉON S, G.; MOSCOSO, J. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 110p.

LEWIS, W. J.; FOSTER, S. S. D.; DRASAR, B. S. **O Risco de Poluição do Lençol Freático por Sistemas de Disposição Local de esgotos**. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio ambiente. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Brasília. 92p. 1986.

LIMA, A. P.; NABAS, H. T. Relatório do laboratório tecnológico de fibras da BM & F. São Paulo: BM & F, 1995. (Não paginado).

LIMA, M. R. P. 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. 145p. 1996.

LUND, L. J. N balance in a pond system receiving tertiary effluent. *Journal of Environmental Quality*, v.28, p. 1258-1263, 1999.

LURIE, S.; ZILKAH, S.; DAVID, I., LAPSKER, Z.; ARIE, R. B. Quality of "Flamekist" nectarine fruits from an orchard irrigated with reclaimed sewage water. *Journal of Horticultural Science*, v.71, p.313-319, 1996.

MACÊDO, J. A. B. **Águas e águas**. São Paulo: Varela editora e livraria, 505p. 1999.

MACÊDO, L. de S.; MENINO, I. B. **Monitoramento de sais na água e nos solos irrigados do projeto Vereda Grande, PB**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, 1998, v.2, n.1, p.47-51.

MACHADO, A. T.; FERNANDES, M. S. Nitrogen assimilation efficiency in maize genotypes under ammonia stress. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 5, p. 163-166, 1993.

MACHADO, A. T.; MAGALHÃES, J. R. Melhoramento de milho para uso eficiente de nitrogênio sob condições de estresse. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O MILHO EM PERSPECTIVA. Belo Horizonte. Anais... Sete Lagoas: EMBRAPA – CNPMS, p. 321-342, 1995.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. 1995. 27P. (Circular técnica, 20).

MAJEROWICZ, N.; PEREIRA, J.M.S.; MEDICI, L.O.; BISON, O.; PEREIRA, M. B.; JUNIOR, U.M. S. Estudo da eficiência de uso do nitrogênio em variedades locais e melhoradas de milho. *Revista Brasileira de Botânica*, v.25, n.2, p.129-136, 2002.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. Ceres, 4Ed, p.25-39, 1979.

MALAVOLTA, E. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, SP. POTAFOS. 315p, 1997.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F. de.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. Piracicaba: pioneira, 1974. p. 179-201.

MARA, D.D. **Sewage Treatment in Hot Climates**. Chichester: John Wiley, 1976.

MARA, D. D.; CAIRNCROSS, S. Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture. Geneva: World health Organization, 1989. 187p.

MARTIN, F. P.; RICHARDS, S. J.; PRATT, P. F. Relationship of exchangeable Na percentage at different soil pH levels to hydraulic conductivity. *Soil Science Society America of Proceedings*, v.28, p.620-622, 1964.

MAURER, M. A.; DAVIES, F. S. Microsprinkler irrigation of young "Redblush" grapefruit trees using reclaimed water. *HortScience*, v.28, p.1157-1161, 1993.

McBRIDE, M. B. Reactions controlling heavy metal solubility in soils. *Advances in Soil Science*, v.10, p.1-57, 1989.

MENDONÇA, S. R. **Sistemas de lagunas de estabilização**. In: Como utilizar águas residuais tratadas em sistemas de regadio. Colômbia: Editorial Nomos S.A. 370p. 2000.

MENGEL, K. Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops. *Plant and Soil*, v.181, p.83-93, 1996.

METCALF, L.; EDDY, H.P. **Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse**. 3ed. New York: McGraw Hill. 1335p. 1991.

MIRANDA, T. L. de. Reuso de Efluentes Domésticos na Irrigação de Alface (*Lactuca sativa*, L.) (Dissertação de Mestrado) Instituto de Pesquisas hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 111p. 1995.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE-DPG-PRN-DPP-APR, 1992. 511Pp.

OLIVEIRA, A. de S. **Observações sobre o desempenho das ETE's de Campina Grande e Monteiro (PB)**. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal Campina Grande. Campina Grande. 93p. 2002.

OLIVEIRA, E. F. de.; BOLANOS, L. C. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio aplicado em cobertura nas culturas de trigo, milho e algodão. Organização das Cooperativas do Estado do Paraná. Programa de Pesquisa. Cascavel, 1995. p.7-39.

OLIVEIRA, F. A. de; CAMPOS, T. G. da S.; SANTOS, J. W. dos; Efeito da época da última irrigação no algodoeiro herbáceo – 1990. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB) Relatório técnico anual 1990-1991. Campina Grande, 1992a. p.202-204.

OLIVEIRA, F. A. de; CAMPOS, T. G. da S.; SANTOS, J. W. dos; Efeito da época da última irrigação no algodoeiro herbáceo – 1991. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB) Relatório técnico anual 1990-1991. Campina Grande, 1992b. p.205-207.

OLIVEIRA, F. A. de; SILVA, J. J. S. e. **Efeito da última irrigação e número de colheitas na cultura do algodão** (*Gossypium hirsutum* L.). Salvador: EPABA, 1987. 27p. (EPABA. Boletim de Pesquisa, 7).

OLIVEIRA, M. H. de; MEDEIROS, L. A. R. de. **Perfil do setor têxtil brasileiro**. *Textília*, v.6, n.20, 1996, p. 5-19.

ORON, G.; CAMPOS, C.; GILLERMAN, L.; SALGOT, M. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. *Agricultural Water Management*, v.38, p.223-234, 1999.

OVERMAN, A. R. Irrigation of corn with municipal effluent. **Transaction of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 24, p. 74-80, 1981.

OVERMAN, A. R.; WILSON, D. M.; VIDAK, W.; ALLHANDS, M. N.; PERRY JR, T. C. Model for partitioning of dry matter and nutrients in corn. *Journal of Plant Nutrition*, v. 18, p. 959-968, 1995.

PAGANINI, W. da S. **Disposição de esgotos no solo – escoamento à superfície**. 2 ed. São Paulo. 232p. 1997.

PAGANINI, W da S. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (eds.) **Reuso de Água**. Barueri, SP. Manole. P. 339-402. 2003.

PASSOS, S. M. de G. **Algodão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino agrícola, p.138-203. 1980.

PEOPLES, M.B.; HERRIDGE, D.F.; LADHA, J.K. Biological N fixation: an efficient source of N for sustainable agricultural production. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.174, p.3-28, 1995.

PESCOD, M. B; ALKA, U. Urban Effluent Reuse for Agriculture in Arid and Semi-arid zones. In: International Symposium on Reuse of Sewage Effluents. p. 71-84. 1984

PETTIGREW, W. T.; MEREDITH, W. R. Potassium fertilization influences cotton dry matter and yield. Better Crops with plant Food, Norcross, v.76, p.22-23, winter 1992.

POLGLASE, P. J.; TOMPKINS, D.; STEWART, L. G.; FALKINER, R. A. Mineralization and leaching of nitrogen in an effluent-irrigated pine plantation. Journal of Environmental quality, v.29, p.911-920, 1995.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo, Nobel, 1987. 549p.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo. Piracicaba: Ceres, POTAFOS, 1991. 343p.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A. P.; dechen, a. R.; alves, s.; sordi, g.; veiga, A. A.; CAMPANA, M. P.; PETINELLI, A.; NERY, C. A análise de solo para discriminar respostas à adubação para a cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, **40**: 57-75, 1981.

RICHETTI, A., MELO FILHO, G. A. aspectos sócio-econômicos do algodoeiro. In: Embrapa. **Algodão: Tecnologia da Produção**. Dourados: Agropecuária Oeste; Campina Grande: Embrapa algodão, 2001. p.13-34.

RODRIGUEZ, D.; CARNERO, J. M. A. El algodón. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. 242p.

ROSOLEM, C. A. Problemas em nutrição mineral, calagem e adubação do algodoeiro. Informações Agronômicas. N.95. Piracicaba, POTAFOS, set. 2001. P.10-17.

SANTANA, J. C. da S. Características tecnológicas da fibra de duas cultivares de algodão armazenadas em dois municípios paraibanos. Campina Grande: UFCG, 2002. p.48. Dissertação de Mestrado.

SANTANA, J. C. F. de; VANDERLEY, M. J. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. Características da fibra e do fio do algodão: análise e interpretação dos resultados. In: Beltrão (Org). O agronegócio do algodão no Brasil. EMBRAPA ALGODÃO. Brasília. V.2. 1023p. 1999.

SANTANA, J. C. F. de; FREIRE, E. C.; CARVALHO, L. P. de; COSTA, I. N. de; GUSMÃO, J. L. de; SILVA, J. A. da. Características físicas da fibra e do fio dos algodoeiros arbóreo e herbáceo em melhoramento no nordeste do Brasil. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1989. 27p. (EMBRAPA-CNPA. Boletim de Pesquisa, 23).

SANTANA, J. C. F. de; WANDERLEY, M. J. R. Interpretação de resultados de análises de fibras efetuadas pelo instrumento de alto volume (HVI) e pelo finurímetro-maturímetro (FMT₂). Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1995. 9p. (EMBRAPA-CNPA. Comunicado Técnico, 41).

SANTANA, J. C. F. de. Situação atual e perspectivas do algodão brasileiro. **Fibras e Óleos**. Campina Grande, n.2, p.3, abril. 1997.

SANTOS, H.F. dos; MANCUSO, P. C. S. A escassez e o reuso de água em âmbito mundial. In: MANCUSO & SANTOS (ed). Reuso de Água. Barueri, Sp: Manole, 2003.

SAWYER, C.L.; McCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry for Environmental Engineering**, 4th Ed. New York: McGraw-Hill Book Company. 1994. 658p.

SCALOPPI, E.J.; BAPTISTELLA, J. R. Considerações sobre a aplicação de efluentes ao solo. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, v. 7, p. 1049-1066, 1989.

SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – SVS. Portaria nº 451, de 19 de setembro de 1997. Brasília, DF: Ministério da Saúde. Serviço Público Federal.

- SENRA, J. B. **O desafio da sustentabilidade – Um debate sócio-ambiental no Brasil**. Gilney Viana, Marina Silva, Nilo Diniz (organizadores) – São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2001, coleção pensamento petista.
- SHELEF, G. Wastewater reclamation and water resources management in Israel. *Water Science and Technology*. V.24, n.9, p. 251 –265. 1991.
- SHENDE, G. B. Status of Wastewater Treatment and Agricultural Reuse with Special Reference to Indian Experience and Research and Development Needs. In: PESCOD, M. B.; ARAR, A. (Ed.). *Proceedings of the FAO Seminar on the Treatment and Use of Sewage Effluents for Irrigation*, Nicosia, Cyprus, 7-9 October, Butterworths, Londres.
- SHUVAL, H. I.; ADIN, A.; FATTAL, B.; RAWITZ, E.; YEKUTIEL, P. **Health Effects of Wastewater irrigation and their Control in Developing Countries**. The World Bank. Integrated Resource Recovery Project Series Number GLO/80/004. 340p. 1985.
- SILVA, E. L. Solo. In: *Relação solo-água-planta-atmosfera*. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. p. 1-33.
- SMICIKLAS, K.D.; BELOW, F.E. Role of nitrogen form in determining yield of field-grown maize. *Crop Science*, v.32, p1220-1225, 1992.
- SMITH, C. J.; BOND, W. J. Losses of nitrogen from an effluent-irrigated plantation. *Australian Journal of Soil Research*. V.37, p.371-389, 1999.
- SMITH, C. J.; FRENEY, J. R.; BOND, W. J. Ammonia volatilization from soil irrigated with urban sewage effluent. *Australian Journal of Soil Research*, v.34, p.789-802, 1996a.
- SMITH, C. J.; HOPMANS, P.; COOK, F. J. Accumulation of CR, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in australia. *Environmental Pollution*, v.94, p.317-323, 1996b.

SOUZA, C. F. Desempenho do regime de vazão continuamente reduzida em irrigação por sulcos. 1997. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências agrônômicas - Universidade Estadual Paulista - Botucatu – SP. 50p.

SPEIR, T. W.; VAN SCHAİK, A. P.; KETTLES, H. A.; VICENT, K. W.; CAMPBELL, D. J. Soil and stream-water impacts of sewage effluent irrigation onto steeply sloping land. **Journal of Environmental Quality**, v. 28, p.1105-1114, 1999.

STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Calagem e adubação. In Embrapa Agrpecuária Oeste. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: embrapa Agropecuária oeste/Embrapa Algodão, cap. 5, p. 103-123, 2001.

STEWART, H. T. L.; HOPMANS, P.; FLINN, D. W. Nutrient accumulation in trees and soil following irrigation with municipal effluent in australia. *Environmental Pollution*, v. 36, p.155-177, 1990.

STRAUSS, M. Survival of Excreted Pathogens in Excretal and Faecal Sludge. *International Reference Centre for Waste Disposal News*, 23: 4-9. 1985.

STRAUSS, M., BLUMENTHAL, U. J. Human waste use in agriculture and aquaculture. Utilization practices and health perspectives. Duebendorf, Switzerland: International Reference Centre for Waste Disposal, 1989.

TERUEL, A. M. Caracterização arquitetural do sistema radicular da soja. Piracicaba, ESALQ/ USP, 106 p., 1999 (Dissertação de Mestrado).

THOMPSON, W. R. F of cotton for yields and quality. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. dos (Eds). *Cultura do algodoeiro*. Piracicaba: POTAFOS, 1999. p.93-99.

TRABULSI, L. R. *Microbiologia das infecções intestinais*. Livraria Atheneu. 134p. 1981.

TUCKER, T. C.; TUCKER, B. B. Nitrogen nutrition. In ELLIOT, F. C.; HOOVER, M.; PORTER JUNIOR, W. K. Eds. *Advances in production and utilization of quality cotton: principles and practices*. Ames: Iowa State University. 1968, p.183-211.

TUNDISI, J. G. **Limnologia no século XXI: Perspectivas e Desafios**. Conferência de Abertura do VII Congresso Brasileiro de Limnologia. São Carlos – SP, 1999, 24p.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen and carbonum accumulation and remobilisation during grain filling in maize under different source/sink ratios. *Crop Science*, 35:183-190. 1995.

Van HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. **Tratamento anaerobio de esgotos. Um manual para regiões de clima quente**. Campina Grande, 1994, 198p.

VASQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N. J.; MARA, D. D. Management of domestic wastewater for reuso in irrigations. *Water Science & Tecnology*, v.33, p.355-362, 1996.

VIVANCOS, A. D. **Tratado de fertilización**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989. 601p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ed. Belo Horizonte – MG. UFMG. 243p. 1995.

WENDT, C. W. Use of a relationship between leaf area to estimate the leaf area cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castors (*Ricinus communis* L.), and sorghum (*sorghum vulgare* L.) *Agronomy Journal*, v.59, p.484-486, 1967.

WESTGATE, M. E. Seed formation in maize during drought. In: BOOTE, K. J.; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R.; PAULSEN, G. M. (eds.) **Physiology and determination of crop yield**. Madison, Wisconsin. 1994.

YAN, F.; SHUBERT, S.; MENGEL, K. soil Ph increase due to biological decarboxilation of organic anions. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 28, p. 617-624. 1996.

ZELLWEGER USTER. **Spinlab HVI 900 high volume fiber test system**. Knoxville, 1992. p. Irr.

ANEXOS

Tabela 1A: Parâmetros e métodos utilizados para caracterização física do solo da área experimental da ETE de Campina Grande -PB.

PARÂMETROS E UNIDADES	MÉTODOS UTILIZADOS (*)
GRANULOMETRIA Areia fina Areia grossa Silte Argila	Hidrômetro
Argila dispersa (g/Kg)	Densimetria
Grau de flocculação (g/Kg)	Estimada com base nos valores de argila total e natural
Densidade do solo (g/cm ³)	Torrão parafinado
Densidade das partículas (g/cm ³)	Água destilada para medir o volume deslocado por massa conhecida de solo num balão volumétrico de 250ml
Porosidade do solo (m ³ /m ³)	Estimada a partir dos valores das densidades do solo e de partículas
Umidade à base de massa (kg/kg)	Tensões de 0,033 e 1,5 MPa usando-se funil de placa porosa e câmara de pressão de Richards
Água disponível (kg/kg)	Diferença dos teores de água retida nas amostras entre as tensões de 0,033 e 1,5 MPa

* EMBRAPA (1979)

Tabela 2A: Parâmetros e métodos utilizados para a caracterização química do solo.

PARÂMETROS E UNIDADES	MÉTODOS UTILIZADOS (*)
FERTILIDADE	
Cálcio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$)	Titulometria
Magnésio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$)	Titulometria
Sódio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$)	Espectrofotometria de chama
Potássio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$)	Espectrofotometria de chama
Soma de bases ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$)	
Hidrogênio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$)	Titulometria
Alumínio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$)	Titulometria
CTC ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$)	
Matéria orgânica (g/kg)	Oxidação com Dicromato de Potássio
Fósforo assimilável ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$)	Espectrofotometria
pH H_2O (1:2,5)	Potenciometria
SALINIDADE	
pH (extrato de saturação)	Potenciometria
Cond. Elétrica (dS/m)	Resistência elétrica
Cloretos (mmol_c/l)	Titulometria
Carbonato (mmol_c/l)	Acidimetria com H_2SO_4
Bicarbonato (mmol_c/l)	Acidimetria com H_2SO_4
Sulfato (mmol_c/l)	Espectrofotometria
Cálcio (mmol_c/l)	Titulometria

(Continuação da Tabela 2A)

Magnésio (mmol _e /l)	Titulometria
Potássio (mmol _e /l)	Espectrofotometria de chama
Sódio (mmol _e /l)	Espectrofotometria de chama
Razão de Adsorção de Sódio	
PST	

**MICRONUTRIENTES E
METAIS PESADOS**

Boro (mg/dm ³)	Espectrofotometria UV-VIS com curcumina
Ferro (mg/kg)	Espectrofotometria de absorção atômica
Cobre (mg/kg)	Espectrofotometria de absorção atômica
Manganês (mg/kg)	Espectrofotometria de absorção atômica
Zinco (mg/kg)	Espectrofotometria de absorção atômica
Cádmio (mg/l)	Espectrofotometria de absorção atômica
Níquel (mg/l)	Espectrofotometria de absorção atômica
Chumbo (mg/l)	Espectrofotometria de absorção atômica

* EMBRAPA (1979)

Tabela 3A: Parâmetros e métodos utilizados para caracterização microbiológica do solo.

PARÂMETROS E UNIDADES	MÉTODOS UTILIZADOS
Coliformes Totais (NMP/g de solo)	Técnicas de tubos múltiplos (APHA, 1995)
Coliformes Fecais (NMP/g de solo)	Técnicas de tubos múltiplos, meio EC-MUG (APHA 1995).
<i>Escherichia coli</i> (NMP/g de solo)	Técnicas de tubos múltiplos, meio EC-MUG (APHA, et al.,1995).

Tabela 4A: Parâmetros físico-químicos analisados na caracterização das águas de irrigação em experimento conduzido nas dependências da ETE de Campina Grande (PB) no período de março de 2003 a março de 2004.

PARÂMETROS E UNIDADES	MÉTODOS UTILIZADOS
Temperatura (°C)	Termômetro de filamento de mercúrio
pH	Método do potenciômetro com medidor de pH
Condutividade elétrica (dS/m)	Resistência elétrica
OD (mg/L)	Método titulométrico de Winkler com "Modificação Azida"
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	Método dos frascos padrões
DQO (mg/L)	Método da refluxação fechada do dicromato de potássio
Amônia (mg N-NH ₃ ⁺ /L)	Método da masserilização direta
Fósforo Total (mgP/L)	Técnica do ácido ascórbico e leitura em espectrofotômetro

(Continuação da Tabela 4A)

Ortofosfato Solúvel (mgP-PO ₄ ⁻ /L)	Técnica do ácido ascórbico e leitura em espectrofotômetro
Sólidos Totais e Frações (mg/L)	Método gravimétrico
Sódio (mgNa ⁺ /L)	Método da fotometria de chama
Cálcio (mgCa ⁺² /L)	Método da titulometria
Magnésio (mgMg ⁺² /L)	Método da titulometria
Potássio (mgK ⁺ /L)	Método da fotometria de chama
Cloreto (mgCl ⁻ /L)	Método da titulometria
Carbonatos (mgCO ₃ /L)	Método da titulometria
Bicarbonatos (mgHCO ₃ /L)	Método da titulometria
Nitrato (mgN-NO ₃ ⁻ /L)	Método do salicilato de sódio e leitura em espectrofotômetro. Rodier (1975).
Clorofila "a" (µg/L)	Método da extração à quente com metanol e leitura em espectrofotômetro (Jones, 1979).

• Com exceção do nitrato e da clorofila "a", todos os demais parâmetros seguiram as metodologias de APHA et al., (1995).

Tabela 5A: Parâmetros microbiológicos para caracterização das águas de irrigação.

PARÂMETROS E UNIDADES	MÉTODOS
Coliformes fecais (UFC/100ml)	Técnica da membrana filtrante (APHA, 1995).
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	Técnicas de tubos múltiplos e confirmação com meio EC-MUG (APHA et al., 1995)

Tabela 6A: Características microbiológicas e métodos utilizados para análise da contaminação das folhas e grãos de milho.

PARÂMETROS E UNIDADES	MÉTODOS (APHA, et al., 1995)
Coliformes Fecais (NMP/g)	Técnica dos tubos múltiplos – meio EC-MUG.
<i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	Técnicas de tubos múltiplos – meio EC-MUG

Tabela 7A: Temperatura média do ar, precipitação pluvial, evaporação, insolação, velocidade média do vento e umidade relativa do ar referente ao período experimental de março a julho de 2003. Campina Grande, PB.

VARIÁVEIS	MESES			
	Março	Abril	Maiο	Junho
Temperatura média mensal (°C)	24,2	24,3	23,8	22,1
Precipitação mensal (mm)	130,0	35,2	53,9	341,0
Evaporação mensal (mm)	110,9	116,1	111,6	88,4
Insolação mensal (h)	202,4	231,2	207,6	153,1
Velocidade média do vento no mês (m/s)	3,4	3,5	3,4	3,3
Umidade relativa do ar (%)	80	78	79	82,3

Fonte: EMBRAPA Algodão, 2003.

Tabela 8A: Temperatura média do ar, precipitação pluvial, evaporação, insolação, velocidade média do vento e umidade relativa do ar no período de novembro de 2003 a março de 2004. Campina Grande, PB.

VARIÁVEIS	MESES				
	Novembro/03	Dezembro/03	Janeiro/04	Fevereiro/04	Março/04
Temperatura média mensal (°C)	24,5	24,8	24,1	23,9	24,2
Precipitação mensal (mm)	7,6	2,9	279,0	243,7	64,6
Evaporação mensal (mm)	206,9	213,1	111,6	93,9	133,0
Insolação mensal (h)	281,8	268,0	157,5	189,3	241,5
Velocidade média do vento (m/s)	4,4	4,4	3,2	3,0	3,4
Umidade relativa do ar (%)	69	69	81	82	78

Fonte: EMBRAPA Algodão, 2004.