



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO NO
CULTIVO DE GÉRBERA COM E SEM SUPLEMENTAÇÃO MINERAL**

LISÂNEA MYCHELINE OLIVEIRA DAMASCENO

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

MAIO – 2008

LISÂNEA MYCHELINE OLIVEIRA DAMASCENO

Tecnóloga em Meio Ambiente

Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí, 2005

**FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO NO
CULTIVO DE GÉRBERA COM E SEM SUPLEMENTAÇÃO MINERAL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ORIENTADORES:

Dr. ADERSON SOARES DE ANDRADE JÚNIOR (EMBRAPA MEIO-NORTE)

PROF. Dr. HANS RAJ GHEYI (UFCG, CTRN)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, PB, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

Linha de Pesquisa: Reúso de Água

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

MAIO – 2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DA EMBRAPA MEIO-NORTE

D155f Damasceno, Lisânea Mycheline Oliveira
2008 Fertirrigação com efluente doméstico tratado no cultivo de gébera com e sem suplementação mineral/
Lisânea Mycheline Oliveira Damasceno. — Campina Grande, 2008.
120f.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, 2008.
Bibliografia.

1. Águas residuais. 3. Reúso de água. 3. Gérbera. 4. Fertirrigação. I. Título.

CDD 363.728 4 (21. ed.)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
CAMPINA GRANDE

FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO NO CULTIVO DE GÉRBERA COM E SEM SUPLEMENTAÇÃO MINERAL

APROVADA EM:

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Aderson Soares de Andrade Júnior

Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte - CPAMN
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola - UAEAg
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Prof. Dr. Nildo da Silva Dias

Departamento de Ciências Ambientais - DCA
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA

Profa. Dra. Cristiane Guiselini Pandorfi

Departamento de Tecnologia Rural - DTR
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
MAIO - 2008

*A Deus que me deu forças, saúde e determinação
para a realização desse sonho na minha vida
acadêmica;
à minha mãe, Luíza Helena, pela luta de ser a super
mãe e pai, sempre ao meu lado na vida, ensinando-
me bem a arte de viver.*

Dedico

Agradecimentos

Ao grande amigo Dr. Nildo da Silva Dias, por todo o apoio antes e durante o mestrado, pois sem ele esse sonho sequer haveria iniciado;

...ao pesquisador e orientador da Embrapa Meio-Norte na graduação e no mestrado, Dr. Aderson Soares de Andrade Júnior, pelas oportunidades oferecidas e pela confiança adquirida;

...ao meu orientador prof. Dr. Hans Raj Gheyi pela força, apoio, confiança e amizade;

...aos meus grandes e eternos amigos de Campina Grande, PB, em especial, a Marcos Eric e Sandi, Cláudia Germana (In memoriam), Dr. Wagner Alves; Míriam e Lívia;

...ao Dr. Genival Barros e ao ouvidor Prof. Josevaldo Cunha pelo apoio nos momentos mais difíceis;

...aos funcionários e técnicos do DÆAg, em especial, aos do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS): José Maria, Chico, Wilson e Doutor que sempre estiveram à disposição a me ouvir e ajudar;

...aos professores da UFCG, em especial, aos Profs. Berto Marques, Pedro Dantas, José Dantas Neto, Vera Lúcia Antunes, Hugo Orllando C. Guerra pela amizade e transmissão de conhecimentos;

...ao grandioso amigo da UFPB, em Areia - PB, D.Sc. Cícero Sousa, pela forte amizade e apoio;

...aos amigos Cícero Cordão Terceiro e Ridelson Farias, pela amizade, discussões úteis e também divertidas;

...a Thaísa Caminha pelo lar oferecido; à Daniela Batista, Jaci Cavalcante e à Jussara Dantas;

...aos eternos amigos de Teresina, PI, pela força, amizade, carinho e energias positivas passadas há tantos anos, em especial, Diogo Sousa, Fábio Marcos, Marcelo Sales e Jamílson Sousa;

...aos amigos da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, pela generosidade e amizade, em especial, Dr. Valdenir Queiroz, Dr. Edson Alves Bastos e sua esposa Dra. Maria Teresa, Dr. Paulo Henrique, Dr. Cândido Athayde; aos estagiários, Antônio Guaraná, Rafael Maschio, Everaldo, Clécio Oliveira, Clarice Leal, Natália, Adilberto, Sebastião, Paula Verena e Iradênia; aos laboratoristas Luís Duarte e Antônio Carlos; aos bibliotecários Gorete e Orlane; aos motoristas pelo acompanhamento na coleta dos dados; ao amigo Sr. Luizão pela paciência durante todo o experimento, sobretudo, na instalação e na coleta dos efluentes; aos funcionários e estagiários do setor de Recursos Humanos, além do SPM, João Ricardo, Cristiane e Lima; aos amigos da unidade da Embrapa Meio-Norte, em Parnaíba, Dr. Seixas e Dr. Braz;

...ao meu amor Aldo Jean Soares Silva pelo amor, tolerância, dedicação diária, força e carinho nesse nosso precioso tempo juntos;

...ao CT-Hidro / CNPq pela concessão da bolsa, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Piauí pelo financiamento do Projeto, à ETE-LESTE (AGESPISA), à Naandan e aos amigos da Delta Irrigação pela doação de equipamentos essenciais ao sistema de irrigação e à Embrapa Meio-Norte pela infra-estrutura, equipamentos e transporte para a execução desta pesquisa.

Meu muito obrigada a todos !!!!!!!!!

"O desejo sincero e profundo do coração é sempre realizado; em minha própria vida tenho sempre verificado a certeza disto."

(Mahatma Gandhi 1869 – 1948)

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Balança comercial brasileira dos produtos da floricultura, 1997 a 2007.....	21
FIGURA 2 - Projeção global de escassez hídrica em 2025	28
FIGURA 3 - Reaproveitamento de água na irrigação: (a) pivô central, (b) culturas vegetais, (c) campos de golfe e (d) jardins domiciliares, em Creta, Grécia.....	29
FIGURA 4 - Experimento com águas residuárias na produção de gérbera, UFCG.....	37
FIGURA 5 - Bancada com canaletas de flores e o detalhe da flor “Benedita”, UFRN.....	37
FIGURA 6 - Visão das helicônias em campo, a partir da irrigação de águas residuárias, UFBA, ago. 2005.....	38
FIGURA 7 - Croqui com a distribuição dos vasos.....	51
FIGURA 8 - Croqui da casualização dos tratamentos, distribuição das parcelas e repetições.....	51
FIGURA 9 - Detalhes da malha de sombreamento no ambiente protegido.....	51
FIGURA 10 - Mudanças recém-chegadas da UFCG (A) e flor da gérbera variedade Rambo (B).....	52
FIGURA 11 - Detalhes do sistema de drenagem da água: conector (A), vasos com conectores (B) e manta geotêxtil no fundo (C).....	53
FIGURA 12 - Aspectos da flor infectada pelo inseto <i>Tripes</i>	53
FIGURA 13 - Croqui referente ao T ₁	54
FIGURA 14 - Croqui referente ao T ₂	55
FIGURA 15 - Croqui referente ao T ₃	55
FIGURA 16 - Croqui referente ao T ₄	56
FIGURA 17 - Croqui referente ao T ₅	56
FIGURA 18 - Detalhe da distribuição de microtubos (A) e hastas gotejadoras nos vasos (B).....	57
FIGURA 19 - Detalhes do sistema de irrigação utilizado durante o experimento.....	57
FIGURA 20 - Detalhe da distribuição das hastas gotejadoras e estabilizadoras, durante a instalação do ensaio experimental.....	58
FIGURA 21 - Detalhe dos microtubos e gotejadores com 2 e 4 saídas, sendo o de cores marrom (A) e preto (B), vazões respectivas de 2 e 4 L h ⁻¹	58
Testes na bomba injetora de fertilizantes (A) e com o manômetro (B).....	59
FIGURA 23 - Distribuição dos coletores durante o teste de uniformidade do sistema de irrigação.....	59
FIGURA 24 - Planilha para manejo da fertirrigação: Planfertil - Gérbera 1.0.....	61
FIGURA 25 - Aplicação de fertilizantes via bomba injetora.....	62
FIGURA 26 - Vista geral da lagoa de maturação na ETE-LESTE, Teresina, PI.....	63
FIGURA 27 - Seqüência da coleta: (A), (B) e (C), referentes à retirada da amostra para análises do efluente da lagoa de maturação na ETE.....	63
FIGURA 28 - Detalhe da (A) chegada e (B) distribuição do efluente no local do experimento.....	64
FIGURA 29 - Detalhe do uso de EPI's no momento da sucção do efluente ao reservatório de PVC.....	64
FIGURA 30 - Estação agrometeorológica automática no ambiente interno.....	66

FIGURA 31 - Medidas do diâmetro da haste (A) e do diâmetro do capítulo da flor (B).....	67
FIGURA 32 - Medidas do tamanho do perfilho (A), folha jovem (B) e folha adulta (C).....	67
FIGURA 33 - Médias mensais da temperatura do ar referentes ao período experimental no ambiente interno e externo ao ambiente protegido. Teresina, PI, 2007.....	78
FIGURA 34 - Variações de temperatura do ar versus umidade relativa do ar horárias registradas no interior da estufa, no trigésimo dia de julho (A), agosto (B), setembro (C) e outubro (D). Teresina, PI, 2007.....	80
FIGURA 35 - Médias mensais da umidade relativa do ar referentes ao período experimental nos ambientes interno e externo ao ambiente protegido. Teresina, PI, 2007.....	81
FIGURA 36 - Médias mensais de radiação solar global referente ao período experimental nos ambientes interno e externo ao ambiente protegido. Teresina, PI, 2007.....	82
FIGURA 37 - Médias mensais da precipitação referente ao período experimental nos ambientes interno e externo ao ambiente protegido. Teresina, PI, 2007.....	83
FIGURA 38 - Médias mensais da velocidade do vento referentes ao período experimental nos ambientes interno e externo ao ambiente protegido. Teresina, PI, 2007.....	83
FIGURA 39 - Médias mensais da evapotranspiração de referência (ETo) durante o período experimental nos ambientes interno e externo ao ambiente protegido. Teresina, PI, 2007....	86
FIGURA 40 - Detalhe das hastes florais em julho.....	86
FIGURA 41 - Detalhes da altura, diâmetro da haste e do capítulo da flor em agosto.....	86
FIGURA 42 – Detalhes visuais das flores em setembro.....	89
FIGURA 43 – Detalhes visuais das flores em outubro.....	89
FIGURA 44 – Observações de possíveis variações genéticas: falta (A) e atrofia (B) de pétalas na flor.....	93
FIGURA 45 - Aparência geral das flores em julho (A), agosto (B), setembro (C) e outubro (D).....	94
FIGURA 46 - Média do tamanho de perfilho, folha jovem e folha adulta da gérbera em julho (A), agosto (B), setembro (C) e outubro (D). Teresina, PI, 2007.....	97
FIGURA 47 - Aspecto geral dos tratamentos (T ₁ a T ₅) quanto ao tamanho e número de folhas.....	98
FIGURA 48 - Média do número total de folhas por vaso, para cada tratamento, ao longo do desenvolvimento da gérbera. Teresina, PI, 2007.....	99

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Composição de esgotos domésticos, segundo o tipo e origem.....	25
TABELA 2 - Tipos de reúso de água	26
TABELA 3 – Período de sobrevivência de patógenos no efluente.....	33
TABELA 4 - Padrões de DBO ₅ e coliformes fecais, em efluentes normalmente utilizados para irrigação.....	34
TABELA 5 - Produtividade de culturas irrigadas com efluentes sanitários (t ha ⁻¹).....	42
TABELA 6 - Características nutricionais na cultura da gébera.....	43
TABELA 7 - Análise de fertilidade do solo antes da instalação do experimento.....	52
TABELA 8 - Classificação textural e análise granulométrica do material do solo.....	53
TABELA 9 - Composição físico-química da água de poço aplicada na irrigação e fertirrigação.....	69
TABELA 10 - Composição físico-química do efluente doméstico tratado durante o período de coleta mensal para abastecimento do reservatório.....	70
TABELA 11 - Avaliação físico-química do efluente doméstico tratado (tratamento terciário), referente à coleta mensal para abastecimento do reservatório.....	72
TABELA 12 - Valores médios da fertilidade do solo (0-20) antes da instalação do experimento e após a aplicação da água residuária, para cada tratamento. Teresina, PI, 2007.....	74
TABELA 13 - Médias mensais dos elementos meteorológicos monitorados pela estação agrometeorológica no interior do ambiente externo durante a condução do experimento. Teresina, PI, 2007.....	77
TABELA 14 - Médias mensais dos elementos meteorológicos monitorados pela estação agrometeorológica no ambiente externo durante a condução do experimento. Teresina, PI, 2007.....	78
TABELA 15 - Médias de altura de haste na colheita (AHC), diâmetro da haste na colheita (DHC) e diâmetro do capítulo na colheita (DCC), referentes ao período de avaliação das flores (julho e agosto). Teresina, PI, 2007.....	85
TABELA 16 - Médias de altura de haste na colheita (AHC), diâmetro da haste na colheita (DHC) e diâmetro do capítulo na colheita (DCC), referentes ao período de avaliação das flores (setembro e outubro). Teresina, PI, 2007.....	88
TABELA 17 - Médias do número de flores colhidas por vaso (NFCV) para cada tratamento, referentes a cada período na avaliação das flores. Teresina, PI, 2007.....	91
TABELA 18 - Médias do tamanho do perfilho (TP) (cm), tamanho da folha jovem (TFJ) e tamanho da folha adulta (TFA) durante a avaliação de folhas (julho e agosto). Teresina, PI, 2007.....	95
TABELA 19 - Médias do tamanho do perfilho (TP) (cm), tamanho da folha jovem (TFJ) e tamanho da folha adulta (TFA) durante a avaliação de folhas (setembro e outubro). Teresina, PI, 2007.....	96
TABELA 20 - Teores de micro e macronutrientes nas folhas de géberas, ao término do experimento. Teresina, PI, 2007.....	100

LISTA DE ABREVIATURAS

AGESPISA – Águas e Esgotos do Piauí S.A.
CE - Condutividade Elétrica
CF - Coliformes Fecais
CTC - Capacidade de Troca Catiônica
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO - Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE - Estação de Tratamento de Esgoto
ETo - Evapotranspiração de Referência
IBRAFLOR – Instituto Brasileiro de Flores
NMP - Número Mais Provável
OMS - Organização Mundial de Saúde
pH - Potencial Hidrogeniônico
RAS - Relação de Adsorção de Sódio
SNK – Student-Newman-Keuls
UD – Uniformidade de Distribuição
USEPA – United States Environmental Protection Agency

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1. Gérbera jamesonii.....	18
2.2. Mercado de flores.....	20
2.3. Águas residuárias	23
2.3.1. Aspectos gerais.....	23
2.3.2. Importância do reúso das águas residuárias.....	27
2.3.3. Qualidade da água do efluente doméstico na agricultura.....	29
2.3.4. Experiências práticas do reúso de água na agricultura.....	34
2.4. Irrigação e nutrição de flores.....	38
2.5. Fertirrigação com efluente doméstico.....	43
2.6. Elementos meteorológicos.....	45
2.7. Ambiente protegido.....	47
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.1. Local de instalação e caracterização da área experimental.....	49
3.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	50
3.3. Condução do experimento.....	51
3.3.1. Preparo do solo.....	52
3.3.2. Plantio e tratos culturais.....	53
3.3.3. Sistema de irrigação e fertirrigação.....	53
3.3.4. Teste de uniformidade do sistema de irrigação.....	58
3.4. Manejo da irrigação e fertirrigação.....	59
3.5. Coleta do efluente tratado na Estação de Tratamento de Esgotos - ETE.....	62
3.6. Características da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE-LESTE).....	64
3.7. Variáveis meteorológicas.....	65
3.8. Características avaliadas.....	66
3.9. Análise de micro e macronutrientes das folhas da gérbera.....	68

3.10. Análise estatística.....	68
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
4.1. Variáveis indicativas da qualidade da água utilizada na fertirrigação.....	68
4.2. Variáveis indicativas da qualidade do efluente.....	69
4.2.1 Qualidade do efluente tratado aplicado na fertirrigação da gérbera.....	69
4.3. Fertilidade do solo antes e após um ciclo cultural.....	73
4.4. Monitoramento de elementos meteorológicos no manejo da gérbera.....	77
4.5. Desenvolvimento da gérbera.....	84
4.6. Número de flores colhidas	89
4.7. Aparência e qualidade das plantas.....	92
4.8. Desenvolvimento foliar da gérbera.....	94
4.9. Macro e micronutrientes nas folhas da gérbera.....	99
5. CONCLUSÕES.....	103
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
REFERÊNCIAS.....	105
APÊNDICE A - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente à fertilidade do solo, após o término do experimento.....	116
APÊNDICE B - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente à fertilidade do solo, após o término do experimento.....	117
APÊNDICE C - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente à fertilidade do solo, após o término do experimento.....	117
APÊNDICE D - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente a julho e agosto na avaliação da altura da haste na colheita (AHC), diâmetro da haste na colheita (DHC) e diâmetro do capítulo na colheita (DCC).....	117
APÊNDICE E - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente a setembro e outubro na avaliação da altura da haste na colheita (AHC), diâmetro da haste na colheita (DHC) e diâmetro do capítulo na colheita (DCC).....	118
APÊNDICE F - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente ao número de flores colhidas (\sqrt{NFC}) de forma mensal.....	118
APÊNDICE G - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente ao número total de flores colhidas (\sqrt{NTFC}) de forma geral.....	118
APÊNDICE H - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente a julho e agosto na avaliação do tamanho do perfilho (TP), tamanho de folhas jovens (TFJ) e tamanho de folhas adultas (TFA).....	118
APÊNDICE I - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente a setembro e outubro na avaliação do tamanho do perfilho (TP), tamanho de folhas jovens (TFJ) e tamanho de folhas adultas (TFA).....	119
APÊNDICE J - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente aos macronutrientes nas folhas, após o término do experimento.....	119
APÊNDICE L - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente aos micronutrientes nas folhas, após o término do experimento.....	120

FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO NO CULTIVO DE GÉRBERA COM E SEM SUPLEMENTAÇÃO MINERAL

RESUMO: Ainda são insuficientes as informações disponíveis acerca do efeito da aplicação de águas residuárias tratadas para irrigação, com vistas à produção ou qualidade de flores de corte, ou ainda em sistemas de produção agrícola que tenha avaliado comparativamente a sustentabilidade destes, em diferentes meios de cultivos e tipos de solos. Esta pesquisa visou mensurar a viabilidade técnica da fertirrigação com efluentes domésticos tratados no cultivo de gérbera, em Teresina, PI, vista à limitação dos recursos hídricos e a poluição gerada pelo meio urbano e rural. Avaliaram-se os efeitos da fertirrigação com efluentes domésticos tratados, associados a fertilizantes químicos (N e K₂O), sobre as variáveis de produção, crescimento e qualidade da gérbera (flor de corte), bem como nos atributos químicos do substrato utilizado no cultivo, entre os meses de julho e outubro de 2007, em Teresina, PI. O estudo foi conduzido em condições protegidas, com malha de sombreamento 50 %, na Embrapa Meio-Norte, utilizando-se esgoto tratado da Estação de Tratamento de Esgotos da Companhia de Água e Esgotos do Piauí S.A. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições e constou da aplicação de diferentes volumes de água residuária tratada, combinados com a aplicação de fertilizantes químicos (N e K₂O): T₁ – 100 % fertirrigação (N e K₂O); T₂ – 75 % do volume de água residuária tratada associada a 25 % de fertirrigação; T₃ – 50 % de água residuária tratada associada a 50 % de fertirrigação; T₄ – 25 % de água residuária tratada associada a 75 % de fertirrigação e T₅ – 100 % do volume com água residuária tratada. Os melhores resultados quanto às exigências comerciais em número de flores ocorreu em T₄. Porém, em termos de qualidade, o T₂ apresentou flores com maior altura das hastes (padrão extra) IBRAFLOR, em julho e agosto. Nos meses de setembro e outubro, nenhum tratamento conseguiu alcançar esse padrão de qualidade, em virtude da alta temperatura e baixa umidade na região, que provocou perdas no crescimento, aparência e qualidade da gérbera. A qualidade da água e do efluente, aplicado na fertirrigação, não apresentou nenhuma restrição do uso, exceção à condutividade elétrica do efluente, que aumentou sensivelmente em setembro e outubro (0,82 e 0,90 dS m⁻¹), respectivamente, apresentando restrição ligeira e moderada para o uso na irrigação. Após a discussão dos resultados, pôde-se concluir que os teores foliares de macro (N, P, Ca e Mg) e micronutrientes (Zn, Cu, Mn, Fe e B) não foram afetados pelos tratamentos à base de efluentes domésticos com e sem suplementação mineral no experimento. A análise do material de solo antes e após a aplicação dos tratamentos, revelou que em alguns elementos ocorreu um leve aumento na média, ao término do ensaio, sobretudo com a aplicação de 100 % do volume com efluente tratado: pH (5,24 para 5,76), Ca²⁺ (1,71 para 3,14 cmol_c dm⁻³) e Mg²⁺ (1,03 para 1,44 cmol_c dm⁻³), bem como, em S (3,11 para 4,92 cmol_c dm⁻³). As maiores concentrações de N e C, possivelmente, ocasionou a rápida mineralização da matéria orgânica nos solos irrigados com apenas efluente tratado, reduzindo assim seu teor nesse tratamento. Estas alterações nos atributos químicos não provocaram efeitos prejudiciais na cultura da gérbera. A utilização do efluente doméstico tratado foi satisfatória, permitindo a substituição parcial do uso de fertilizantes químicos por fertilizantes naturais no efluente, constituindo-se assim como uma alternativa para os floricultores.

Palavras-chave: reúso de água, qualidade de água, floricultura, águas residuárias.

FERTIGATION WITH TREATED DOMESTIC EFFLUENT IN GERBERA CROP WITH AND WITHOUT MINERAL SUPPLEMENTATION

The available information concerning the effects of the application of treated wastewaters in irrigation is insufficient keeping in view the production or quality of cut flowers or in systems of agricultural production which evaluate the comparative sustainability in different forms of cultivation and types of soils. The aim of this research was to evaluate the technical viability of fertigation with treated domestic effluents in the cultivation of gerbera at Teresina, PI, due to the limitation of the water resources and the pollution created in the urban and rural areas. The study was conducted over a period of 120 days from July to October 2007 at Embrapa Meio-Norte, Teresina, State of Piauí, Brazil, in a greenhouse with a 50 % shadow screen, using treated sewer from the Sewer Treatment Station of the Companhia de Água e Esgotos do Piauí S.A. A completely randomized experimental design, with five treatments and five replications was used. The treatments differed in volume of wastewater and the application of chemical fertilizers (urea and potassium chloride). The treatments studied were: TI – 100 % chemical fertilization; TII – 25 % chemical fertilization and 75 % Treated effluent; TIII – 50 % chemical fertilization and 50 % treated effluent; TIV – 75 % chemical fertilization and 25 % treated effluent; and TV – 100 % treated effluent. The results obtained in Treatment IV met the commercial requirements for number of flowers, however in terms of the quality, Treatment II produced flowers in July and August with longer stem length achieving IBRAFLOR extra standards. In the final months (September and October) no treatment achieved this limit, due to the high temperature and low humidity which provoked losses in growth, appearance and quality. The quality of water and applied effluent did not restrict its use in irrigation. The electrical conductivity of the effluent increased in September and October to 0.82 and 0.90 dS m⁻¹, respectively, presenting little to moderate restrictions in its use in irrigation. It may be concluded that the leaf contents of macronutrients (N, P, Ca and Mg) and micronutrients (Zn, Cu, Mn, Fe and B) were not affected under the domestic effluent treatments with and without mineral supplementation in the experiment. The analysis of the soil material before and after the application of the treatments revealed a small increase in some soil attributes at the end of the trial particularly in case of treatment with the application of 100 % treated effluent (pH increased from 5.24 to 5.76, Ca²⁺ from 1.71 to 3.14 cmol_c dm⁻³ and Mg²⁺ from 1.03 to 1.44 cmol_c dm⁻³, and the sum of extracted cations from 3.11 to 4.92 cmol_c dm⁻³). The highest concentrations of N and C were observed in the soils irrigated with 100% treated effluent, possibly due to fast mineralization of organic matter, reducing their contents under this treatment. These alterations in the chemical attributes did not provoke harmful effects in gerbera crop. The use of the treated domestic effluent was satisfactory permitting the partial substitution of chemical fertilizers by the nutrients contained in the effluent constituting thereby an alternative for the flower growers.

Key-words: water reuse, water quality, floriculture, wastewater

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água no mundo, sobretudo nas atividades agrícolas, tem consumido mais de 50 % do total de recursos hídricos extraídos, com a conseqüente perda de altos volumes de água de boa qualidade, e ainda por suprir a forte demanda de outros setores, como o industrial e o doméstico. Segundo Carr et al. (2004), além da escassez hídrica, o crescimento populacional e a urbanização têm sido as causas do aumento do volume de efluentes domésticos tratados, os quais são mais gerados nas áreas urbanas.

Pescod (1992) afirma que a água de “qualidade inferior” pode ser definida como aquela que pode conter características com potencial causador de problemas, quando utilizada para diversos fins.

As vantagens da aplicação dos efluentes domésticos tratados são voltadas, sobretudo, para reúso e economia de água na agricultura, reciclagem de nutrientes para irrigação, economia de insumos como fertilizantes, controle de poluição sobre corpos hídricos receptores e da eutrofização. Além disso, abrangem o uso racional ou eficiente da água: redução dos lançamentos de esgotos sobre os corpos hídricos, como forma de controlar a poluição ambiental; redução da demanda de água dos mananciais, além do controle de perdas e desperdícios e consumo de água (BAZZA, 2002; CAPRA; SCICOLONE, 2007; CARR et al., 2004; JANOSOVA et al., 2006; MUTENGU et al., 2007; PAPADOPOULOS et al., 2004; TOZE, 2006).

Do ponto de vista da irrigação, o uso dessa água exige uma gestão mais complexa da prática e um monitoramento mais restrito dos procedimentos do que a de uma água com melhor qualidade que geralmente é usada.

Atualmente há poucas informações disponíveis acerca do efeito da aplicação de águas de esgoto tratado para irrigação, com vistas ao crescimento, à produção ou à qualidade de gérberas ou outras flores de corte. Darwish et al. (1999) mostram que as culturas em estufa podem ser excelentes opções quando do reúso de efluentes domésticos tratados. Não há dúvidas de que os efluentes tratados representam uma fonte potencial de água e nutrientes, que podem ser aplicados na irrigação (BASTOS et al., 1999), com destaque às plantas ornamentais. O domínio sobre o manejo dessas culturas, em especial, flores de corte, mostra a importância do desenvolvimento de novas oportunidades no mercado de diversas culturas, como se constata em diversos autores (ANDRADE NETO et al., 2005; BERNSTEIN et al., 2006; CERQUEIRA, 2006; FRIEDMAN et al., 2007; MEDEIROS et al., 2007; PIVELLI et

al., 2003; PAPADOPOULOS et al., 2004; SAFI et al., 2003; SAKELLARIOU-MAKRANTONAKI et al., 2003), dentre outros.

Existe diversas cultivares de gérbera lançadas no mercado ano após ano (INFOAGRO, 2007). Recentes tendências mostram que a gérbera está no topo das cinco flores de corte nos leilões holandeses (PAPADOPOULOS et al., 2004). Nenhuma outra flor apresenta tal diversidade de cores e formas, que são fatores fundamentais de atrativo ao público. Assim, são promissoras as chances de sucesso econômico, uma vez que são utilizadas tecnologias específicas para cada tipo de flor e adaptabilidade ao clima da espécie cultivada (GOMES et al., 2006). No Piauí, a atividade de floricultura ainda é incipiente, mas está desenvolvendo-se, a partir da união de ações de instituições do Estado (SEBRAE-PI, 2005).

Assim sendo, foi utilizada, neste ensaio experimental, a gérbera de cor alaranjada, variedade Rambo, devido à sua popularidade e importância econômica. O reúso de efluentes domésticos tratados possibilita gerar novas opções de cultivo para a agricultura familiar no entorno das grandes regiões, dando sustentabilidade à atividade, com reflexos positivos sobre geração de emprego e renda. Baseando-se no pressuposto acima, o objetivo do presente trabalho foi mensurar a viabilidade técnica da fertirrigação com efluentes domésticos tratados no cultivo de gérbera, em Teresina, PI, vista à limitação dos recursos hídricos e a poluição gerada pelo meio urbano e rural.

Especificamente, procurou-se avaliar os efeitos nutricionais do efluente sob as variáveis de produção, crescimento e qualidade da gérbera e, também, investigar as alterações nos atributos químicos presentes no solo quando fertirrigados com efluentes domésticos tratados com ou sem suplementação mineral.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Gérbera jamesonii*

A origem do nome científico da gérbera surgiu como homenagem ao médico alemão Trangott Gerber, que costumava cultivar diversas plantas na região da península dinamarquesa de Jutlandia. As variedades de cultivo comercial são procedentes de hibridações e cruzamentos realizados em 1900 (*Gerbera jamesonii* x *G. viridifolia*). Uma variedade silvestre da cultura foi descoberta em 1890 pelo capitão Jameson, em Transvaal, levando-a, posteriormente, para a Grã Bretanha. Seu nome popular passou a ser gérbera, margarida-da-África ou margarida-do-Transvaal, sendo conhecida no Brasil como flor de corte, em razão do uso de diversos arranjos florais, com cerca de 20 tonalidades de cores, que variam do amarelo ao alaranjado e do branco ao vermelho intenso. A gérbera é considerada uma “planta de dia curto”, com crescimento influenciado pela intensidade de iluminação associada à temperatura. A intensidade elevada de luz pode provocar sintomas de queimaduras e flores murchas (SEVERINO, 2007).

Em geral, o cultivo da gérbera é bem simples, mas exige bastante mão-de-obra. Seu cultivo absorve aproximadamente 80 % do trabalho somente na colheita e pós-colheita de flores, ou seja, 1 h de trabalho/m²/ano (SEVERINO, 2007).

Na classificação da variedade da gérbera, há diversos fatores a se analisar como a cor da inflorescência, se é simples, semi-dupla ou dupla. Leva-se em consideração também o coração negro ou verde do capítulo floral, ou seja, a cor da parte central. Atualmente existe uma enorme quantidade de cultivares distintas, sendo lançadas no mercado ano após ano (INFOAGRO, 2007). Recentes tendências mostram que a gérbera está no topo das cinco flores de corte nos leilões holandeses (PAPADOPOULOS et al., 2004).

A gérbera é umas das espécies de planta que compõem a família do girassol e das margaridas, isto é, das Asteraceae. Ela é planta ornamental (híbrida) que apresenta a maioria das características típicas quanto ao florescimento de plantas, inclusive, uma densa inflorescência (capítulo floral), que constitui flores individuais, cujos papéis são diversos e desenvolvidos, de acordo com várias “interpretações”, em geral, no termo floral (TEERI et al., 2006).

As flores marginais (raio) do capítulo da gérbera são zigomórficas com uma corola fundida e estendida. Estas flores são também femininas, com os estames que só começam a se desenvolver, numa lenta progressão, abortando antes que as flores se abram. Por outro lado, no centro (disco), as flores são hermafroditas, com estames e carpelos. A gérbera possui a

corola muito reduzida e imperceptível e sua principal função é a de produzir pólen no centro do capítulo. Existe, ainda, um terceiro tipo de flor que pode diferenciar-se do raio e das flores de disco, conhecida por “trans”, que são femininas como no raio das flores, porém sua corola, dependendo da cultivar é freqüentemente menor. O capítulo floral da gérbera apresenta as filas de flores masculinas abertas, representado pela presença de anteras, apesar de existirem variedades em que não é possível tal visualização, fazendo-se necessário então serem observados o coração interno do capítulo e a forma como estão dispostas as pétalas (TEERI et al., 2006).

A gérbera é uma planta herbácea, perene e o seu cultivo pode durar vários anos, porém no solo deve-se mantê-las de dois a três anos, de acordo com a cultivar selecionada e as técnicas de manejo utilizadas. As médias de rendimentos, ao longo do cultivo de gérberas, com variações entre cultivares são 18, 25 e 24 flores por planta ao ano, respectivamente, no 1º, 2º e 3º ano (INFOAGRO, 2007). O sistema radicular é pivotante, porém, com o desenvolvimento, transforma-se em fasciculada, compondo-se de raízes grossas, que se partem em diversas radículas.

As folhas da gérbera são alongadas e têm a forma de roseta e podem chegar a 40 cm, sendo ligeiramente onduladas nas bordas. O pecíolo de algumas plantas poderá evoluir a um botão floral que irá desenvolver vários pedúnculos com uma inflorescência terminal no capítulo floral. Esse pedúnculo poderá ser de diversos diâmetros e seu comprimento varia conforme a cultivar e as condições ambientais local (INFOAGRO, 2007).

Algumas das variedades são utilizadas na decoração de maciços e bordaduras nos jardins, além de plantas de vaso. Pode ser cultivada a pleno sol e multiplicar-se por sementes ou divisão de planta.

Diversos parâmetros de qualidade da flor são utilizados para classificar as gérberas. Em geral, os critérios mais adotados são do IBRAFLOR (2000), mas há, na literatura, outros aspectos a serem avaliados na flor (GUERRA ÁLVAREZ et al., 2004):

- **Comprimento da haste** – expresso em centímetros, medidos da base até a parte superior do capítulo.
- **Diâmetro do capítulo** – expressa em centímetros e correspondente ao diâmetro das circunferências que formam os extremos do capítulo da inflorescência.
- **Diâmetro da haste** – expressa em centímetros e refere-se à espessura e resistência da haste floral.
- **Aparência das flores** – define as categorias extras e classes menores, segundo o comprimento da haste, hastes eretas, capítulos maiores e a conservação dos mesmos.

2.2. Mercado de flores

A produção de flores, diante da biodiversidade que possui e à amplitude de climas e solos, constitui um enorme potencial para o “agribusiness” brasileiro, pois possibilitam diversos cultivos, bem como a especificidade do produto e o mercado cativo que apresenta (CLARO et al., 1999).

A floricultura é uma atividade que se insere no ramo da agricultura irrigada. Ela consiste no cultivo de flores de corte, flores em vaso, plantas ornamentais, plantas para jardinagem, dentre outros. São promissoras as chances de sucesso econômico nessa atividade, desde que utilizadas tecnologias específicas para cada tipo de flor e adaptabilidade da espécie cultivada ao clima (GOMES et al., 2006).

A produção brasileira de flores e plantas ornamentais ultrapassa 6.500 hectares de área plantada, sendo o principal produtor, o estado de São Paulo, que responde por 70 % do cultivo, dos quais 40 % estão concentrados no município de Holambra (PORTAL FATOR BRASIL, 2007).

No período de 1997 a 2002, a balança comercial brasileira dos produtos da floricultura apresentou oscilações com praticamente a mesma tendência de crescimento (Figura 1). A partir do ano de 2003, os valores tanto das exportações quanto do saldo comercial cresciam ao mesmo tempo em que o valor das importações mostrou tendência decrescente até 2005. Nos anos seguintes, a tendência é de crescimento no valor importado por dois anos consecutivos.

As exportações dos produtos da floricultura brasileira atingiram, em 2007, o valor de US\$ 35,3 milhões, o que representou um aumento de 9,1 % em relação ao ano anterior, segundo a Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento (SECEX/MDIC) (Figura 1). O saldo comercial apresentou superávit de US\$ 24,5 milhões, em 2007, representando crescimento de 3,9 % no ano (KIYUNA et al., 2008).

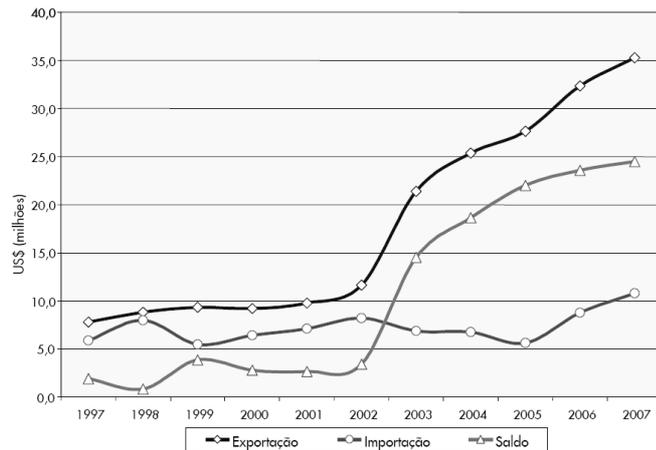


Figura 1. Balança comercial Brasileira dos produtos da floricultura, 1997 a 2007.
 Fonte: Kiyuna et al. (2008).

A Holanda e os Estados Unidos são os países mais importantes no comércio de exportação de flores. Estas, no primeiro semestre de 2007, foram destinadas a 24 países, sendo 75,5 % do valor exportado para a Holanda, com US\$ 9,7 milhões, equivalente a 56,0 % da fatia total e os Estados Unidos, com US\$ 3,4 milhões (19,5 % da fatia). Segundo Kiyuna et al. (2007), destacaram-se também outros países de destino, sendo, em termos de valor exportado, como Itália (7,6 %), Bélgica (4,1 %), Japão (3,0 %), Portugal (2,3 %) e Alemanha (1,8 %),

Lages et al. (2005) afirmam que as condições climáticas da região Nordeste favorecem a diversificação de épocas de florescimento, coloração, tamanho das inflorescências e qualidade das hastes de flores. Essas condições proporcionam maiores produtividades em relação a outras regiões produtoras, como a Colômbia e o Equador. No caso da rosa, a produção nacional atingiu 180 botões/m²/ano contra 80 e 90 flores/m²/ano, obtidos na Colômbia e no Equador.

O consumo de flores e plantas ornamentais no Brasil ainda não ultrapassa US\$ 7,00 por habitante/ano, sendo 10 vezes menor que a média europeia de consumo, estimada em US\$ 70 por habitante/ano. Somente na Noruega, o consumo chega a US\$ 143 por habitante/ano e, na Suíça, US\$ 170 por habitante/ano. Isto se deve ao fato do consumidor brasileiro ainda tem poucas informações sobre flores, folhagens e plantas ornamentais (PORTAL FATOR BRASIL, 2007).

No Brasil, estima-se que cerca de cinco mil produtores dedicam-se à floricultura, entre grandes, médios e pequenos. É importante destacar que, em geral, a produção de flores no Nordeste é conduzida por pequenos produtores, em áreas com média de cinco hectares (MARQUES, 2004).

Segundo o IBRAFLORE, apenas no campo são 25 mil empregos diretos, enquanto, na média nacional são gerados 3,8 empregos diretos por hectare de produção, sendo 81,3 % de funcionários contratados e 18,7 % dos empregos preenchidos por familiares dos produtores ano (PORTAL FATOR BRASIL, 2007). O número de empregos gerado nesta atividade é cerca de três a cinco vezes mais que no setor da fruticultura, além disso, é uma atividade que pode ser cultivada em pequenas áreas da produção familiar (MARQUES, 2004).

Busca-se na atividade da floricultura exercida pelo produtor, o desenvolvimento da melhor produção por meio de uma boa infra-estrutura produtiva e nível tecnológico. Na região Nordeste, por exemplo, a irrigação é a prática utilizada pela maioria dos produtores de flores e plantas ornamentais (95,74 %), destacando-se o método por gotejamento (28,57 %). É importante ressaltar que os sistemas de produção utilizados para as plantas de clima temperado requerem uso de tecnologias mais complexas, que podem incluir os viveiros ou estufas, sistemas climatizados entre outros. Dos produtores do Nordeste, 17,02 % utilizam baixa tecnologia; 55,32 %, média tecnologia; e 27,66 % utilizam alta tecnologia (BRAINER; OLIVEIRA, 2007).

A produção de flores em estufas representa 26 % no setor, enquanto as plantações em tela apenas 3 %. Do total da área cultivada, 50,4 % destinam-se às mudas; 28,8 % às flores de corte; 13,2 % às flores em vasos; 3,1 % às folhagens em vasos; 2,6 % às folhagens de corte e 1,9 % a outros produtos da floricultura (PORTAL FATOR BRASIL, 2007).

A gérbera é cultivada por 4,25 %, dos floricultores nordestinos (BRAINER; OLIVEIRA, 2007). No Piauí, a atividade de floricultura ainda é incipiente, mas está desenvolvendo-se a cada ano, a partir da união de ações de instituições do Estado. Estima-se que a produção econômica de flores e plantas ornamentais ocupa cerca de 40 ha, com a produção concentrada próxima às áreas urbanas mais populosas, a fim de atender às demandas locais, tanto para jardinagem e paisagismo, quanto para flores de corte. Em 2005, a produção piauiense ultrapassou 300 mil hastes (SEBRAE-PI, 2005).

Há poucas informações sobre a comercialização de flores, sobretudo, em determinadas regiões e praticamente não existem informações de demanda e oferta de produtos, dimensionamento das áreas produtoras e respectivas espécies, que são importantes para o crescimento equilibrado do setor (BRAINER; OLIVEIRA, 2007).

2.3. Águas residuárias

2.3.1. Aspectos gerais

O tema reúso encontra-se, a cada dia, em maior evidência, em razão da importância para o planejamento e da gestão integrada e o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos. Medeiros-Leitão (2007) afirma que há iniciativas da Secretaria de Recursos Hídricos, dentro da Política Nacional de Gestão de Recursos Hídricos, no sentido de se estabelecer as bases para a estruturação das atividades de reúso de água no Brasil. O reúso ou reutilização da água, ou ainda, o uso de águas residuárias tratadas, vem sendo praticado no mundo inteiro, ressaltando-se que não é um conceito novo, pois já existem relatos dessa reutilização desde a Grécia antiga.

As águas residuárias são águas usadas ou desperdiçadas por uma comunidade. Elas podem ser de origem doméstica, comercial e industrial. Uma pessoa produz em média 200 L de águas residuárias por dia. A água de “qualidade inferior” pode ser definida como aquela que pode conter características com potencial causador de problemas quando utilizadas para diversos fins. As águas residuárias municipais são de qualidade inferior, porque está associada a problemas na saúde humana.

Essas águas são ainda denominadas efluentes, enquanto o termo águas residuárias tratadas é usado somente quando o efluente pode ser lançado no meio ambiente de forma sustentável (WATER CORPORATION, 2000a). Do ponto de vista da irrigação, o uso dessa água exige uma gestão mais complexa da prática e um monitoramento mais restrito dos procedimentos do que a de uma água com melhor qualidade (PESCOD, 1992).

O reúso é o meio de se fazer a água residuária coletada de diversos locais ser tratada e depois utilizada para vários fins. A água utilizada nas casas, parques, jardins, agricultura ou indústrias não se destrói. Ela apenas muda seu caminho através do ciclo da água e alguns dos seus constituintes. Tal prática oferece vantagens políticas, sociais, ambientais e econômicas. Abaixo segue a classificação de algumas das formas de aplicação do reúso de água (WATER CORPORATION, 2000b):

- Águas cinzas – águas provenientes das residências, excluindo, somente águas descartadas dos sanitários;
- Reúso em parques;
- Reúso na agricultura e horticultura – gramados, plantação de árvores, mercado de jardinagem etc;
- Reúso industrial – resfriamento de águas;

- Recargas de aquíferos;
- Formação de uma barreira para prevenir a intrusão de águas salinas dentro do lençol freático.

Apesar de a composição atual das águas residuárias domésticas diferir de comunidade para comunidade, todas elas contêm os seguintes componentes: matéria orgânica, nutrientes (N, P e K), matéria inorgânica (minerais dissolvidos), substâncias químicas tóxicas e patógenos, embora em teores e quantidades variáveis (WATER CORPORATION, 2000b).

As águas residuárias possuem 99,97 % de água e 0,03 % de substâncias orgânicas e inorgânicas que estão dissolvidas ou suspensas em água. Esse alto volume ocorre, principalmente, pelas águas utilizadas em chuveiros, sanitários e máquinas de lavar. Potencialmente, as bactérias e vírus estão contidos nos 100 % das águas residuárias e as concentrações são mínimas e medidas em miligramas por litro de água (mg L^{-1}) ou partes por milhão (ppm) (WATER CORPORATION, 2000a).

Os principais nutrientes das águas residuárias são o nitrogênio e o fósforo, sendo o nitrogênio de origem humana, principalmente e o fósforo originado da entrada no sistema canalizado de esgoto pela contribuição humana (50 %) e com alguns tipos de detergentes. Esses nutrientes são os mesmos presentes nos fertilizantes químicos (WATER CORPORATION, 2000a).

Capra e Scicolone (2007) relatam que as águas residuárias domésticas são constituídas por substâncias orgânicas e inorgânicas, metais pesados e um diversificado potencial tóxico, porém o maior risco ocorre quando associados à saúde humana, devido aos macro e microorganismos patogênicos. A Tabela 1 apresenta os tipos de substâncias encontradas nos esgotos domésticos, sua origem e observações.

Tabela 1. Composição de esgotos domésticos, segundo o tipo e origem.

Tipo de substância	Origem	Observações
Sabões	Lavagem de louças e roupas	-
Detergentes (podem ser biodegradáveis ou não)	Lavagem de louças e roupas	-
Fosfato	Lavagem de louças e roupas	A maioria dos detergentes contém o nutriente na forma de polifosfato
Cloreto de sódio	Cozinha e urina humana	Cada ser humano elimina, em média, pela urina, 1,5 g por dia
Sulfatos	Urina humana	-
Carbonatos	Urina humana	-
Uréia, amoníaco e ácido úrico	Urina humana	Cada ser humano elimina de 14 a 42 g de uréia por dia
Gorduras	Cozinha e fezes humanas	-
Substâncias córneas, ligamentos da carne e fibras vegetais não digeridas	Fezes humanas	Constituem-se na porção de matéria orgânica em decomposição, encontrada nos esgotos
Tipo de amido (glicogênio, glicose) e de protéicos (aminoácidos, proteínas, albumina)	Fezes humanas	Idem
Urobilina, pigmentos hepáticos etc	Urina humana	Idem
Mucos, células de descamação epitelial	Fezes humanas	Idem
Vermes, bactérias, vírus, leveduras etc.	Fezes humanas	Idem

Fonte: Jordão e Pessoa (1995), citado por Monteiro (2004)

A Tabela 2 mostra os diversos tipos de reúso de água, praticados em países industrializados, excetuando-se o reúso potável direto, no qual a água residuária tratada é disponibilizada em um sistema público de abastecimento de água. Um grande exemplo de reutilização de água para fins potáveis pode ser verificado na cidade de Windhoek, capital da Namíbia (MEDEIROS-LEITÃO, 2007).

Tabela 2. Tipos de reúso de água.

Tipos de reúso	Aplicações
Irrigação paisagística	parques, cemitérios, campos de golfe, faixas de domínio de auto-estradas, campi universitários, cinturões verdes, gramados residenciais
Irrigação de campos para cultivos	plantio de forrageiras, plantas fibrosas e de grãos, plantas alimentícias, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas
Usos industriais	refrigeração, alimentação de caldeiras, lavagem de gases, água de processamento
Recarga de aquíferos	recarga de aquíferos potáveis, controle de intrusão marinha, controle de recalques de subsolos
Usos urbanos não-potáveis	irrigação paisagística, combate ao fogo, descarga de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos, lavagem de ruas e pontos de ônibus, etc.
Represamentos	represas ornamentais, fins recreacionais e desportivos (navegação, pesca, esportes aquáticos, etc.)
Finalidades Ambientais	aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, alagados, indústrias de pesca
Usos diversos	aqüicultura, fabricação de neve, construções, controle de poeira, dessedentação de animais

Fonte: Crook (1993), citado por Medeiros-Leitão (2007).

O reúso de águas residuárias para irrigação de culturas oferece diversos benefícios, como redução da pressão da sociedade sobre o meio ambiente e sobre os recursos hídricos. Além disso, devem-se considerar os aspectos negativos como a presença de patógenos e contaminantes químicos, bem como, salinidade e problemas de infiltração. Esses devem ser controlados nas estações de tratamentos de esgotos e, em seguida, por práticas do manejo pelo irrigante (TOZE, 2006).

O esgoto doméstico tratado dos municípios é considerado a mais sustentável forma de reúso para a irrigação, por apresentar seus benefícios potenciais, sendo o meio mais eficaz praticado nos países que possuem abundância de recursos hídricos. Porém há legislação ambiental presente e atuante, nos lugares em que a escassez de água é severa. Há regiões onde se pratica o reúso de água com vantagens significativas para a agricultura (irrigação de culturas), turismo, campos de golfe, dentre outros usos (CAPRA; SCICOLONE, 2007).

Estudos documentados mostram que os riscos à saúde são decorrentes do uso do esgoto bruto ou de uma água residuária não tratada corretamente. Os impactos positivos dizem respeito ao reúso das águas residuárias tratadas na agricultura que podem surgir para melhorar a segurança alimentar nutricional (CARR et al., 2004).

As propriedades hidrológicas do solo são afetadas sensivelmente pelos compostos das águas residuárias, podendo também reduzir a condutividade hidráulica do solo, atribuído em parte ao entupimento dos poros, causado pelo efeito dispersante do excesso de sódio, em razão do incremento da biomassa e sólidos suspensos (AIELLO et al., 2007).

A água residuária contém uma variedade de organismos excretados e patógenos que podem causar riscos aos seres humanos, dos quais, são associados aos tipos, número e dosagem de patógenos, hábitos humanos e nível de imunidade, geralmente avaliado pela taxa de exposição (ANGELAKIS et al., 1999). Os riscos da baixa qualidade de água podem provocar doenças, dependendo dos níveis de exposição das águas residuárias, bem como das condições sanitárias na área (BAHRI; BRISSAUD, 2007; BLUMENTHAL et al., 2000).

Os problemas associados ao reúso urbano não potável são, principalmente, os custos elevados de sistemas duplos de distribuição, dificuldades operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas. Os custos, entretanto, devem ser considerados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente, adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais, para abastecimento público (HESPANHOL, 2003).

2.3.2. Importância do reúso das águas residuárias

Asano et al. (2006) afirmam que, em escala global, os países do Norte da África e Oriente Médio, Paquistão, Índia e parte do Nordeste da China estarão em face a uma severa escassez hídrica em 2025 (Figura 2).

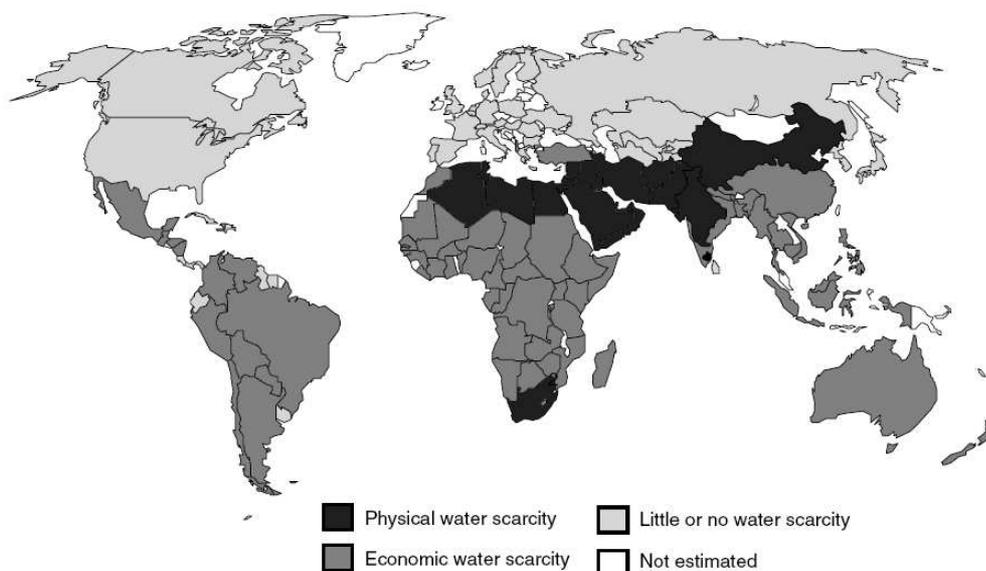


Figura 2. Projeção global de escassez hídrica em 2025. Fonte: Asano et al. (2006).

A gestão e o controle da água residuária é um recurso de muito valor, cujo objetivo é a proteção do meio ambiente, que reduz a poluição de recursos hídricos e os riscos à saúde e, além disso, a mobilização dos recursos disponíveis, visando a mitigar a escassez de água e melhorar a produção de alimento (BAZZA, 2002).

Durante os últimos anos, a escassez severa de água tem levado à busca intensiva de novas fontes extras de água para sua exploração. Atualmente, as águas residuárias tratadas estão sendo consideradas e utilizadas, em muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento, como uma alternativa renovável e segura que pode ser aplicada na produção agrícola (PAPADOPOULOS et al., 2004), especialmente, em países onde há escassez. Entretanto, apresentam riscos à saúde humana, sobretudo, em função da quantidade de patógenos e outros malefícios que ocorrem normalmente (MUTENGU et al., 2007).

O reaproveitamento dos efluentes tratados não serve somente para manter a qualidade ambiental e reduzir a demanda por água potável, mas também oferecer à comunidade uma oportunidade de diminuir a descarga de efluentes na superfície das águas. O uso na agricultura tem sido apresentado como uma ferramenta importante de gestão de sustentabilidade, em razão dos limitados recursos hídricos de melhor qualidade, ao mesmo tempo, resguardando-os e alocando-os, como reserva para necessidades mais exigentes (JANOSOVA et al., 2006).

O efluente tratado ou não-tratado, sendo lançado no ambiente, rios e mares pode causar severa degradação durante seu percurso. O reaproveitamento dessas descargas de efluentes pode ter um efeito significativo na redução ou remoção completa dos impactos e,

com isso, preservar o meio ambiente, minimizando também a extração de recursos hídricos na agricultura irrigada (TOZE, 2006). Os setores das áreas urbanas e rurais requerem novas fontes de suprimento e, além disso, produzem volumes de águas residuárias que têm ocasionado sérios problemas ambientais (CAPRA; SCICOLONE, 2007).

Existem, no mundo, diversas áreas agrícolas que estão inserindo a prática do reúso de águas (RUTKOWSKI et al., 2007), onde se estima que há pelo menos 20 milhões de hectares em 50 países, irrigando culturas com águas residuárias tratadas ou não, enquanto os alimentos produzidos com essa água são consumidos por 1/10 ou mais da população mundial (HUSSAIN et al., 2002).

Asano et al. (2006) apresentam alguns exemplos (Figura 3) acerca do reúso de água residuária, na irrigação de diversas formas, em algumas regiões da Grécia e em muitos lugares no mundo, inclusive no Brasil, de forma incipiente.

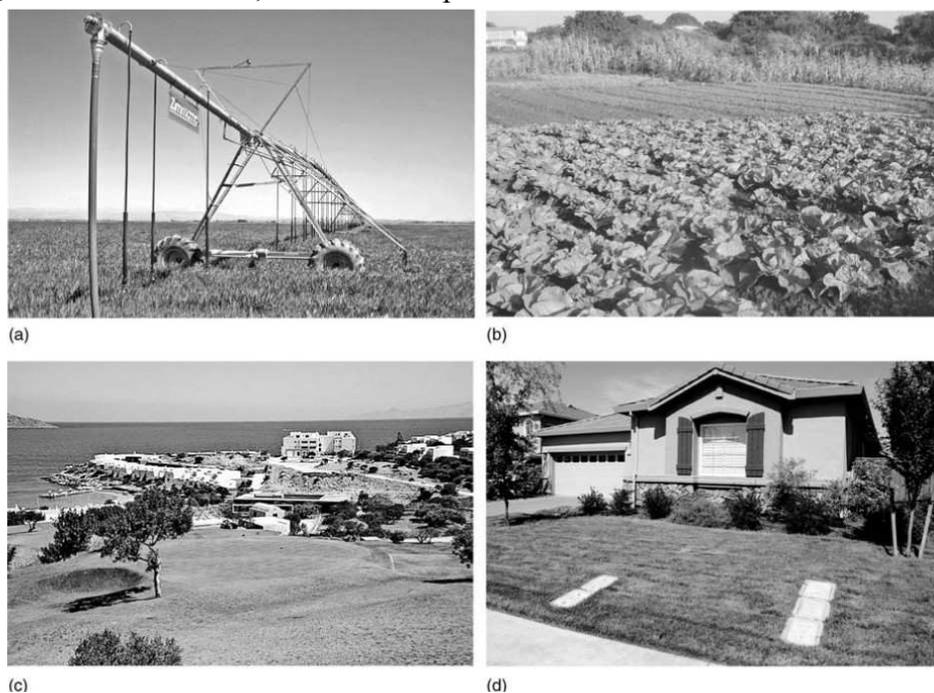


Figura 3. Reaproveitamento de água na irrigação: (a) pivô central, (b) culturas vegetais, (c) campos de golfe e (d) jardins domiciliares, em Creta, Grécia.

A principal vantagem do reúso é utilizar a água que já foi usada, em substituição a outra fonte de água que possui melhor qualidade, especialmente, na agricultura. Ressalta-se que essa atividade está sendo praticada de forma inadequada, ou seja, o uso descontrolado pode ocasionar problemas sérios à saúde aos consumidores, aos agricultores, a seus familiares, aos produtos vendidos e às comunidades das áreas que se irrigam com águas residuárias (CARR et al., 2004).

2.3.3. Qualidade da água do efluente doméstico na agricultura

A qualidade da água residuária para a irrigação, quando está relacionada aos aspectos físico-químicos e microbiológicos, requer certa atenção, sobretudo, na produção de culturas que serão consumidas cruas. A ação de organismos patogênicos é perigosa aos irrigantes, operadores e consumidores que estão ligados direta ou indiretamente com águas que estiverem contaminadas, as quais podem trazer-lhes malefícios incalculáveis à saúde.

Os principais parâmetros utilizados para irrigação dizem respeito aos danos que podem vir a causar na qualidade da água que for captada, tais como: salinidade, problemas de infiltração, toxicidade de íons específicos e outros. Os problemas em longo prazo podem variar conforme o tipo e intensidade e vão depender ainda do clima e do tipo de solo, além do conhecimento e habilidade que deve haver no manejo do sistema água-solo-planta por parte do irrigante (AYRES; WESTCOT, 1991).

Essas diretrizes têm caráter prático e são utilizadas com êxito para avaliação dos constituintes nas águas superficiais e subterrâneas, água de drenagem, efluentes de esgotos e outras águas residuais, não sendo, ainda, consideradas pré-requisitos rígidos. Assim, quando as condições reais diferem das condições básicas das diretrizes, pode-se optar por outras, aplicando as alterações cabíveis. Quando se deseja prever, numa água a ser utilizada na irrigação, algum problema, que possa vir a causar danos às culturas, deve-se, inicialmente, observar o potencial dessa água de criar, no solo, condições que possam restringir seu uso e, ainda, avaliar a necessidade do emprego de técnicas de manejo especiais para que o rendimento dessa cultura seja aceitável.

Porém, um problema principal com o reúso das águas residuárias para irrigação é a determinação do nível de tratamento dentro da segurança e dos fins a que se destina; mundialmente, a tendência é seguir as diretrizes restritas fixadas inicialmente pela Agência de Proteção Ambiental na Califórnia, que adotava: “o mais restrito significa o mais avançado”. A dificuldade é que essas diretrizes foram elaboradas em um período em que os recursos de água doce eram abundantes (HAMDY; TRISORIO-LIUZZI, 2004).

Em seguida, o Banco Mundial e a Organização Mundial de Saúde propuseram padrões mais suaves que receberam só uma aceitação limitada pelas autoridades responsáveis. É necessário reunir e elaborar resultados de pesquisas contínuas para obter esses dados que são exigidos, bem como, revisar e atualizar os padrões existentes (HAMDY; TRISORIO-LIUZZI, 2004).

Teoricamente, há tecnologias de tratamento dos esgotos que realizam a qualidade de água desejada do reúso, em diversas regiões do mundo, sobretudo, nos países em desenvolvimento, porém o maior problema é que não conseguem atingir os padrões de água de efluentes final recomendados pelas diretrizes e guias para serem utilizados (CAPRA; SCICOLONE, 2007).

Na avaliação da qualidade do efluente tratado, busca-se conhecer qual dos tratamentos traz melhores rendimentos à cultura em termos de fertilização, sem que a planta sofra algum tipo de perda por problemas como redução da infiltração, devido ao excesso de sódio contido na água de efluente, principalmente, o sódio. Uma das técnicas adotadas para se reduzir, na água, os valores da RAS (Relação de Adsorção de Sódio) e da salinidade é por meio de misturas, visando à melhoria da infiltração da água no solo para que a planta a absorva sem tantos gastos de energia. Neste método, há uma diluição da água residuária com a água do poço, para irrigação da flor de corte em vaso.

Dados da United States Environmental Protection Agency - USEPA (1981), apresentados por Emongor e Ramolemana (2004), mostram que os Estados Unidos não têm registros de metais pesados com reúso de efluentes há 38 anos. Estudo semelhante na Austrália informa que essa constatação não ocorre desde 1893, quando foram encontrados níveis mínimos de metais pesados que não ocasionaram efeitos adversos em culturas quando comparados com o uso de efluentes à água potável.

Os efeitos dos efluentes pela utilização de águas residuárias municipais tratadas, quando comparados com aplicação de água de poço, apresentaram diferenças significativas, no que diz respeito às características químicas do solo e o conteúdo de microorganismos no solo e nas culturas, como se depreende dos estudos de Pollice et al. (2004). Tais autores concluíram que pode haver o reaproveitamento de águas residuárias em diferentes tipos de aplicação e, dependendo da qualidade final, pode-se especificar o fim ao qual se destina. Para cada categoria de destinação do reuso, existem limites químicos e microbiológicos propostos para que os custos envolvidos sejam analisados.

Sob condições controladas, as águas residuárias podem ser utilizadas na irrigação, após passar por processos de tratamento, para reduzir os problemas com contaminantes patogênicos e tóxicos sobre produtos agrícolas, solo e lençol freático. Essas águas contêm muitas concentrações de sólidos dissolvidos (sódio, cloreto, boro e metais pesados) e sólidos suspensos, além de uma pequena fração de outros sais, que são removidos durante os tratamentos secundário e terciário, aos quais são submetidos (AIELLO et al., 2007).

O grau de tratamento dado ao efluente pode ou não minimizar a qualidade do mesmo (CAPRA; SCICOLONE, 2007). No caso do tratamento terciário, por exemplo, ele tem um melhor nível de qualidade. O seu uso pode reduzir os riscos de entupimento por bactérias e algas nos sistemas de irrigação, principalmente, o gotejamento. No entanto, em algumas regiões áridas e semi-áridas de países em desenvolvimento, nas pequenas comunidades onde os padrões de qualidade são extremamente rigorosos, poder-se-iam levar a custos elevados.

De acordo com Pescod (1992), nas zonas áridas e semi-áridas, as temperaturas são mais elevadas, a umidade relativa do ar é baixa e as taxas de evaporação são altas, o que resulta na conseqüente deposição de sais que tendem a acumular no perfil do solo. Por isso, deve-se ter mais atenção para a qualidade da água de irrigação. Algumas propriedades físicas e mecânicas do solo, como a dispersão das partículas, estabilidade dos agregados, estrutura e permeabilidade do solo são muito sensíveis aos tipos de íons trocáveis presentes na água de irrigação.

O uso do efluente deve ser planejado, levando-se, em consideração, diversos fatores relacionados às propriedades do solo. Os parâmetros de qualidade de água para agricultura incluem um número específico de propriedades da água que são importantes do ponto de vista de rendimento e qualidade da cultura, manutenção da produtividade no solo, além da proteção ao meio ambiente.

A matéria orgânica e outros sais, sobretudo Na, Cl e bicarbonatos, nutrientes e microelementos, estão em quantidades mais elevadas numa água de efluente tratado do que na água de qualidade melhor. A composição química da água da irrigação pode afetar a qualidade das flores de corte, a cor da flor, bem como, a vida útil e a resistência às doenças (BERNSTEIN et al., 2006).

A aplicação de efluente doméstico tratado no substrato seria uma alternativa para proporcionar o restabelecimento de seus nutrientes, com uma conseqüente reserva de fertilizantes, que resultaria numa relevante economia na produção de culturas (FEIGIN et al., 1991).

De maneira descontrolada, o reúso da água residuária urbana acarreta riscos à saúde dos irrigantes e consumidores, podendo ser potencialmente prejudicial às terras, aos aquíferos e aos corpos hídricos, principalmente, devido aos metais pesados, parasitas e patógenos com os riscos que poderiam ocasionar. Como conseqüência, uma avaliação *a priori* do nível de tratamento é necessária para um uso seguro, bem como da carga diária máxima total através de quantidade permissível do poluente em qualquer ambiente (HAMDY; TRISORIO-LIUZZI, 2004).

As lagoas de estabilização constituem um processo muito eficiente por remover todos os tipos de patógenos. O grupo de coliformes fecais são os indicadores de poluição bacterianos utilizados, no entanto, com frequência, assumiu-se que eles são indicadores de poluição biológica, no geral. Além disso, embora o grupo pudesse ser um indicador útil de poluição fecal, em países desenvolvidos ou em desenvolvimento, não seria o caso, devido à presença de uma larga variedade e um maior número de microorganismos. Isso não quer dizer que os coliformes fecais não sejam indicadores de poluição de água, mas devem ser tomadas precauções para selecionar um indicador adicional para propósitos específicos. Por exemplo, no reúso de água residuária na agricultura, utiliza-se, como indicador, a quantidade de ovos de helmintos (JIMENEZ, 2007).

A Tabela 3 apresenta a sobrevivência de patógenos em função do tempo de sobrevivência no ambiente (BLUM; FEACHEM, 1985).

Tabela 3. Período de sobrevivência de patógenos no efluente.

Organismos	Tempo médio de sobrevivência no ambiente (dias)	
	Temperatura ¹	
	Clima temperado (10 – 15°C)	Clima tropical (20 – 13°C)
Vírus	< 100	< 20
Bactéria:		
Salmonela	< 100	< 30
Cólera	< 30	< 5
Coliformes fecais ²	< 150	< 50
Protozoário:		
Cistos de ameba	< 30	< 15
Helmintos:		
Ovos de ascaris	2 – 3 anos	10 – 12 meses
Ovos de tênias	12 meses	6 meses

¹ Quando exposto diretamente ao sol, o período de sobrevivência é mais curto

² Os coliformes fecais são bactérias comensais de intestino humano e utilizadas como organismos patogênicos indicadores

Em se tratando de contaminação da cultura pelo efluente, dependendo da quantidade, da forma, da época de aplicação, dentre outros fatores, o nitrogênio também pode prejudicar ou favorecer a ocorrência de patógenos. De acordo com Zambolim (1998), citado por Malavolta (2006), a planta não pode ser prejudicada por patógenos (vírus, bactérias, fungos) por três motivos: a) resistência: capacidade de limitar a penetração, o desenvolvimento ou reprodução do agente causal; b) tolerância: “convivência” com os patógenos, mantendo o crescimento e a produção adequadamente e c) escape: falta de coincidência entre os estágios em que a cultura é mais suscetível e o patógeno é mais ativo.

Para o reúso agrícola é importante que os efluentes tratados tenham concentrações significativas de matéria orgânica e o máximo possível dos nutrientes e micronutrientes contidos no esgoto bruto. Pearson (1986), citado por Tsutiya (2001), apresenta os padrões para efluentes normalmente utilizados para irrigação em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e coliformes fecais (Tabela 4).

Tabela 4. Padrões de DBO₅ e coliformes fecais para efluentes normalmente utilizados para irrigação.

Método de reúso	DBO₅ (mg L⁻¹)**	Coliformes fecais (NMP 100 ml⁻¹)**
Irrigação de árvores, algodão e outras plantações não comestíveis	60	50.000
Irrigação de citricultura forragens e castanhas	45	10.000
Irrigação de cana-de-açúcar, campo de esportes, vegetais que não necessitam de cozimento*	35	1.000
Irrigação irrestrita, incluindo parques e gramados	25	100

*A irrigação deve ser interrompida duas semanas antes da colheita e nenhuma fruta deve ser pega do chão.

** As concentrações de DBO₅ e coliformes fecais não devem exceder em 80 % das amostras.

2.3.4. Experiências práticas do reúso de água na agricultura

A disponibilidade de água doce já reduzida encoraja o uso da água residuária urbana para irrigação. A Tunísia, por exemplo, está planejando irrigar 30.000 hectares com esse tipo de água, enquanto o Egito tem um programa para tratar quase três bilhões de metros cúbicos, antes do ano 2010 (HAMDY, 2001).

Diversos países, em vários continentes, vêm reaproveitando efluentes tratados na medida em que um grande número deles tem desenvolvido guias a respeito de critérios de qualidade do efluente e como eles podem ser reutilizados para irrigação (TOZE, 2006). Exemplo disso é o manual de reúso de água da USEPA (1981).

Atualmente, existe um consórcio de organizações e universidades de diversos países mediterrâneos como: Grécia, Espanha, Chipre, Palestina, Jordânia, Líbano, Marrocos e

Turquia que visam a discutir os problemas de reúso e soluções para a sustentabilidade das práticas (FATTA; ANAYOTOU, 2007).

Apesar de o reúso constituir ser uma nova fonte hídrica sustentável para a agricultura, existe alguns problemas na aplicação de efluentes tratados. Por exemplo, Herpin et al. (2007) observaram na cultura do café aumento do risco de sodicidade no solo; decréscimo da matéria orgânica do solo, acompanhada da redução da capacidade de troca catiônica; e insuficiência e desbalanço no suprimento nutricional do sistema solo-planta.

Papadopoulos e Stylianou (1991) estudaram, na região do Chipre, a influência da água residuária municipal tratada, comparando-a com água potável associada à aplicação de quatro níveis de N ou P, no cultivo do girassol (*Helianthus annuus* L.) irrigado por gotejamento. Os autores concluíram que não foi necessária nenhuma concentração de P ao efluente para que se obtivesse alto rendimento e boa qualidade da semente do girassol. Além disso, o rendimento máximo da semente foi significativamente maior nos tratamentos com a irrigação de efluente, complementada com até 30 mg L⁻¹ de N, sendo que com a água potável foram necessários 60 mg L⁻¹.

A aplicação das águas residuárias no solo é uma solução eficiente, em termos ambiental e financeiro, em relação a métodos de tratamento tradicional. A água de melhor qualidade pode ser destinada para outros fins que não seja na irrigação e as culturas em ambiente protegido podem ser uma excelente opção quando do reúso de água residuárias. O domínio sobre o manejo dessas culturas, em especial, flores, nos cenários estudados, mostra a importância do desenvolvimento de novas oportunidades de mercado para produtos (rosa e gérbera) de grande aceitação internacional (DARWISH et al., 1999).

Atualmente, é quase inexistente a informação disponível sobre o efeito da aplicação de águas de efluentes domésticos tratados para irrigação, com vistas ao crescimento, produção ou qualidade de gérberas ou outras flores de corte.

Papadopoulos et al. (2004) apresenta experiências do instituto de pesquisa agrícola em sustentabilidade e otimização do tratamento para utilização de águas residuárias na agricultura na cultura da gérbera var. testarosa, em *Limonium perezii* e com *Antirrhinum*, os quais mostraram resultados satisfatórios. Além disso, revelaram que a floricultura é bastante lucrativa e apresenta-se como uma nova e crescente atividade agrícola de alguns países, como, por exemplo, na região do Chipre, Turquia.

As culturas ornamentais em Israel compõem cerca de 30 % da produção agrícola exportada total. Estudos realizados por Bernstein et al. (2006) mostraram que as rosas

híbridas, após um ano irrigadas com efluente, não foram afetadas negativamente pela aparência, crescimento, quantidade, tamanho das hastes das flores e desempenho pós-colheita.

Safi et al. (2003) observaram que não houve efeitos negativos nas variáveis de produção e qualidade da rosa var. *canina* e *indica*, na região da Jordânia e, que as águas residuárias tratadas podem ser utilizadas na irrigação como nova fonte hídrica, embora, os autores recomendam mais pesquisas sobre o tema.

Sakellariou-Makrantonaki et al. (2003) verificaram que o reúso de águas residuárias vem sendo utilizado como uma possível medida adotada, sobretudo, na agricultura irrigada e na irrigação paisagística. A aplicação, em plantas coníferas ornamentais irrigadas com águas residuárias e água potável, não ocasionou alterações nas propriedades do solo, quanto ao pH, CE, Fe, Zn, Cu e Mn. Além disso, o reúso das águas de qualidade inferior apresentou uma economia de 38 % sobre a água potável.

Na parte norte-oriental do deserto de Negev, em Israel, foi possível o cultivo do girassol e da celósia para flores de corte, utilizando a irrigação do efluente municipal secundário. As diferenças químicas entre a água potável e o efluente tratado local tiveram apenas baixos efeitos no conteúdo mineral do tecido da planta, no crescimento e no desenvolvimento da cultura. Com isso, a região está desenvolvendo sistemas de diluição apropriados para efluentes com misturas de água potável, nos reservatórios, para melhorar sua qualidade (FRIEDMAN et al., 2007).

No Brasil, a aplicação da água residuária de origem urbana na cultura da gérbera variedade Rambo (Figura 4) foi mais satisfatória que o manejo convencional, em todos os componentes de produção analisados (número de botões florais emitidos e intervalo de emissão; número de flores colhidas e intervalo entre colheitas, bem como, diâmetro das flores, exceto para o comprimento das hastes. Foi constatado que esse tipo de água pode se constituir em um recurso importante no suprimento hídrico e de nutriente, potencializando uma produtividade compatível ou melhor que o uso de técnicas de produção convencionais (MEDEIROS et al., 2007).



Figura 4. Experimento com águas residuárias na produção de gébera, UFCG.
Fonte: Medeiros et al. (2007).

Em Lins – SP, foi constatado que o uso de efluente tratado em sistema hidropônico com as flores *Gypsophila paniculata* cv. “Golan” e o crisântemo de corte cv. “Reagan Mundo Yellow”, foi semelhante ao do uso de água potável em Lins-SP, onde tais flores foram avaliadas (PIVELLI et al., 2003). Neste mesmo sistema de cultivo, foi verificada a viabilidade do uso do efluente doméstico tratado com sucesso, na produção de flores, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) (Figura 5) e também na produção de forragem verde hidropônica, utilizando-se esgotos domésticos tratados em substituição às soluções nutritivas comercial. Ressalta-se, ainda, que o cultivo de flores destacou-se como o mais viável e adequado, mesmo sem correções nutricionais dos esgotos. Notou-se que a flor conhecida popularmente por *Benedita*, quando irrigada com efluente tratado e com solução nutritiva, sem qualquer correção do esgoto, apresentou resultados promissores (ANDRADE NETO et al., 2005).



Figura 5. Bancada com canaletas de flores e o detalhe da flor “Benedita”, UFRN.

A irrigação com efluente não influenciou os parâmetros de produção em experimento realizado em Simões Filho, BA, com *Heliconia psittacorum* (L.) cv. Golden torch e *Gladiolus X hortulanus* (Figura 6). Não houve nenhuma diferença nos teores de macro e micronutrientes

absorvidos pelas plantas de helicônia, porém, constatou-se deficiências de P, K e Ca, o que sugere a necessidade de uma adubação mineral suplementar. Neste estudo foi verificada elevação dos teores de sais, na camada superficial do solo após um ano do estudo, mostrando que o tempo é determinante na mudança das propriedades, exigindo cuidados quando se usa o efluente com um período maior que seis meses (CERQUEIRA, 2006),

Uma investigação realizada por Cerqueira (2006), demonstrou que a irrigação de helicônia com efluente (com e sem desinfecção) não apresentou mudanças nos atributos químicos do solo estudado, embora houvesse uma tendência na redução nos teores de MO, P, Ca, Mg e K, e aumento da acidez do solo. A absorção de nutrientes pela helicônia provocou algumas alterações nos atributos químicos do solo. Todavia, a autora, recomenda estudos mais prolongados sobre o efeito do uso de efluentes de esgoto doméstico nas propriedades do solo.



Figura 6. Visão das helicônias em campo sob irrigação de efluente doméstico tratado, UFBA, ago. 2005.

2.4. Irrigação e nutrição de flores

Uma das formas de se reduzir os riscos de contaminação na prática do reúso de água é aplicando a irrigação localizada por gotejamento, que previne a saúde e o meio ambiente. A principal desvantagem ocorre quando do excesso de matéria orgânica e sólidos suspensos, que estão contidos no efluente com menor grau de tratamento, o que pode resultar em entupimento nos gotejadores e dificultar a filtragem no sistema (CAPRA; SCICOLONE, 2007).

O efluente tratado como biofertilizante possui notadamente valorização econômica, pois dados indicam que, para uma população de 500 mil habitantes, cujo consumo de água é 200 L hab⁻¹ ao dia, produz-se, em efluentes, cerca de 85 mil m³ (85 % de esgoto canalizado) ou 30 milhões de m³ ano⁻¹. Quando se aplica uma lâmina de 500 mm ano⁻¹ de efluente via

irrigação, o total de efluentes produzidos seria suficiente para irrigar 6.000 ha de lavoura. Admitindo-se que o efluente tenha respectivamente 50, 10 e 30 mg L⁻¹ de N, P e K, a irrigação aplicada ao solo equivaleria à adubação com 550, 640 e 300 kg ha⁻¹ano⁻¹ de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente (PESCOD, 1992).

O fornecimento de nutrientes ocorre de forma contínua e gradual, o que não condiz com a demanda diferenciada por nutrientes nos diversos estágios de crescimento da maioria das culturas. Assim, com relação aos nutrientes, uma fertilização química complementar pode ser necessária. No que tange à forma como os nutrientes estão no efluente, enquanto a grande maioria dos fertilizantes nitrogenados é à base de amônia e nitratos, a composição nos esgotos sanitários pode ser bem variável, especialmente, em virtude do processo de tratamento empregado. Portanto, na irrigação com efluentes, não só o fornecimento de nutrientes ocorre de maneira gradual, mas também estão em sua inteira disponibilidade (SOUZA, 2004).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) apresenta os dois tipos de irrigação, visando a prevenir a transmissão de diversas doenças, na medida em que otimizam a conservação e a reciclagem dos recursos hídricos, a seguir:

- **Irrigação restrita:** não mais que um nematóide intestinal humano por litro.
- **Irrigação irrestrita:** não mais que mil bactérias de coliformes termotolerantes por cem mililitro.

O manejo adequado da cultura, através da irrigação, adubação, dentre outros, favorece um maior uniformidade produtiva e durabilidade do produto final. Uma adubação correta (período e forma de aplicação, fonte e quantidade de nutrientes) permite um desenvolvimento adequado e maior sanidade da cultura, pois culturas com melhor nutrição são menos suscetíveis ao ataque de pragas e doenças (SMORIGO, 1999).

É importante, numa determinada cultura, o conhecimento das relações entre seus nutrientes, visando ao planejamento das fertilizações, de forma a se obter uma maior produtividade, qualidade e até redução dos riscos de doenças fúngicas (CASARINI et al., 2006). Por exemplo, quando as folhas velhas encontram-se tenras, isso pode indicar que a relação entre nitrogênio e potássio está muito alta. Assim, a relação entre os nutrientes nas folhas torna-se um importante parâmetro para manter as plantas em condições sadias.

Na gérbera, a relação entre as quantidades de nutrientes é fundamental para haver qualidade e produtividade das flores. A relação NPK, para a gérbera na fase inicial, é de 2:0,5:1, e 1:0,5:2 na fase de produção, segundo a BioLab tecnologia Vegetal Ltda., (MEDEIROS et al., 2007).

A fertilização das culturas é mantida durante o ano, com especiais variações, dependendo do estágio fenológico. A absorção ocorre após sua formação, conforme os picos de produção, em que a presença de quantidades de P e Ca são responsáveis pela brotação das gemas que irão formar as hastes. Em seguida, o N, Ca, Fe e Mg responderão pelo crescimento vegetativo da cultura e acúmulo de reservas para brotações futuras. Nesta fase, aplicações em maiores quantidades de nitrogênio devem ser realizadas, enquanto na fase final, realiza-se o mesmo procedimento com o potássio, uma vez que este será responsável pelo crescimento e coloração das flores e folhas.

A análise química do tecido vegetal consiste na determinação dos teores de elementos, sobretudo, nas folhas, como forma de diagnosticar o estado nutricional da cultura, visando à avaliação complementar das condições de fertilidade do solo (NOGUEIRA; SOUZA, 2005). O diagnóstico tem ainda a importância de refletir os efeitos da interação solo-planta-clima e manejo, sendo uma espécie de ferramenta no estabelecimento de programas racionais de adubação, que permitam aplicar o suprimento adequado de nutrientes e, para isso, leva-se, em conta, a variação quantitativa de elementos nos tecidos vegetais.

Nem sempre é possível diferenciar os sintomas de deficiência dos sintomas de excesso de um elemento ou mesmo do desbalanço entre nutrientes. Por isso, faz-se necessária a análise foliar que pode contribuir para tirar certas dúvidas e corrigir os problemas de nutrição da planta (CASARINI, 2006).

De acordo com Souza (2004), dispor os efluentes tratados no solo é uma forma de repor elementos e sais minerais no solo (carbono e nitrogênio; fósforo, potássio, enxofre, e outros), acompanhando a dinâmica dos ecossistemas por meio dos ciclos biogeoquímicos.

A remoção de nutrientes ocorre, principalmente, quando do contato das águas residuárias com a matriz do solo e em função da sua capacidade limite de adsorção. Para crescer e desenvolver-se bem, as plantas necessitam dos elementos químicos considerados essenciais, além de outros que, mesmo não sendo tão importantes, possuem efeito positivo sobre o desenvolvimento, que são o carbono, o hidrogênio e o oxigênio retirados do ar, na forma de gás carbônico e água.

Os macro e micronutrientes baseiam-se na quantidade de nutrientes que uma planta consegue absorver. Os primeiros são o N, P, K, Ca, Mg e S extraídos pelas plantas inicialmente pelo solo, enquanto, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo, B e Cl são os chamados micronutrientes. O solo tem que possuir ótimas condições de suprimento de nutrientes às culturas em concentrações adequadas e no momento certo para atender às suas necessidades.

Entretanto, em geral, os solos não estão aptos a efetivar tais condições, por isso, entra o manejo do solo no sistema água-solo-planta pelo agricultor, por meio da aplicação de fertilizantes artificiais, orgânicos e adubação verde. As águas residuárias por possuírem macro e micronutrientes essenciais e matéria orgânica conseguem atrair o agricultor para a prática do reúso (SOUZA, 2004).

A gérbera também é uma planta muito sensível a altos níveis de sais, assim quanto mais baixo forem essas concentrações, melhor para a planta. A água para a cultura precisa ter um pH entre 5,5 - 6,0 e a necessidade máxima da cultura pode chegar a 3L/m²/dia ou 30 m³/ha/dia para o cultivo em solo (SEVERINO, 2007).

Quanto aos nutrientes oriundos de águas residuárias, Bastos (1999) afirma que, se for considerado que haja uma contribuição *per capita* de esgotos sanitários na faixa de 150-200 L hab⁻¹ dia⁻¹ e uma demanda genérica de água para irrigação de 1000-2000 mm ano⁻¹, o efluente produzido por uma pessoa seria suficiente para irrigar de 30-70 m². Se o efluente contiver uma concentração de 15-35 mg N L⁻¹, 5-10 mg P L⁻¹ e cerca de 20 mg K₂O L⁻¹, as taxas de aplicação de nutrientes podem atingir 150-700 kg N ha⁻¹, 50-200 kg P ha⁻¹ e 200-400 kg K₂O ha⁻¹. A planta sempre deverá consumir uma quantidade que supra suas necessidades de produtividade e qualidade de hastes florais.

O acréscimo de N estimula o crescimento, atrasa a senescência e ainda muda a morfologia das plantas. A medida do número e tamanho de folhas também é importante em uma avaliação de crescimento de uma cultura, haja vista a possibilidade de comparação dos dados medidos ao longo do ciclo. Isto porque, à medida que a planta emite um número elevado de folhas e de tamanhos maiores, mais nitrogênio ela necessitará na absorção para suprir as necessidades destas partes. Segundo Malavolta (2006), o excesso de N pode gerar crescimento vegetativo excessivo em detrimento da produção agrícola, sendo característico de culturas irrigadas com água contendo altos teores de N. Severino (2007) afirma que isso causa uma diminuição na produção de flores de gérbera e um aumento desproporcional da folhagem.

De acordo com Metcalf e Eddy (2003), o N que há nos efluentes domésticos está sob as seguintes formas e frações: nitrogênio amoniacal (12 – 50 mg L⁻¹), nitrogênio orgânico (8 – 35 mg L⁻¹), nitrito (desprezível) e nitrato (desprezível). Assim, existe a necessidade da uma remoção parcial de teor de N contido nos efluentes, antes de sua reutilização na irrigação de culturas agrícolas, através das remoções que podem alcançar até 80 % da amônia em lagoas de estabilização.

Quando se adiciona adubação nitrogenada, há o aumento significativo no conteúdo de clorofila das folhas, ocorre uma diminuição na reflectância, em todos os comprimentos de onda no visível, pelo aumento da quantidade de folhas e cloroplastos (FERNÁNDEZ et al., 1994). A irrigação com efluente sanitário tem apresentado resultados positivos na produção agrícola e economias significativas de fertilizantes, conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Produtividade de culturas irrigadas com efluentes sanitários (t ha⁻¹).

Água de irrigação	Trigo	Feijão	Arroz	Batata	Algodão
	8 anos (*)	5 anos (*)	7 anos (*)	4 anos (*)	3 anos (*)
Esgoto bruto	3,34	0,90	2,97	23,11	2,56
Efluente primário	3,45	0,87	2,94	20,78	2,30
Efluente de lagoa de estabilização	3,45	0,78	2,98	22,31	2,41
Água mais NPK	2,70	0,72	2,03	17,16	1,70

(*) Número de anos para cálculo da produtividade média

Fonte: Adaptação de Hespanhol (2003).

A Tabela 6 destaca as características dos nutrientes, segundo Severino (2007), sobre a cultura da gérbera, informando os problemas gerados pela falta ou deficiência de algum mineral na planta (SEVERINO, 2007).

Tabela 6. Funções nutricionais na cultura da gérbera.

Nutrientes	Características na planta
Magnésio	O magnésio é muito importante para a clorofila e sua falta ou deficiência pode ter efeitos diferentes, tais com um amarelamento das extremidades das folhas, enquanto os veios permanecem verdes. As folhas parecem mais grossas e quebradiças enquanto as folhas mais jovens mostram sinais de pontos necróticos.
Ferro	Uma deficiência de ferro faz com que as folhas mais jovens tornem-se amareladas, enquanto os veios permanecem verdes. Em casos graves, a região entre os veios fica com uma coloração branca/amarelada. A falta de absorção de ferro pela planta frequentemente coincide com altos níveis de pH ao redor das raízes.
Fósforo	Elemento importante para o desenvolvimento do sistema radicular. Os sintomas de deficiência são: as folhas mais velhas ficam roxo-avermelhadas, muitas vezes em forma de manchas. Também se notam sinais de um desenvolvimento radicular insatisfatório.
Nitrogênio	Seus efeitos se fazem sentir sobre o crescimento das folhas. Os sintomas de deficiência incluem um amarelamento generalizado, e uma diminuição no crescimento da folhagem. Por outro lado, nitrogênio em excesso causa uma diminuição na produção de flores e um aumento desproporcional da folhagem.
Potássio	Este elemento é importante para o comprimento da haste. A descoloração da folhagem, começando pela ponta, bem como a caída prematura das folhas indicam uma deficiência deste elemento. Tanto as folhas quanto as flores diminuem em tamanho e perdem o viço.
Cloro, Enxofre e Amônia	O cloro é o elemento mais importante para o crescimento generativo e a qualidade das flores. O enxofre dá resistência contra o mofo e a amônia funciona como regulador de pH.

Fonte: Adaptado de Severino (2007).

2.5. Fertirrigação com efluente doméstico

Comercialmente, a produção das flores de corte da *Gerbera jamesonii* tem um nível excelente, no cenário mundial. Com isso, a introdução de novos sistemas de irrigação e tecnologias de cultivo é necessária para atender às exigências hídricas da cultura, sobretudo, se o sistema for eficiente.

Os principais parâmetros a serem considerados para uma satisfatória aplicação de água no cultivo de espécies, em particular as plantas ornamentais são: sistema de cultivo e manejo. O manejo, por sua vez, torna-se limitante, pois pode gerar excesso ou déficit hídrico às culturas, crescimento no índice de pragas e doenças e até redução da qualidade do produto em ambiente protegido, bem como, consumo excessivo de água (HOFFMAN et al., 1992, citado por PEITER et al., 2007).

O controle da irrigação torna-se mais importante quando do cultivo de espécies em vasos em ambiente protegido, devido ao menor volume de água disponível às plantas. Se for aplicado um volume excessivo, tende a ocorrer lixiviação dos nutrientes do substrato e, ambiente muito úmido às raízes, com a conseqüente queda nas taxas de respiração e extração de água no solo. Quando a aplicação de água é de maneira deficitária, ocorre redução no crescimento das plantas, em virtude do decaimento das taxas relativas aos processos de evapotranspiração da cultura e extração de água (PEITER et al., 2007).

Um dos principais fatores na irrigação é a qualidade da água, pois quando se trata de água de má qualidade poderá ocorrer toxicidade nas plantas, e, se houver sujeiras, poderá entupir o sistema de irrigação, que é bastante sensível a partículas minerais e orgânicas.

Sakellariou-Makrantonaki et al. (2005) aplicaram a irrigação com esgoto municipal tratado e, em seguida, duas aplicações da irrigação com água de melhor qualidade, por causa da salinidade ligeiramente maior existente nas águas residuárias, e um segundo tratamento apenas com água potável e observaram que não houve diferenças significativas entre os dois tratamentos.

De acordo com Mota (2007), é comum a prática da fertirrigação entre os produtores de flores, visando à melhoria na produção e qualidade da planta com o fornecimento de doses adequadas de nutrientes aplicados via fertirrigação.

A principal característica a ser considerada no manejo da fertirrigação é o tipo de solo. Isso depende dos diversos fatores que se relacionam com a qualidade da água a ser aplicada, clima, variedade, condução da cultura, estágio de desenvolvimento da cultura, sistema produtivo, características dos fertilizantes, compatibilidade, níveis de nutrientes contidos no solo e nas folhas, lixiviação, interações entre os nutrientes, condutividade elétrica do solo, dentre outros.

Na prática da fertirrigação, o manejo da irrigação é importante para se calcular a quantidade de fertilizantes a ser aplicada. Além disso, com a utilização da evapotranspiração de referência (ET_o), tem-se também como calcular o volume de água que será aplicado (CASARINI, 2006).

Na cultura do crisântemo em vasos, por exemplo, o manejo da irrigação necessita de uma grande quantidade de água e fertilizantes, sendo que, para cada tamanho de vaso ou pote, são recomendadas quantidades diferentes de água, devido à evapotranspiração das plantas. O controle é essencial para o bom desenvolvimento das plantas é para evitar desperdícios (PEREIRA et al., 2005).

O manejo nas culturas também vai depender de diversos fatores tais como: aplicação de água, clima, condução da cultura, variedade, fase da cultura, sistema produtivo, características dos fertilizantes, compatibilidade, níveis de nutrientes no solo e nas folhas, interações entre os nutrientes, condutividade elétrica do solo e lixiviação.

Por meio da irrigação, consegue-se obter uma melhor produtividade das culturas com a aplicação de efluentes. Na região do sudeste do Mediterrâneo, por exemplo, a demanda por água na irrigação chega a requerer de 50 a 85 % do total de água utilizada (HAMDY, 2001). A irrigação pode chegar a dobrar uma produção agrícola e, com isso, é impossível em determinadas áreas, praticar a agricultura sem o uso das técnicas de irrigação.

A avaliação dos resultados relativa ao rendimento de milho irrigado por sulco e gotejamento associada à qualidade de água e método de irrigação indicou resultados positivos com a utilização de águas residuárias municipais tratadas por lagoas de estabilização ou por lodo ativado, na região nordeste da Grécia. Apesar da boa produtividade com essas águas, é necessário o monitoramento da água do efluente e do solo, em qualquer projeto futuro de reúso de água (PANORAS et al., 2001).

O uso da água residuárias na irrigação apresenta economia de quantidades significantes de outras fontes de águas de melhor qualidade para outros fins, ao mesmo tempo em que oferece nutrientes às culturas, com economia dos fertilizantes químicos. Isso tem repercussões positivas, principalmente na redução do custo de produtos rurais e na proteção de recursos hídricos devido, por exemplo, à poluição por nitrato (PARASKEVAS et al., 2005).

A irrigação restrita é relativa à culturas não recomendadas para consumo humano direto, como a irrigação de culturas agroindustriais (por exemplo, algodão, sisal, e girassol); culturas que passaram por processamentos, antes de consumidas pelo homem (por exemplo, trigo, cevada, aveia), inseridas na Categoria A; e fruteiras, culturas e pastos de forragem, na Categoria B (WHO, 1989).

A irrigação irrestrita engloba todas as culturas desenvolvidas para consumo humano direto, incluindo os consumidos crus (por exemplo, alface, saladas, pepino, dentre outras), bem como irrigação de campos de jogos esportivos e parques públicos, os quais ficam todos inseridos na Categoria C (WHO, 1989).

Antonopoulos (2001) afirma que com a aplicação de diferentes horários, a irrigação com esgotos domésticos tratados, complementado com uma quantidade de nitrogênio inorgânico, supriu a demanda de planta quanto à transpiração e nutrição.

2.6. Elementos meteorológicos

O clima é um dos aspectos que mais afetam a produção de flores. O seu cultivo pode ser realizado a céu aberto, sob coberturas ou em estufas. Quando a céu aberto, torna-se suscetível às intempéries climáticas, como elevada pluviosidade, forte insolação, dentre outros (SMORIGO, 1999). Diversos pesquisadores têm-se dedicado em estudar o microclima no interior de ambientes protegidos, bem como o desenvolvimento de várias culturas submetidas a esse sistema para o adequado manejo (BOUERI; LUNARDI, 2006).

Com o aparecimento de sistemas armazenadores de dados (dataloggers) e sensores precisos com um custo acessível, possibilidade de processamento de dados em tempo real, o emprego de estações agrometeorológicas automáticas para o controle da irrigação passou a ser bastante promissor. Assim, com os dados obtidos nas estações automáticas é possível estimar o consumo de água pela planta em diversos métodos (FERNANDES et al., 2006).

O principal elemento meteorológico é a radiação solar que afeta todos os outros elementos, tais como: a temperatura do ar e do solo, a pressão atmosférica, a direção e a velocidade do vento, a umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica. A radiação solar é importante porque atua decisivamente em todos os processos vitais das plantas, dentre eles: fotossíntese, transpiração, fotoperiodismo, crescimento dos tecidos, floração, entre outras (PANDORFI, 2006).

Deve ser dada atenção às exigências climáticas da gérbera para se obter uma melhor produtividade e alta qualidade, pois o ambiente exerce grande influência sobre estas plantas. A temperatura do ar exerce influência na emissão e no crescimento das folhas e na precocidade da floração. A temperatura do solo exerce efeito positivo sobre o diâmetro do capítulo e o comprimento da haste floral. A umidade relativa do ar deve estar entre 75 e 90 % para não representar problema (PANDORFI, 2006).

O tamanho da haste é um dos fatores mais importantes que ditam o valor das flores de corte. A otimização na produção da flor de corte requer muita habilidade para se conhecer a resposta da cultura em relação às diversas condições ambientais, especialmente, à da temperatura de ar (SHIN et al., 2001).

A temperatura e a luz são fatores primários de crescimento e desenvolvimento da cultura. A temperatura afeta a fotossíntese das folhas e o desenvolvimento de brotos (SHIN, 2001). Foram observados, em rosas, tamanhos menores, que resultaram ainda em poucas pétalas de pequeno porte, durante o seu florescimento, quando associada à alta temperatura com o número de dias de cultivo (MOE; KRISTOFFERSEN, 1969).

A luz influencia fortemente o crescimento das plantas. A irradiância que se encontra nas plantas tem impactos múltiplos no seu crescimento, desenvolvimento e fisiologia, porque o crescimento da planta e a bioprodutividade são dependentes da fotossíntese na folha (SEVELIUS et al., 2001).

SHIN et al. (2001) afirmam que o número de folhas da rosa por broto não foi afetado pela temperatura. No entanto, o tamanho da haste, o diâmetro e a área foliar diminuíram com o aumento da temperatura.

Assim, nas regiões onde há alta insolação é recomendado o uso de sombreamento de 50 % no interior dos ambientes protegidos, para que a produção da gébera, neste caso, não seja afetada pelas altas temperaturas (LEPORI et al., 1979, citado por PANDORFI, 2006).

2.7. Ambiente protegido

A floricultura é uma atividade que se desenvolve, em geral, em ambientes protegidos, o que favorece o aumento da produtividade e a qualidade do produto, proporcionando garantias ao agricultor de bons rendimentos (GOMES et al., 2006).

O cultivo protegido caracteriza-se como construção de uma estrutura que visa a proteção das plantas contra os agentes meteorológicos e que permita a passagem da luz, pois essa é fundamental para a realização da fotossíntese. É um sistema de produção agrícola especializado, o qual favorece certo controle das condições meteorológicas, tais como: temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar, vento e composição atmosférica, além de realizar cultivos em períodos que, geralmente, não seriam selecionados na produção em campo (PURQUERIO; TIVELLI, 2007).

A produção de plantas ornamentais em ambientes protegidos pode ser realizada em diversas épocas do ano, possibilitando aos agricultores um maior aproveitamento do solo, otimizando as práticas de manejo e, sobretudo, oferecendo, com isso, um melhor preço de mercado, por meio de um produto de boa qualidade (BOUERI; LUNARDI, 2006).

No Brasil, a floricultura é a atividade que mais investe em tecnologia de produção em ambiente protegido, em função da elevada exigência do mercado consumidor e ao alto valor econômico agregado aos produtos deste segmento (PANDORFI, 2006).

Devido ao crescimento do país na direção de um cultivo protegido mais profissional, a decisão de se adotar um ou outro sistema de produção deve ser orientada com base no nível de conhecimento possível, tanto na área técnica de produção como também na área de comercialização e “marketing”. A idéia de se cultivar em ambiente protegido deve ocorrer

após critérios avaliativos de mercado, necessidades climáticas e sanitárias da cultura (LEITE, 2006).

O cultivo em ambiente protegido é o sistema mais intensivo de produção usado na horticultura. Atualmente a área de plantio em condições protegidas na Europa é aproximadamente 8000 ha, dos quais, cerca de 1500 ha estão na França, principalmente, tomate, pepino, melão, rosa, gérbera e cravo.

Dentre os fatores levados em conta ao se projetar o ambiente protegido, tem-se a estrutura que deve atender a exigência do cultivo. A estufa ou um telado é definido como o local que possui o microclima que tem a mesma função do clima em si, porém se trata de um local restrito e normalmente modificado pela ação do homem.

Infelizmente, ainda hoje o manejo das culturas em ambiente protegido é um gargalo para o sucesso da atividade, devido à falta de conhecimento técnico que limita os benefícios gerados por essa atividade e o sucesso do empreendimento (PIRES; ARRUDA, 2003).

Para Mota (2007), é desejável que a produção de gérbera ocorra em ambiente protegido para se obter uma melhor produtividade e qualidade das flores, além da proteção contra possíveis precipitações, ventos e por reduzir o ataque de pragas e a incidência de doenças.

Segundo Purquerio e Tivelli (2007), atualmente, o material mais utilizado para a cobertura de “estufas agrícolas” é o polietileno de baixa densidade (PEBD), porque possui propriedades que permitem seu uso para essa finalidade como a transparência, além de ser flexível, o que facilita seu manuseio e menor custo em relação ao vidro.

Seu uso adequado possibilita produtividades superiores às observadas em campo aberto. Esse sistema também minimiza as necessidades hídricas (irrigação), através de uso mais eficiente da água pelas plantas. Outra vantagem é o melhor aproveitamento dos recursos de produção, como nutrientes, luz solar e CO₂, resultando em precocidade de produção (redução do ciclo da cultura) e redução do uso de insumos, como fertilizantes e defensivos.

Uma característica do sistema de produção que interfere na evapotranspiração, por exemplo, no cultivo de rosas à campo ou em ambiente protegido, está relacionado ao consumo hídrico que oscila entre os dois locais. No ambiente protegido, devido à cobertura plástica e a redução de ventos, a evapotranspiração reduz de 40 a 60 % mais do que em relação ao campo. Além desses fatores, há interferência também da temperatura e umidade relativa do ar que influenciam no consumo de água das plantas, regulando a abertura e fechamento dos estômatos e em seu conforto térmico, ressaltando ser uma espécie de clima temperado (CASARINI et al., 2006).

O ambiente protegido evita impacto das gotas de chuva que causam danos físicos nas folhas e a movimentação de partículas de solo que atrasam o desenvolvimento da planta e diminuem a qualidade final do produto e, conseqüentemente, a comercialização.

Para o manejo do ambiente protegido é necessário, antes de tudo, o conhecimento das espécies a serem cultivadas, sobretudo, as exigências ambientais e nutricionais, isto é, suas necessidades fisiológicas, além do ambiente em que serão plantadas, não só em termos de região, mas de localização, buscando informações acerca das temperaturas (máxima e mínima), época de maior chuva, predominância de ventos, culturas adjacentes e permanência de uma mesma cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de instalação e caracterização da área experimental

O trabalho foi desenvolvido em ambiente protegido com malha preta 50 %, na Embrapa Meio-Norte, na cidade de Teresina, PI, cujas coordenadas geográficas são 05°05'21''S; 42°48'07''W e altitude de 74 m. Segundo a classificação de Köppen, a região de Teresina possui clima do tipo tropical quente e úmido, com chuvas de verão e outono (Aw) e inverno seco (LIMA et al., 2002).

A média anual para temperatura média do ar é de 27,9 °C, temperatura máxima do ar de 33,8 °C e temperatura mínima do ar de 22,1 °C, com precipitação anual de 1.300 mm, velocidade média do vento de 1,6 m s⁻¹, insolação média de 7,7 horas diárias e umidade relativa média do ar de 69,2 % (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2000), não apresentando definições típicas de estações do ano.

3.2. Tratamentos e delineamento experimental

A pesquisa foi desenvolvida no período de 01/07/2007 a 31/10/2007, durante quatro meses, com o cultivo da flor-de-corte gérbera (*Gerbera jamesonii*) em material de solo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo 25 parcelas experimentais sorteadas ao acaso (Figuras 7 e 8). Cada parcela experimental foi constituída por quatro vasos plásticos com capacidade de 5 L. Os tratamentos constaram da aplicação de diferentes volumes de água residuária (AR) combinados com a aplicação de fertilizantes químicos (AQ), via fertirrigação, na forma de uréia e cloreto de potássio (KCl):

T₁ – 100 % da adubação requerida na forma de adubo químico (AQ);

T₂ – 75 % do volume de água residuária (AR) + 25 % de AQ;

T₃ – 50 % do volume de água residuária (AR) + 50 % de AQ;

T₄ – 25 % do volume de água residuária (AR) + 75 % de AQ;

T₅ – 100 % de água residuária (AR).

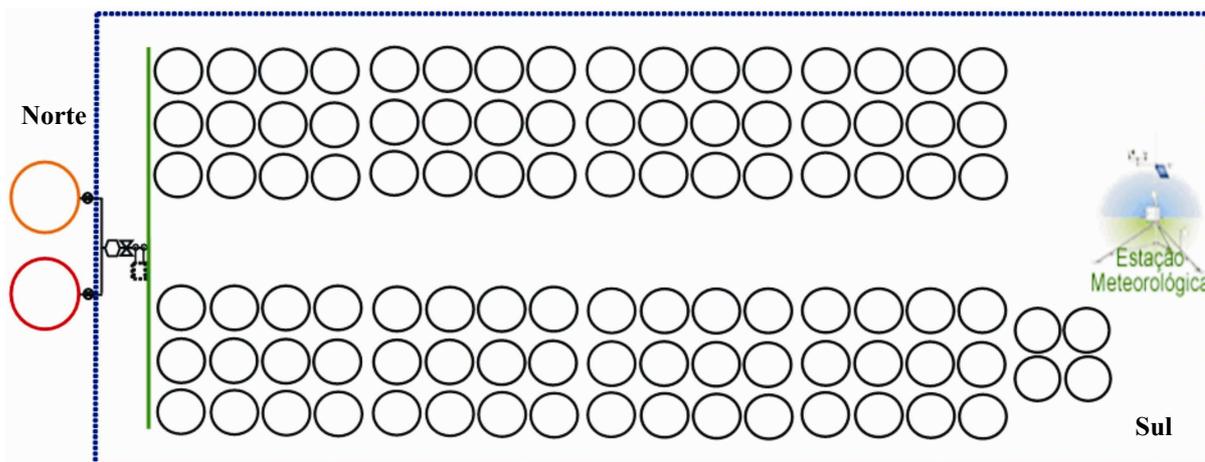


Figura 7. Croqui com a distribuição dos vasos.

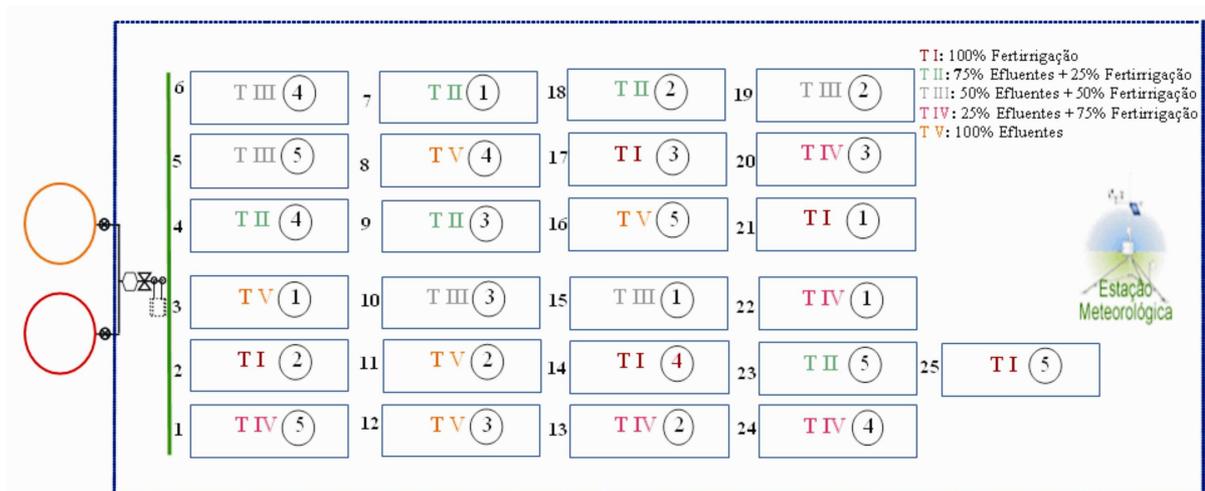


Figura 8. Croqui da casualização dos tratamentos, distribuição das parcelas e repetições.

As parcelas experimentais foram alocadas em bancadas de madeira suspensas a 0,70 m de altura, com 0,80 m de largura, por 6 m de comprimento, localizadas no interior de um ambiente protegido, com 12 m de largura e 19,5 m de comprimento, totalizando 234 m² de área. O material utilizado para cobertura do ambiente foi o nylon tipo malha preta, com 50 % de luminosidade (Figura 9).



Figura 9. Detalhes da malha de sombreamento no ambiente protegido.

3.3. Condução do experimento

As mudas de gérbera foram obtidas, a partir da multiplicação de plantas adultas (Figura 10 A), cedidas pela Universidade Federal de Campina Grande, sendo as mesmas originadas da Empresa BioLab Tecnologia Vegetal Ltda. Durante a instalação do ensaio, foi realizado o desbaste das plantas, deixando apenas duas folhas adultas e uma folha nova (bandeira), para o início da aplicação dos tratamentos (cinco dias após o transplântio). A variedade de gérbera utilizada foi a Rambo, de cor laranja (Figura 10 B).



Figura 10. Mudas recém-chegadas da UFCG (A) e flor da gérbera variedade Rambo (B).

3.3.1. Preparo do solo

Os vasos foram preenchidos por um material inerte de solo sobre uma camada de 2 cm de brita protegida com manta geotêxtil (BIDIM OP-30). O solo foi classificado como Latossolo amarelo Álico e Distrófico (MELO FILHO, 1980) e foi retirado da camada 0 - 20 cm de uma área da Embrapa Meio-Norte, da qual se retiraram amostras para as análises de fertilidade, para que se tornassem conhecidas as concentrações dos elementos contidos no solo (Tabela 7), segundo a metodologia de CLAESSEN (1997). De acordo com os resultados da análise não foi necessária aplicação de matéria orgânica ao solo ou de correção da acidez. Além da realização da análise de fertilidade do solo antes do experimento, realizou-se a análise granulométrica solo (Tabela 8).

Tabela 7. Análise de fertilidade do solo antes da instalação do experimento.

MO	V	M	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	S	CTC
g kg ⁻¹	%			mg dm ⁻³					cmol _c dm ⁻³			
16,68	54,56	1,27	5,24	21,00	0,32	1,71	1,03	0,05	0,04	2,59	3,11	5,70

Tabela 8. Classificação textural e análise granulométrica do material do solo.

Profundidade	Granulometria				Classificação Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
0 – 20 cm	29,70	56,80	5,90	7,60	Areia Franca



Figura 11. Detalhes do sistema de drenagem da água: conector (A), vasos com conectores (B) e manta geotêxtil no fundo (C).

3.3.2. Plantio e tratos culturais

O transplântio das mudas ocorreu em 15/06/2007. O início do experimento (aplicação de fertilizantes e águas residuárias tratadas) ocorreu no dia 20/06/2007, ou seja, cinco (dias após transplântio) DAT das mudas. Durante o experimento, não foi observada queda natural de folhas, ao término, porém, em função do final do ciclo e início da senescência, retiraram-se eventuais folhas murchas (velhas).

Com relação à presença de doenças, detectou-se em setembro a presença do inseto *Tripes*, que foi uma das causas da redução da qualidade aparente das flores (Figura 12) de algumas plantas, sobretudo, ocorridas nos tratamentos 1 e 4. Para contornar o problema, foi realizada a aplicação de um inseticida específico nas plantas.



Figura 12. Aspectos da flor infectada pelo inseto *Tripes*.

3.3.3. Sistema de irrigação e fertirrigação

Foi adotado um sistema de irrigação por gotejamento, composto por tubos de PVC de 32 mm de diâmetro, aos quais foram conectadas quatro linhas laterais de 16 mm (duas para aplicação dos efluentes tratados e duas para a aplicação dos fertilizantes químicos). Nessas linhas laterais foram inseridos gotejadores e adaptadores de quatro ou duas saídas para permitir variar a aplicação dos tratamentos (Figuras 13, 14, 15, 16 e 17). Os adaptadores foram interligados aos microtubos (Figura 18 A) e estes às estacas estabilizadoras e gotejadoras com labirinto (Figura 18 B), as quais foram fixadas nos vasos, com vazões de 2 e 4 L h⁻¹.

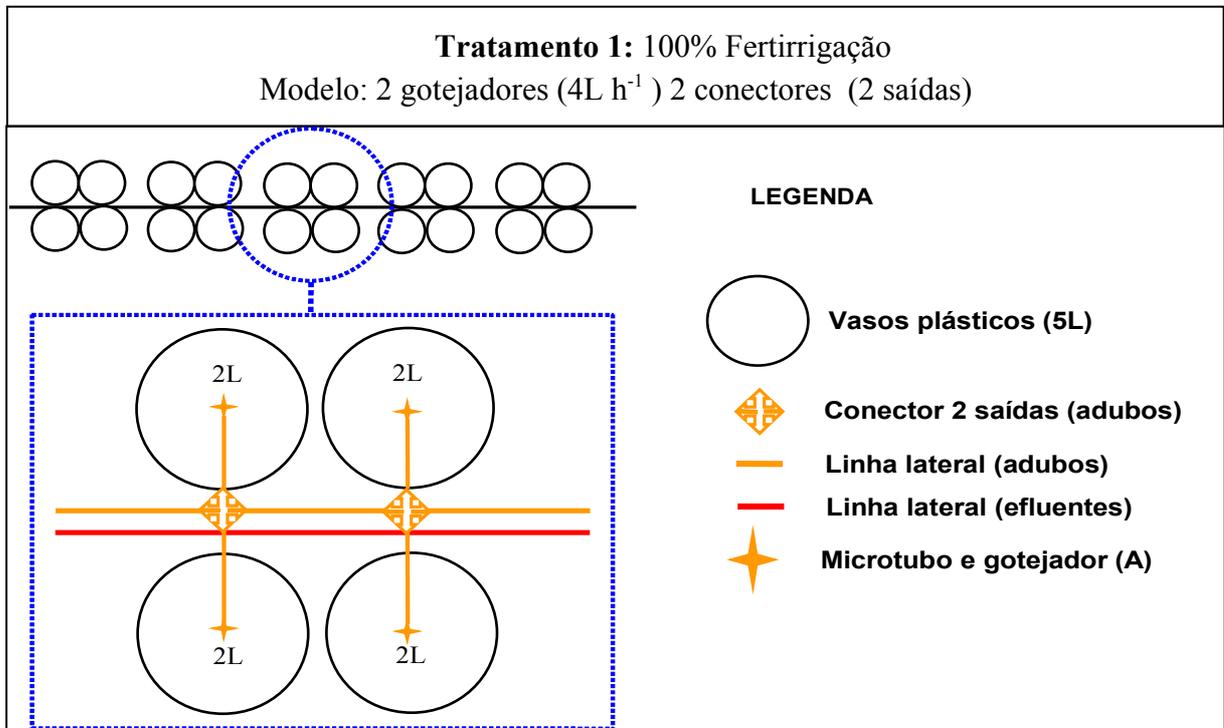


Figura 13. Croqui referente ao T₁.

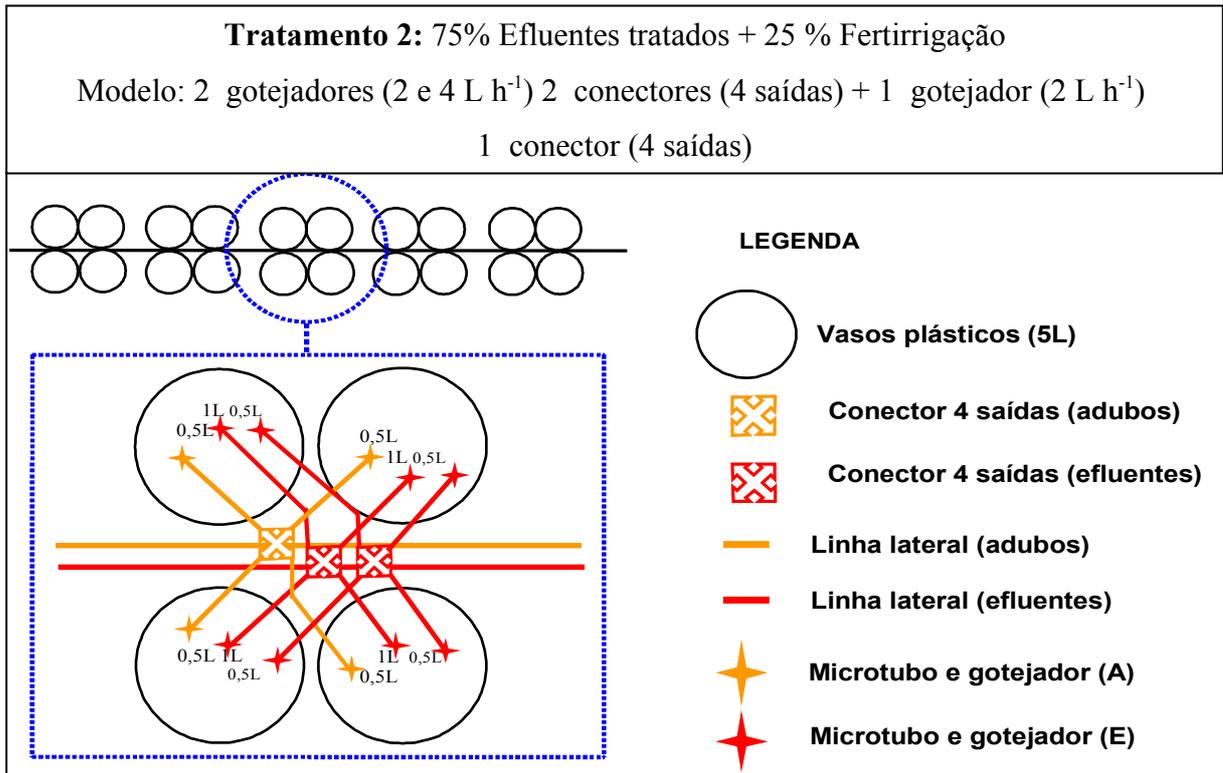


Figura 14. Croqui referente ao T₂.

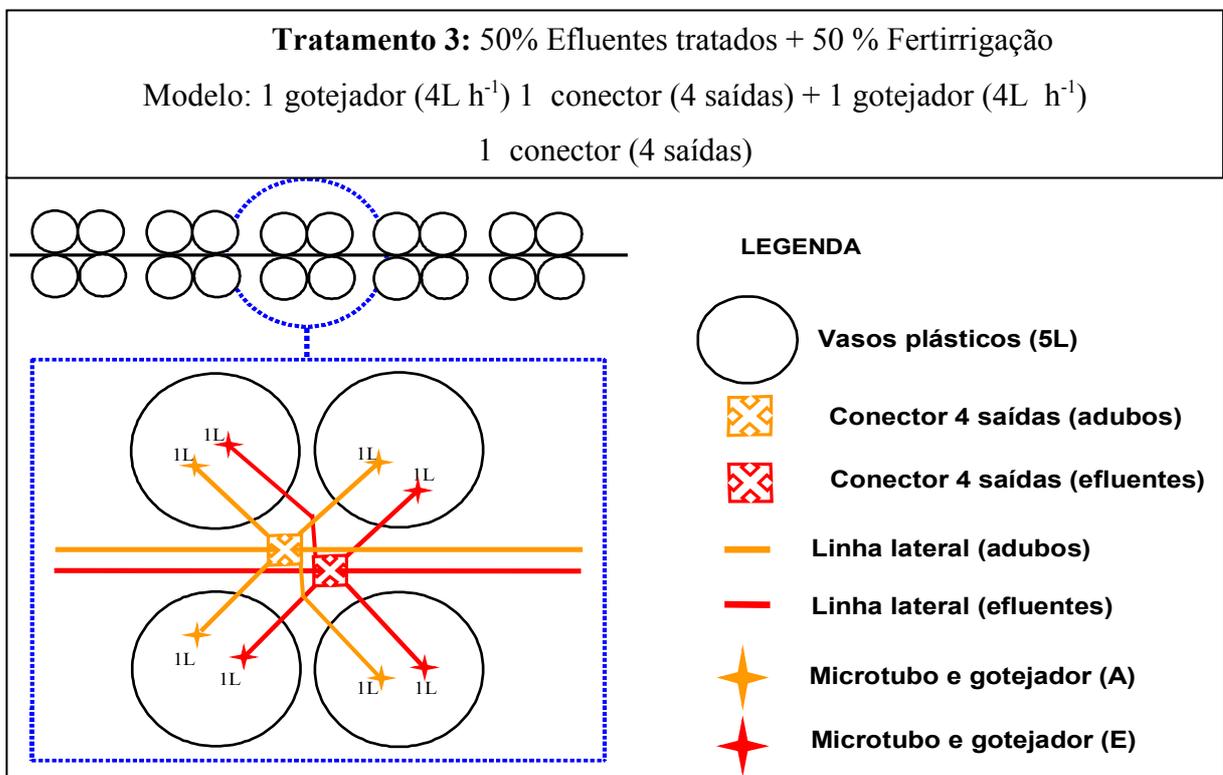


Figura 15. Croqui referente ao T₃.

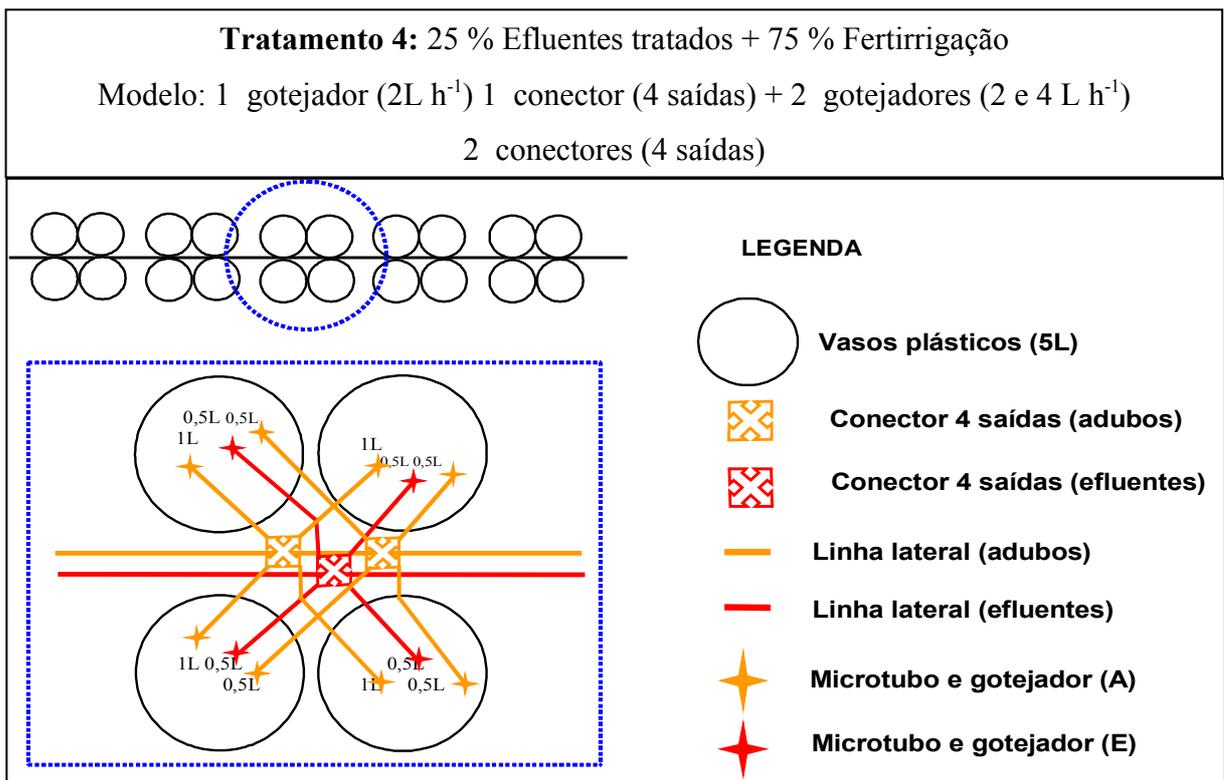


Figura 16. Croqui referente ao T₄.

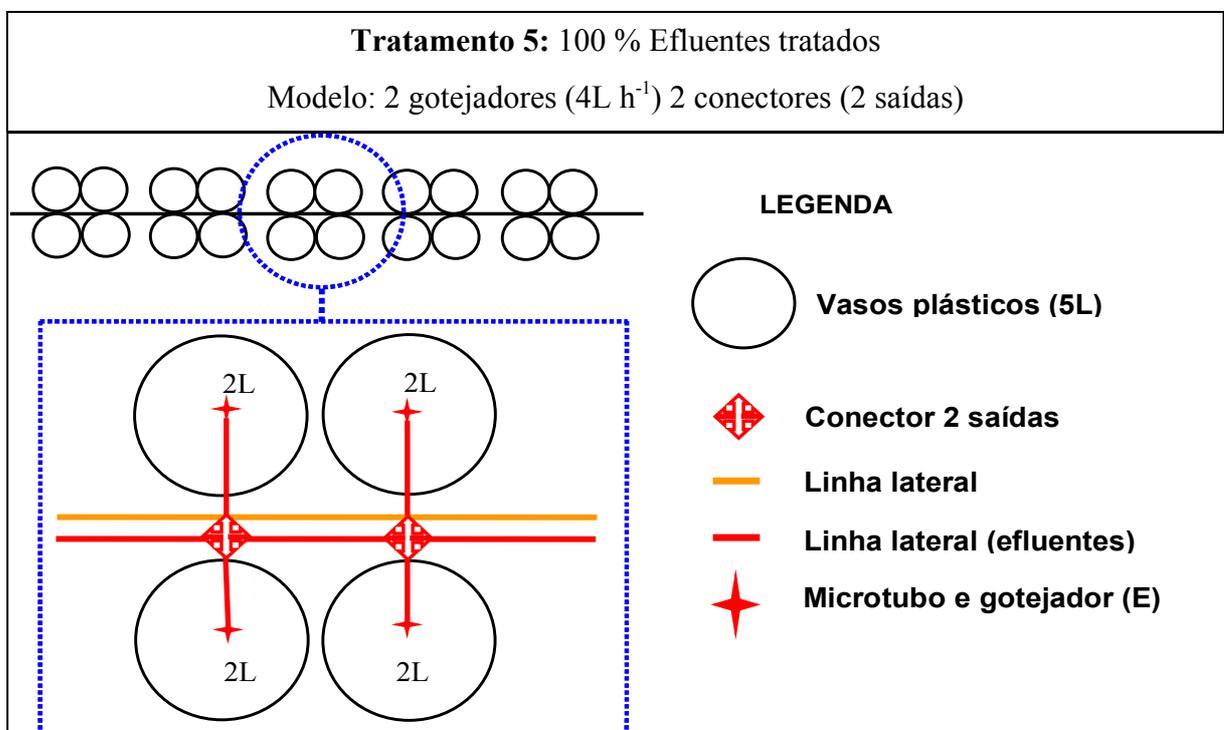


Figura 17. Croqui referente ao T₅.



Figura 18. Detalhe da distribuição de microtubos (A) e hastes gotejadoras nos vasos (B).

Foram utilizados dois reservatórios de 500 L colocados na parte externa do ambiente protegido, sendo um para acondicionar água de poço e outro para efluentes domésticos (Figura 19). Esses reservatórios permaneceram fechados durante o ensaio sobre uma plataforma de concreto, para permitir que a água fosse bombeada por bomba centrífuga TMB e, evitar, assim, a entrada de insetos e pequenos animais para o seu interior, bem como, preservar a qualidade do efluente e da água de poço. Na parte interna, foi instalado um filtro de areia e um filtro de disco, para evitar possíveis riscos de entupimento no sistema de irrigação, principalmente, nos gotejadores e hastes estabilizadoras, por quaisquer sedimentos contidos no efluente.



Figura 19. Detalhes do sistema de irrigação utilizado durante o experimento.

As estacas gotejadoras para vasos são normalmente apropriadas para irrigação em ambientes protegidos e viveiros, tratando-se de um sistema de fácil condução e montagem (Figura 20). A estaca funciona de maneira independente, acoplada ao tubo de polietileno que

assegura a uniformidade de distribuição de água. Tal conexão, entre o gotejador e a estaca, foi feita com o uso de um conector de duas ou quatro saídas, cujas vazões nos vasos variaram entre 0,5, 1,0 e 2 L h⁻¹, além disso, o tubo utilizado foi do tipo spaguetti (Figura 21). O risco de entupimento se reduziu em razão da favorável área de passagem dentro do labirinto da estaca.



Figura 20. Detalhe da distribuição das hastes gotejadoras e estabilizadoras, durante a instalação do ensaio experimental.



Figura 21. Detalhe dos microtubos e gotejadores com 2 e 4 saídas, sendo o de cores marrom (A) e preto (B), vazões respectivas de 2 e 4 L h⁻¹.

3.3.4. Teste de uniformidade do sistema de irrigação

Após a montagem do sistema de irrigação, foram realizados testes na bomba injetora de fertilizantes, para se conhecer a taxa de injeção e a pressão de operação do sistema que foi estipulada em 2,4 atm (Figura 22). Realizaram-se também testes para verificar a uniformidade de distribuição (UD) de água no sistema, bem como a vazão média dos gotejadores. Para tanto, foram distribuídos 21 coletores ao acaso, dos quais sete para o grupo de vasos com um, dois e três hastes gotejadoras (Figura 23). O ensaio foi realizado, coletando-se água durante

três minutos em três repetições e os cálculos da vazão e da uniformidade de distribuição foram efetuados com a seguinte equação (1):

$$UD = \frac{q_{25\%}}{q_{média}} 100 \quad (1)$$

em que,

UD – uniformidade de distribuição (%);

$q_{25\%}$ - vazão média de $\frac{1}{4}$ dos menores valores ($L h^{-1}$); e

$q_{média}$ – vazão média ($L h^{-1}$).

O sistema apresentou coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de 95,2 %. Esta uniformidade de distribuição de água evita que determinadas plantas irrigadas pelo sistema recebam mais água e adubo do que outras, resultando em um desenvolvimento uniforme dentro da cultura. A avaliação do desempenho de um sistema de irrigação é uma etapa fundamental antes que qualquer estratégia de manejo de irrigação seja implementada. A uniformidade da irrigação tem como objetivo básico melhorar a produtividade e/ou a rentabilidade da área.



Figura 22. Testes na bomba injetora de fertilizantes (A) e com o manômetro (B).



Figura 23. Distribuição dos coletores durante o teste de uniformidade do sistema de irrigação.

3.4. Manejo da irrigação e fertirrigação

Do transplântio até o mês de agosto, a irrigação foi realizada duas vezes ao dia, sendo a primeira para a fertirrigação, às 8h30 min., enquanto, a aplicação de efluentes tratados ocorreu às 16h30 min. Este horário foi selecionado por se tratar do momento em que havia menor sensação de desconforto térmico dentro do ambiente protegido. A partir de agosto até o término do ensaio, realizou-se a aplicação dos dois tipos de água, tanto pela manhã quanto pela tarde, em razão da maior demanda hídrica pela cultura.

No momento da aplicação dos fertilizantes, ligavam-se os registros relativos à fertirrigação e ao reservatório de água de abastecimento, sendo este localizado no lado externo do ambiente protegido. Aplicava-se inicialmente um tempo, em torno de um minuto de irrigação, para pressurizar o sistema de irrigação e, em seguida, injetava-se a solução via bomba injetora de fertilizantes. Ao término, aplicava-se novamente o tempo de irrigação inicial para fazer a lavagem da solução contida nos tubos de polietileno. Quando se aplicava efluentes realizava o mesmo procedimento, sendo ligado neste caso, apenas os registros voltados para efluentes e, em seguida, o registro do reservatório do efluente.

A aplicação dos tratamentos ocorreu três vezes por semana e foi baseada na metodologia preconizada pela BioLab Tecnologia Vegetal Ltda., ou seja, a adição dos fertilizantes (N e K₂O), em cada vaso na fase inicial (até os 30 dias após o transplântio), deu-se por meio de uma solução, aplicada via bomba injetora de fertilizantes de 200 e 100 mg L⁻¹ (Figura 20) de N e K₂O, respectivamente, e na fase de produção, 100 e 200 mg L⁻¹ de N e K₂O, respectivamente. Para o manejo de irrigação e fertirrigação, adotou-se uma planilha de cálculos denominada Planfertil Gérbera 1.0¹ (Figura 24) que determina a quantidade diária de fertilizantes (N e K₂O) e o volume de água para dissolução (solução aplicada), no momento da fertirrigação (Figura 25). No caso em questão, ocorreu em dias intercalados, porém adicionando, no dia, o adubo do(s) dia(s) anterior (es), uma vez que a planilha foi feita para cálculos diários. Nos dias em que não se aplicavam fertilizantes e efluentes, irrigavam-se as plantas, apenas com água de abastecimento, nos turnos manhã e tarde.

¹ Planilha desenvolvida por Aderson Soares de Andrade Júnior para uso restrito e ainda não publicada.

Figura 24. Planilha para manejo da fertirrigação: Planfertil - Gérbera 1.0.

A lâmina de água aplicada foi a mesma em todos os vasos e foi calculada com base na evapotranspiração de referência (ET₀), a partir do método de Penman-Monteith (equação 2). Os dados meteorológicos foram obtidos na estação agrometeorológica automática, localizada no ambiente interno, próximo às bancadas dos vasos.

$$ETP = \frac{0,408\delta (R_n - G) + \gamma 900U_2(e_s - e_a)/T + 273}{\delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (2)$$

em que:

R_n - saldo de radiação diária, MJ m⁻² d⁻¹

G - fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹

γ - fator psicrométrico (0,063 kPa °C⁻¹)

U₂ - velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹

e_s - pressão de saturação de vapor, kPa

e_a - pressão parcial de vapor, kPa

δ - declividade da curva de saturação do vapor d'água, kPa °C⁻¹



Figura 25. Aplicação de fertilizantes via bomba injetora.

Foi necessária a inserção de dados de entrada na planilha Planfertil - Gérbera 1.0., tais como: sistema de irrigação por gotejamento (vazão do emissor, vazão do sistema e frequência); cultura/área (ciclo, emergência e área); adubação recomendada de N e K₂O (kg ha⁻¹, kg área⁻¹ e g área⁻¹); percentuais de nutrientes N (%), K₂O (%) contidos na fonte de uréia e cloreto de potássio; solubilidade dos fertilizantes S (g L⁻¹); fertirrigação (vazão e razão de injeção, frequência, eficiência, concentração do nutriente em ppm e tempo de aplicação), além das exigências nutricionais da cultura por fase do ciclo.

3.5. Coleta do efluente tratado na Estação de Tratamento de Esgotos - ETE

Os efluentes domésticos tratados foram originados e transportados da lagoa de estabilização da Estação de Tratamento de Esgotos - ETE LESTE, da Companhia de Água e Esgoto do Piauí S/A (AGESPISA). Para a aplicação dos tratamentos, foi coletado o efluente final (esgoto doméstico tratado), oriundo da lagoa de maturação (Figura 26). A coleta foi realizada uma vez por mês, de preferência ao término de cada mês, para o abastecimento do reservatório no período seguinte. A primeira coleta ocorreu no final de junho, enquanto, a última, em setembro.



Figura 26. Vista geral da lagoa de maturação na ETE-LESTE, Teresina, PI.

Antes da sucção do efluente para os reservatórios de PVC (Figura 29) na ETE, foi coletada uma amostra de efluente pela companhia de esgotos (Figura 27), para definir as concentrações na água e, assim, conhecer a qualidade que estava sendo aplicada durante as irrigações. O efluente foi então succionado por uma bomba à gasolina diretamente para tambores de PVC com capacidade de 200 L e, em seguida, levado até o local do experimento (Figura 28), ressaltando-se que a equipe técnica buscava sempre utilizar, durante as atividades, equipamentos de proteção individual (EPI's) (Figura 29).



Figura 27. Seqüência da coleta: (A), (B) e (C), referentes à retirada da amostra para análises do efluente da lagoa de maturação na ETE.



Figura 28. Detalhe da chegada (A) e distribuição do efluente no local do experimento (B).



Figura 29. Detalhe do uso de EPI's no momento da sucção do efluente ao reservatório de PVC.

3.6. Características da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE-LESTE)

A Estação de Tratamento de Esgotos da zona leste de Teresina, Piauí (ETE-LESTE), da Companhia de Águas e Esgotos do Piauí S/A (AGESPISA S/A) localiza-se à margem direita do rio Poty, aproximadamente a 100 m de distância do leito do rio.

O tratamento dos esgotos da região leste da cidade é canalizado até as cinco lagoas de estabilização, sendo a primeira facultativa e as demais do tipo maturação. As lagoas de maturação são importantes pela eficiência que possuem, uma vez que reduzem a carga orgânica contida no afluente e, principalmente, coliformes fecais na massa líquida. Elas estão dispostas em série duas a duas, dimensionadas, assim, para metade da vazão média diária.

Além delas, há também o tratamento preliminar que visa a eliminar sólidos grosseiros por meio de gradeamento e desarenação.

Monteiro (2004) mencionou, em sua pesquisa, que o período de detenção das lagoas de maturação é de aproximadamente seis dias, em média, a fim de que a DBO_5 inferior atinja os 25 mg L^{-1} e que os padrões de coliformes fecais mantenham-se dentro das normas ambientais. Neste caso, as informações sobre a estação de tratamento ETE-LESTE são:

- Vazão média: $17.280 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$;
- Vazão de cálculo de cada conjunto: $8.640 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$;
- Tempo de detenção: 6 dias;
- Volume de cada lagoa: 51.840 m^3 ;
- Profundidade (h): 1,50 m;
- Área média: 34.560 m^2 ;
- Área da Lagoa 1: 3,69 ha;
- Área da Lagoa 2: 3,07 ha;
- Área da Lagoa 3: 3,69 ha;
- Área da Lagoa 4: 3,60 ha;
- Área Total: 14,05 ha;

Redução de coliformes fecais durante o tratamento

N_e = número de CF 100 ml^{-1} do efluente = $444 \text{ CF } 100 \text{ ml}^{-1}$

N_i = número de CF 100 ml^{-1} do afluente = $4 \times 10^7 \text{ CF } 100 \text{ ml}^{-1}$

Redução da DBO

S_o = DBO_5 afluente = 50 mg L^{-1}

S_e = DBO_5 efluente = $13,59 \text{ mg L}^{-1}$, na primeira lagoa e de $3,65 \text{ mg L}^{-1}$ na segunda lagoa. A eficiência do sistema com a remoção da DBO_5 é de 98,83 %.

3.7. Variáveis meteorológicas

Para analisar as mudanças nas variáveis meteorológicas durante o experimento instalou-se uma estação agrometeorológica automática no ambiente protegido (Figura 30). Foram monitorados o microclima e seus efeitos sobre a cultura ao longo do experimento. Os dados foram coletados, com o auxílio de um “notebook, em escala horária, diária e mensal. Da mesma forma, esses mesmos dados meteorológicos externos foram coletados por uma estação automática situada a uma distância de 300 m do ambiente protegido.



Figura 30. Estação agrometeorológica automática no ambiente interno.

As variáveis monitoradas foram: temperatura - T ($^{\circ}$ C), umidade relativa - UR (%), velocidade do vento - WS ($m s^{-1}$), direção do vento - WD (O), radiação solar - RS ($MJ m^2$), evapotranspiração - ET (mm) e precipitação - P (mm).

3.8. Características avaliadas

Para a contagem e tamanho de perfilhos, folhas jovens e adultas foram coletados dados de dois vasos de cada parcela, totalizando 50 vasos, enquanto para os dados referentes às medidas das flores, coletarem-se, em todos os vasos do experimento. As medições da cultura foram realizadas de forma semanal, entre a última semana de junho e a última semana de outubro. As variáveis analisadas foram: diâmetro do capítulo na colheita (cm); diâmetro da haste na colheita (cm); altura da haste na colheita (cm); tamanho do perfilho, folhas jovens e folhas adultas (cm); número total de folhas por vaso; número de flores colhidas por vaso.

Essas medições ocorreram manualmente, com a utilização de régua graduada para medidas de altura da haste da flor, bem como, com o auxílio de um paquímetro com 0,05 mm de precisão, utilizado para as medidas do diâmetro da haste (Figura 31 A) e diâmetro do capítulo da flor (Figura 31 B).



Figura 31. Medidas do diâmetro da haste (A) e do diâmetro do capítulo da flor (B).

As coletas de dados de crescimento e desenvolvimento da gérbera (folhas e flores) foram realizadas uma vez por semana. Além disso, coletaram-se também dados das flores que estavam no ponto de corte. A metodologia descritiva adotada para medidas de folhas foi: perfilho até 5 cm (Figura 32 A); folha jovem de 5,1 a 14,9 cm (Figura 32 B) e folha adulta acima de 15 cm (Figura 32 C).



Figura 32. Medidas do tamanho do perfilho (A), folha jovem (B) e folha adulta (C).

Ao término do experimento, avaliou-se a qualidade do produto final pela classificação das flores de gérberas quanto à altura da haste floral, segundo o padrão do Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR, 2000). Foram levados, ainda em consideração, outros parâmetros na avaliação, tais como: diâmetro do capítulo e diâmetro da haste floral, conforme características desejadas pelo mercado:

- **Altura da haste na colheita**
 - **Classe I (A2):** $30 < \text{AHF} < 40$ cm
 - **Extra (A1):** ≥ 40 cm
- **Diâmetro do capítulo na colheita**
 - $10 \leq \text{DC} < 12$ cm
 - $\text{DC} \geq 12$ cm
- **Diâmetro da haste na colheita**
 - $\text{DH}: \geq 0,50$ cm

3.9. Análise de micro e macronutrientes das folhas da gérbera

Ao término do experimento, foi extraída uma amostra (duas folhas adultas) de dois vasos de cada parcela, totalizando 25 amostras, referentes aos cinco tratamentos. As coletas visaram analisar o teor de micro e macronutrientes contidos na planta, com vistas ao conhecimento do que as plantas absorveram desses elementos, durante a aplicação de águas residuárias e fertilizantes químicos. As amostras foram identificadas, acondicionadas em sacos de papel e levadas a uma estufa de ar a 60°C durante 72 h, para análise química e bromatológica, em seguida, moídas e acondicionadas em saquinhos de plástico para análises posteriores. Nas amostras das folhas de gérberas, foram realizadas análises, conforme recomendações de Silva (1998), acerca dos teores de macronutrientes: nitrogênio (processo Kjeldahl), fósforo, potássio, cálcio e magnésio, além dos micronutrientes: ferro, zinco, cobre e manganês, realizados por espectrofotometria de absorção atômica, no laboratório da Embrapa Meio-Norte

3.10. Análise estatística

Os dados referentes à coleta de flores, folhas e do solo (após o término do ensaio) foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls ao nível de 5 % de probabilidade, utilizando-se o procedimento GLM (SAS INSTITUTE INC., 1989). Não foram considerados, na análise estatística, os dados de folhas e flores coletados da última semana de junho, pois se esperava ainda a adaptação e a uniformização das plantas, após o transplante, em função do solo e aplicação dos tratamentos com fertilizantes e águas residuárias no primeiro momento, sendo assim, analisados apenas os dados coletados de entre julho e outubro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variáveis indicativas da qualidade da água utilizada na fertirrigação

Os resultados da composição físico-química da água do poço que foi utilizada para proceder à irrigação e fertirrigação encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9. Composição físico-química da água de poço aplicada na irrigação e fertirrigação.

Análise de água									
pH	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	Cl	CE _a	RAS
mmolc L ⁻¹								dS m ⁻¹	(mmolc L ⁻¹) ^{0,5}
5,29	0,65	0,75	0,87	0,12	0,56	0,00	0,07	0,18	1,04

Fonte: Embrapa Meio-Norte, 2007 (Laboratório de Água e Solo, Unidade Parnaíba).

A avaliação da qualidade da água utilizada durante o experimento, segundo as diretrizes para irrigação propostas por Ayers e Westcot (1991), não apresenta restrição de uso, exceção ao pH (5,29), inferior à faixa estabelecida de 6,5 a 8,4. O pH é um índice que mostra o grau de acidez e alcalinidade de uma solução. Muitas vezes, o pH fica abaixo do normal, conforme observado nesta avaliação, entretanto, a utilização da água com essa qualidade ocasiona poucos problemas no solo e nas plantas, mas podem causar corrosão nos componentes metálicos do sistema de irrigação: tubulações, aspersores, medidores, dentre outros. Para a cultura da gérbera, o pH da água deve estar na faixa de 5,5 a 6,0 (SEVERINO, 2007) e no caso em questão, o valor encontra-se dentro da faixa estabelecida para a cultura.

4.2. Variáveis indicativas da qualidade do efluente

As características físicas, químicas e microbiológicas dos efluentes da lagoa de maturação coletados durante a condução do experimento são apresentadas a seguir:

4.2.1 Qualidade do efluente tratado aplicado na fertirrigação da gérbera

A Tabela 10 apresenta a caracterização físico-química do efluente doméstico tratado, utilizado na fertirrigação da cultura da gérbera e avaliado para fins de irrigação, segundo as diretrizes da Universidade da Califórnia (AYERS; WESTCOT, 1991).

Tabela 10. Composição físico-química do efluente doméstico tratado durante o período de coleta mensal para abastecimento do reservatório.

Parâmetros	Unidade	Período de coleta			
		Jun	Jul	Ago	Set
Salinidade					
pH		7,9	7,2	7,7	7,7
Sólidos Totais Dissolvidos	mg L ⁻¹	292	420	204	344
CE	dS m ⁻¹	0,75	0,43	0,80	0,92
Nutrientes					
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg L ⁻¹	0,18	0,39	0,21	2,00
Cloreto (Cl ⁻)	mmol L ⁻¹	1,72	1,77	1,74	1,86
Fósforo (P)	mg L ⁻¹	-	2,00	Ausente	Ausente

Fonte: AGESPISA S.A. Boletim Parcial de Análise do Efluente da ETE-LESTE. 2007, Teresina, PI.

* Faixa normal.

Apenas no mês de julho, a água residuária coletada não apresentou restrição de uso, em relação à salinidade (Tabela 10), não se tornando necessária, segundo Ayres e Westcot (1991), a implantação de medidas de controle para este fim.

Para Ayers e Westcot (1991), não existe restrição nos valores de até 5 mg L⁻¹ de nitrato, e caso oscile na faixa de 5 a 30 mg L⁻¹, a restrição torna-se ligeira a moderada. Os valores de fósforo estão na faixa adequada para o uso na irrigação, em todos os períodos. Essas concentrações de fósforo em águas recuperadas de esgotos municipais, em geral, não atendem às necessidades das plantas, exigindo, portanto, uma suplementação, porém, um possível excesso na água de irrigação não traz nenhum prejuízo à planta (BLUM, 2003). As concentrações em excesso de fósforo, matéria orgânica, nitrogênio amoniacal, numa água residuária, são oriundas de sabões e detergentes sintéticos, restos de alimentos e outros tipos de matéria orgânica. Isso pode afetar o desenvolvimento da planta e interferir no seu equilíbrio nutricional.

Entretanto, há diferenças entre as literaturas em relação aos objetivos do estudo deste parâmetro na água. Na água de irrigação, devem estar abaixo do máximo permitido para que não ocorra a formação de precipitados, como bicarbonato de cálcio.

Os valores de pH estiveram dentro da normalidade para uso da água na irrigação, em todos os períodos analisados (Tabela 10). Segundo Bernstein et al. (2006), havendo índices elevados de matéria orgânica e sais, bem como, alterações nestas composições e também nos valores de pH, poderia ser afetada a adsorção e a liberação de nutrientes inorgânicos para o

bom desempenho da planta, tais como: o fósforo, o ferro e os microelementos, e o elemento tóxico, alumínio.

Quanto ao parâmetro de sólidos totais dissolvidos (STD) não foi observada nenhuma restrição para uso dessa água. A média durante o período coletado foi de 314 mg L^{-1} . Segundo Duarte (2006) o armazenamento do efluente doméstico tratado que é coletado na ETE e armazenado por no mínimo uma semana, visando atender uma pequena demanda de água da cultura, infere que neste período, em que o efluente permanece armazenado, haja contribuição para a sedimentação de STD, promovendo melhora na qualidade, devido à redução da concentração de sólidos. As concentrações de STD, abaixo de 500 mg L^{-1} , não apresentam efeitos prejudiciais às plantas, porém, entre 500 e 1000 mg L^{-1} , começa a afetar as culturas sensíveis; de 1000 a 2000 mg L^{-1} , provoca danos às plantas. Por isso, deve haver manejo adequado, enquanto, águas com teores acima de 2000 mg L^{-1} , só devem aplicadas em plantas tolerantes de forma regular em solos permeáveis (BLUM, 2003).

Os teores de cloreto estiveram dentro da faixa recomendada para fins de irrigação (AYRES; WESTCOT, 1991). Quando abaixo do limite, o valor do Cl^- não causa nenhum efeito prejudicial nas plantas, em maiores concentrações, no entanto, podem provocar problemas de toxicidade foliar e, em menor grau, de absorção pela raiz e, até problemas mais graves (BLUM, 2003).

Em geral, a maior parte das variáveis analisadas encontra-se sem nenhuma restrição do uso, durante os quatro períodos, podendo o efluente tratado ser utilizado normalmente na irrigação de culturas tolerantes às faixas recomendadas.

Na Tabela 11 é apresentada a avaliação físico-química e microbiológica do efluente, conforme as recomendações da OMS para uso do efluente na irrigação localizada inserida na categoria C. Nesta categoria não é aplicado limite para coliformes fecais, para irrigação localizada por gotejamento, que neste caso são as culturas localizadas na categoria B. No entanto, é exigido tratamento prévio, segundo a tecnologia de irrigação, porém não menos que sedimentação primária. Nesse estudo foi aplicada uma água oriunda de lagoas de estabilização de uma ETE, de grau terciário. A OMS limita valores com até 10^3 CF, porém, a qualidade microbiológica no caso em questão foi de 10^4 CF. Portanto, o efluente poderia ser reaproveitado no reúso agrícola, visto não se tratar de uma cultura alimentar.

Tabela 11. Avaliação físico-química e microbiológica do efluente doméstico tratado (tratamento terciário), referente à coleta mensal para abastecimento do reservatório.

Parâmetros	Unidade	Período de coleta			
		Jun	Jul	Ago	Set
Temp.(°C)	° C	28	31	31	30
OD	mg L ⁻¹	3	3	4	4
DBO ₅ ^{20°C}	mg L ⁻¹	34	31	33	29
DQO	mg L ⁻¹	171	148	100	151
Detergente	mg L ⁻¹	5	6	5	4
Amônia Total	mg L ⁻¹	34	37	18	19
Sólidos Sedimentáveis	ml L ⁻¹ h ⁻¹	virt.ausente	virt.ausente	virt.ausente	virt.ausente
Alcalinidade Total	mg L ⁻¹	225	231	235	229
Acidez Total	mg L ⁻¹	28	26	29	31
Coli.Termotolerante	CT 100 mL ⁻¹	3,0 X 10 ⁴	2,7 X 10 ⁴	8,0 X 10 ⁴	7,0 x 10 ⁴
Ortofosfato Solúvel	mg L ⁻¹	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: AGESPISA S.A. Boletim Parcial de Análise do Efluente da ETE-LESTE. 2007, Teresina, PI.

Segundo Sandri et al. (2007), vêm sendo estabelecidas algumas recomendações relativas aos dados microbiológicos na irrigação com água residuária; persiste, contudo, a necessidade de se definir um critério melhor elaborado para a qualidade dos efluentes para irrigação irrestrita de culturas, relacionando-as aos métodos de disposição.

As diretrizes da Organização Mundial de Saúde informam que o limite máximo permitido para coliformes fecais é de 1000 UFC 100 mL⁻¹. Os índices de coliformes foram mais elevados nas duas últimas coletas, respectivamente, 8,0 x 10⁴ e 7,0 x 10⁴ 100 mL⁻¹. Além disso, observou-se que, no mesmo período, também foram elevadas as concentrações de oxigênio dissolvido na água (4 mg L⁻¹), indicando aumento na qualidade do tratamento. A alcalinidade e a acidez não apresentaram grandes variações a longo do período, sendo em média 230 e 28,5 mg L⁻¹, respectivamente (Tabela 11).

De acordo com Tsutiya (2001), tendo em vista às diretrizes da OMS, tanto para coliformes fecais quanto para helmintos no reúso agrícola, os padrões para efluentes, normalmente utilizados para irrigação em termos de DBO e coliformes fecais (CF), para plantações não comestíveis, são 60 mg L⁻¹ e 50000 NMP 100 mL⁻¹, respectivamente, portanto, o efluente utilizado atende às normas. Oliveira e Sperling (2007) afirmam que os valores de concentrações de efluentes das ETE's necessários ao cumprimento de padrões de lançamento,

usualmente presentes nas legislações brasileiras, são: 60 mg L⁻¹ para DBO, 200 mg L⁻¹ para DQO e 10³ NMP 100 mL⁻¹ para CF.

Os valores de DBO no presente estudo, durante todo o período, estão dentro do recomendado para irrigação em culturas, com uma média de 31,8 mg L⁻¹. Quanto ao parâmetro de sólidos sedimentáveis (Tabela 11), observou-se que estiveram ausentes nas amostras analisadas quando das coletas do efluente.

A média para DQO, nas quatro coletas, foi em torno de 142,5 mg L⁻¹ (Tabela 11), dentro do limite (< 200 mg L⁻¹), indicando baixa variação neste intervalo. Observou-se um valor mínimo, na terceira coleta (100 mg L⁻¹), em virtude, sobretudo, da alta temperatura do ar e radiação solar que atuam positivamente quando da remoção dos constituintes nos esgotos, durante o processo de tratamento em lagoas de estabilização.

Em relação aos valores de ortofosfato solúvel no efluente (Tabela 11), ressalta-se que o efluente final da ETE apresentou total remoção das concentrações de ortofosfato solúvel. Este elemento é a forma em que fósforo se encontra presente em esgotos domésticos, da maneira prontamente assimilável pelas plantas. Com relação ao aporte nutricional, tal remoção não é interessante quando se desenvolvem trabalhos com culturas, já que uma das vantagens do reúso é a redução da utilização de fertilizantes minerais, em virtude do uso da concentração de nutrientes existentes nos efluentes domésticos (DUARTE, 2006).

4.3. Fertilidade do solo antes e após um ciclo cultural

Na Tabela 12 encontram-se os resultados das análises de fertilidade do solo antes e após um período de 120 dias do cultivo da gérbera. Os teores médios de pH, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Al³⁺, H⁺ + Al³⁺, S, V e m apresentaram variações significativas pelo teste de SNK (Tabela 12) e (Apêndices A, B e C) com os tratamentos testados, indicando que ocorreram alterações nas concentrações do solo, após as aplicações do efluente doméstico tratado com e sem suplementação mineral. De acordo com os resultados, pode-se observar que o solo apresentou elevada concentração de P, MO e níveis baixos de Na e K.

Tabela 12. Valores médios da fertilidade do material de solo antes e após um ciclo cultural. Teresina, PI, 2007.

Elementos analisados ¹	Unidade	Antes	Fertilidade do solo ^{2,3,4}				
			T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
MO	g kg ⁻¹	16,68	22,97 (±0,581)	23,52 (±1,293)	22,77 (±1,219)	20,77 (±1,325)	20,35 (±1,141)
pH		5,24	4,50 c (±0,047)	5,40 b (±0,065)	5,29 b (±0,044)	4,57 c (±0,090)	5,76 a (±0,055)
P	mg dm ⁻³	21,00	51,84 (±5,841)	48,02 (±3,849)	46,40 (±3,747)	42,76 (±0,816)	51,10 (±7,789)
K ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,32	0,29 a (±0,011)	0,20 b (±0,011)	0,27 a (±0,011)	0,28 a (±0,018)	0,13 c (±0,003)
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	1,71	1,87 d (±0,058)	2,86 b (±0,088)	2,57 c (±0,084)	1,98 d (±0,075)	3,14 a (±0,071)
Mg ²⁺	cmol _c dm ⁻³	1,03	0,69 c (±0,033)	1,15 b (±0,047)	1,09 b (±0,054)	0,80 c (±0,037)	1,44 a (±0,050)
Na ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,05	0,19 b (±0,034)	0,34 b (±0,075)	0,55 a (±0,072)	0,19 b (±0,050)	0,21 b (±0,066)
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,04	0,13 a (±0,009)	0,00 (±0,000)	0,02 b (±0,005)	0,13 a (±0,009)	0,00 b (±0,000)
H ⁺ + Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	2,59	2,59 a (±0,110)	0,82 d (±0,147)	1,71 c (±0,108)	2,14 b (±0,110)	0,89 d (±0,084)
S	cmol _c dm ⁻³	3,11	3,06 d (±0,084)	4,46 b (±0,091)	4,40 b (±0,134)	3,42 c (±0,102)	4,92 a (0,120)
CTC	cmol _c dm ⁻³	5,70	5,63 (±0,397)	5,38 (±0,422)	6,09 (±0,177)	5,50 (±0,422)	5,88 (±0,122)
V	%	54,56	54,48 d (±1,614)	84,96 a (±1,650)	71,88 b (±1,406)	59,31 c (±0,563)	84,80 a (±1,480)
M	%	1,27	4,16 a (±0,075)	0,00 d (±0,000)	0,38 c (±0,160)	3,43 b (±0,050)	0,00 d (±0,000)
PST	cmol _c dm ⁻³	0,87	3,37	6,32	9,03	3,45	3,57

¹ Fósforo (P), Potássio (K), Sódio (Na⁺), Cálcio (Ca²⁺), Magnésio (Mg²⁺), Alumínio (Al³⁺), Hidrogênio (H⁺), Soma de Bases (S), Capacidade de troca de cátions (CTC), Matéria orgânica (MO). ² Médias na vertical seguida pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK). ³ Os números entre parênteses são os desvios-padrões das médias. ⁴ T₁ – 100 % fertirrigação; T₂ – 75 % água residuária + 25 % de fertirrigação; T₃ – 50 % água residuária + 50 % de fertirrigação; T₄ – 25 % água residuária + 75 % de fertirrigação; T₅ – 100 % água residuária.

Nota-se que as menores médias entre os tratamentos ocorreram em T₅ quanto à MO (20,35 g kg⁻¹), K⁺ (0,13 g kg⁻¹) e, especialmente, Al³⁺ (zero), bem como, no pH (4,50), Ca²⁺ (1,87 g kg⁻¹) e Mg²⁺ (0,69 g kg⁻¹), quando nestes se aplicaram apenas adubo químico. Observa-se ainda na Tabela 12, que em T₅ houve maior acidez no solo (5,76), além de maiores concentrações do Ca²⁺ (3,14 g kg⁻¹) e Mg²⁺ (1,44 g kg⁻¹); enquanto, em T₁ os teores mais elevados foram obtidos pelos elementos P (51,84 g kg⁻¹), K⁺ (0,29 g kg⁻¹), Al³⁺ (0,13 g kg⁻¹) e em H⁺ + Al³⁺ (2,59 g kg⁻¹). Santos et al. (2006) também verificaram aumento da concentração de sais, com a aplicação do efluente tratado, principalmente, pelos íons Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺,

HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-} . A irrigação com água residuária, ao longo do tempo, segundo os autores, mostrou tendências no crescimento do nível de salinização. Fonseca (2001) concluiu que houve mudanças nas propriedades química do solo cultivado com milho e irrigado com água de efluente, com elevação da condutividade elétrica pela aplicação de águas residuárias.

Levando-se em consideração as diretrizes propostas por Ayers e Westcot (1991) referentes à toxidez do Na^+ , observa-se que o solo no vaso indicou baixa variação deste íon ao longo do ciclo entre os tratamentos, não apresentando restrições ao cultivo da gérbera. O predomínio de íons, como o Na^+ , pode promover a diminuição da permeabilidade do solo, provocar redução da aeração do solo e inibir o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, prejudicando sua produção. Apesar de não ser considerado um nutriente essencial para a planta, o sódio quando presente em pequena concentração no solo pode estimular a produtividade de certas culturas.

Após a aplicação do volume com 100 % de águas residuárias tratadas, entre julho e outubro, houve algumas alterações na composição química no material do solo no vaso, em relação aos demais tratamentos, destacando-se as maiores médias para o pH (5,24 para 5,76), o Ca^{2+} (1,71 para 3,14 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), o Mg^{2+} (1,03 para 1,44 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), bem como, na soma de bases (S), cujo valor anterior foi 3,11 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e, após a aplicação do efluente tratado, elevou-se para 4,92 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 12). Essas concentrações encontram-se dentro da faixa de normalidade para irrigação, de acordo com Ayers e Westcot (1991).

Normalmente, os cátions são retidos pelo solo na seguinte ordem: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$. Os nutrientes citados como cátions trocáveis são importantes devido à influência que cada um exerce sobre a disponibilidade dos outros (RAIJ, 1987), sendo assim, observou-se que o Ca^{2+} (Tabela 12) no T₅ foi o que apresentou maior média (3,14 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em relação aos demais, sendo que no material de solo analisado, antes da aplicação dos tratamentos, foi de apenas 1,71 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Os fatores externos que influenciam a absorção do cálcio são: altas concentrações de íons NH_4^+ , K^+ , Mg^{+2} , Mn^{+2} e Al^{+3} .

A menor concentração de potássio foi verificada no tratamento que recebeu somente efluentes domésticos tratados (0,13 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Duarte (2006) não observou efeito significativo nos teores de potássio no solo entre os tratamentos no cultivo de pimentão com o uso de água residuária, pois a concentração de potássio nas águas residuárias, de modo geral, não é alta. Stewart et al. (1990) citados por Azevedo et al. (2007) observaram redução no teor de K em profundidade do solo abaixo de 100 cm, quando da irrigação com água residuária tratada, concluindo que a lixiviação de potássio está diretamente relacionada à CTC do solo.

Quanto ao Al^{3+} , houve redução de $0,04 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, antes da aplicação dos efluentes domésticos tratados, para zero com a aplicação dos tratamentos 2 e 5 (Tabela 12). Com relação à capacidade de troca de cátions (CTC), ocorreu maior média em T_3 que variou de 5,70 para $6,09 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Isso indica que a soma total dos cátions apresentou-se mais retida na superfície coloidal prontamente disponível à assimilação pelas plantas, enquanto o mesmo comportamento não ocorreu em T_2 , que teve a CTC reduzida de 5,70 para $5,38 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Em T_2 , observou-se maior média da MO, que elevou-se de 16,68 para $23,52 \text{ g kg}^{-1}$ após a aplicação de 75 % de efluente tratado, enquanto, em T_5 , houve apenas um aumento para $20,35 \text{ g kg}^{-1}$, sendo a menor concentração dentre os demais, em razão de sua mineralização no solo. Duarte (2006) afirma que além da concentração de nitrogênio, os efluentes secundários contêm concentrações de carbono bem maiores que as águas superficiais, o que favorece a proliferação da biota do solo que, por sua vez, transforma o nitrogênio orgânico em nitrogênio assimilável às plantas.

Verificou-se que em alguns dos tratamentos com água residuária tratada para a irrigação, T_3 a T_5 , houve menor teor de matéria orgânica que o tratamento com água potável e fertilizantes químicos. Provavelmente, a maior concentração de N e C tenha favorecido a rápida mineralização e, conseqüentemente, a redução dos teores de matéria orgânica dos solos desses tratamentos. Fonseca (2001) constatou a rápida mineralização da matéria orgânica nos solos irrigados com esgoto tratado quando estudou a disponibilidade de N no cultivo de milho.

A média, com maior percentagem de sódio trocável (PST), ocorreu em T_3 , apresentando 9,03 %; enquanto a menor, em T_1 (3,37 %), em função de não ter sido aplicado nenhum volume de efluente. A PST antes de aplicação de fertilizantes e efluentes no solo indicou haver 0,88 % de sódio trocável (Tabela 12).

Segundo Souza (2004), o excesso de sais pode atuar diminuir o potencial osmótico, afetando a capacidade de absorção radicular da água pela planta e, conseqüentemente, o seu metabolismo. Para Bernstein et al. (2006), vários tipos de solos, utilizados no cultivo de flores, podem ser afetados diferentemente pela água do efluente tratado. Características como capacidade de absorção elevada dos cátions e dos ânions pode moderar os efeitos químicos desse tipo de água mais do que em meios inertes.

As propriedades químicas e físicas do solo, quanto à disponibilidade de nutrientes e água, são fortemente afetadas em sistemas de cultivo intenso, não sendo diferente na gérbera, uma vez que essa flor apresenta diversas respostas em função do tipo de solo e a frequência de irrigação aplicada (PAPADOPOULOU et al., 1996, citado por MASCARINI et al., 2007). A

cultura da gérbera não é tolerante à salinidade, porém, o uso da água residuária, por si, já adiciona quantidades significativas de sais no solo e, quando associada às desordens nos fatores climáticos, tais como: baixa umidade do ar e alta temperatura do ar (desconforto térmico no ambiente protegido) provocam queda na produtividade e qualidade da cultura, fato esse ocorrido nos períodos finais do ensaio (setembro e outubro), como pode ser verificado no item 4.5.

4.4. Monitoramento de elementos meteorológicos no manejo da gérbera

Nas Tabelas 13 e 14, são apresentadas as condições agrometeorológicas ocorridas durante o período experimental, nos ambientes interno e externo, respectivamente. Nas Figuras 34, 36, 37, 38, 39 e 40, podem ser observados os valores médios da temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global, precipitação, velocidade do vento e evapotranspiração de referência, durante a condução do ensaio, nos ambientes interno e externo, respectivamente.

Tabela 13. Médias mensais dos dados meteorológicos monitorados pela estação agrometeorológica no interior do ambiente protegido durante a condução do experimento. Teresina, PI, 2007.

Período	T (°C)	UR (%)	WS (m s ⁻¹)	RS (MJ m ⁻²)	ETo (mm)	PP (mm)
Jul	28,8	35,4	0,02	266,2	62,9	1,0
Ago	28,9	26,0	0,06	294,8	71,5	0,0
Set	30,6	20,6	0,07	300,5	76,2	0,0
Out	31,7	21,3	0,06	322,7	97,0	25,0

T – temperatura do ar; UR – umidade relativa do ar; WS – velocidade do vento; RS – radiação solar global; ETo – evapotranspiração de referência e P – precipitação.

Tabela 14. Médias mensais dos dados meteorológicos monitorados pela estação agrometeorológica no ambiente externo durante a condução do experimento. Teresina, PI, 2007.

Período	T (°C)	UR (%)	WS (m s ⁻¹)	RS (MJ m ⁻²)	ETo (mm)	PP (mm)
Jul	26,9	67,6	1,08	650,4	130,5	2,3
Ago	27,0	58,1	1,41	733,9	160,4	2,0
Set	29,2	51,6	1,02	673,6	161,4	0,0
Out	29,4	54,0	1,03	702,3	162,1	31,0

T – temperatura do ar; UR – umidade relativa do ar; WS – velocidade do vento; RS – radiação solar global; ETo – evapotranspiração de referência e P – precipitação.

Nas Tabelas 13 e 14, observa-se que a diferença da temperatura, entre o ambiente interno e externo, foi 1,9 °C, nos meses iniciais (julho e agosto), 1,4 °C, em setembro, chegando até 2,3 °C em outubro. Os valores médios de temperatura do ar no ambiente protegido foram superiores ao ambiente externo, nos meses mais quentes do ano, em especial, setembro e outubro (Figura 33).

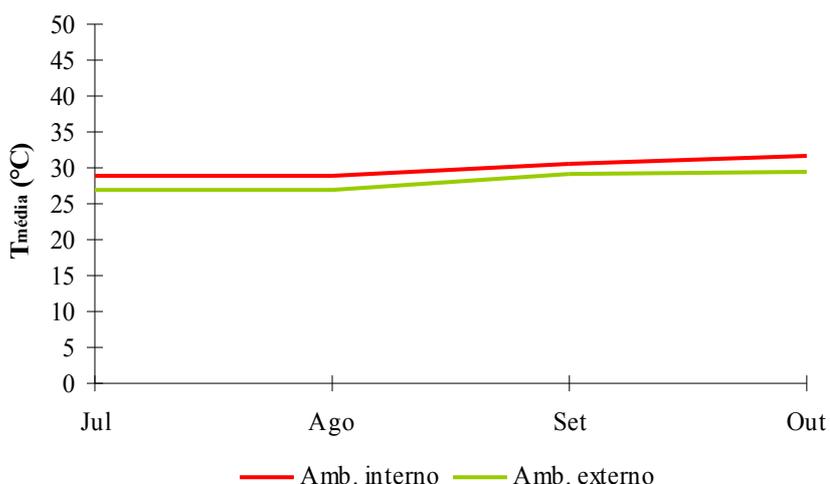


Figura 33. Médias mensais da temperatura do ar referentes ao período experimental no ambiente interno e externo ao ambiente protegido, em Teresina, PI, 2007.

O comportamento da umidade relativa do ar é inversamente proporcional à temperatura do ar (Figura 33), o que denota variações nestas médias com diferenças entre os ambientes estudados. Verifica-se nítida diferença na temperatura entre o ambiente interno e externo, onde a maior variação na média, do período inicial ao final, ocorreu, com 29 a 32 °C, no ambiente protegido, em função do aumento do calor interno ocasionado pela malha preta de sombreamento. Enquanto no ambiente externo, a oscilação neste mesmo período foi de 27 a 30 °C, o que resultou em maiores amplitudes térmicas. Tal diferença entre os ambientes foi confirmada com os resultados obtidos por Sousa et al. (2002). Boueri e Lunardi (2006)

também observaram um valor médio de 17 % superior no ambiente protegido, ou seja, 3,3 °C, superior ao externo.

A temperatura do ar ideal para a gérbera, durante o início do plantio, deve estar entre 20-22 °C, durante a noite e 20-25 °C, durante o dia, no ambiente protegido (SEVERINO, 2007). Estas informações confrontam-se com as temperaturas da região em estudo, na qual revelou a possibilidade do plantio de gérbera, dentro o período do ensaio experimental estudado, para os meses de julho e agosto, segundo o item 4.5. Desenvolvimento da gérbera (Tabela 15), em virtude daqueles serem os meses de menor temperatura do ar (Figura 33) e alta umidade relativa do ar (Figura 35), na região. No entanto, sugere-se, em períodos de temperaturas elevadas e extremamente críticas à cultura, a utilização de nebulizadores e exaustores no ambiente protegido.

Nos dois meses finais de cultivo (setembro e outubro), as flores apresentaram-se fora do padrão extra IBRAFLOR (2000), em relação à altura das hastes florais (< 40 cm), conforme poderá ser visto no item 4.5. Desenvolvimento da gérbera (Tabela 16). Ao longo do dia, as plantas chegavam a sofrer estresse (murcha) causado pelo calor no ambiente protegido, sobretudo, nos horários das 11h às 16h. A Figura 34 mostra as variações ocorridas com a temperatura e a umidade relativa do ar em escala horária no final de cada mês, selecionadas apenas para exemplificar o desconforto que havia no ambiente protegido, no decorrer do ensaio. Nesses meses, a temperatura do ar chegou a picos de 40 °C e a níveis de umidade de 10 a 20 %, situação essa muito estressante para a gérbera.

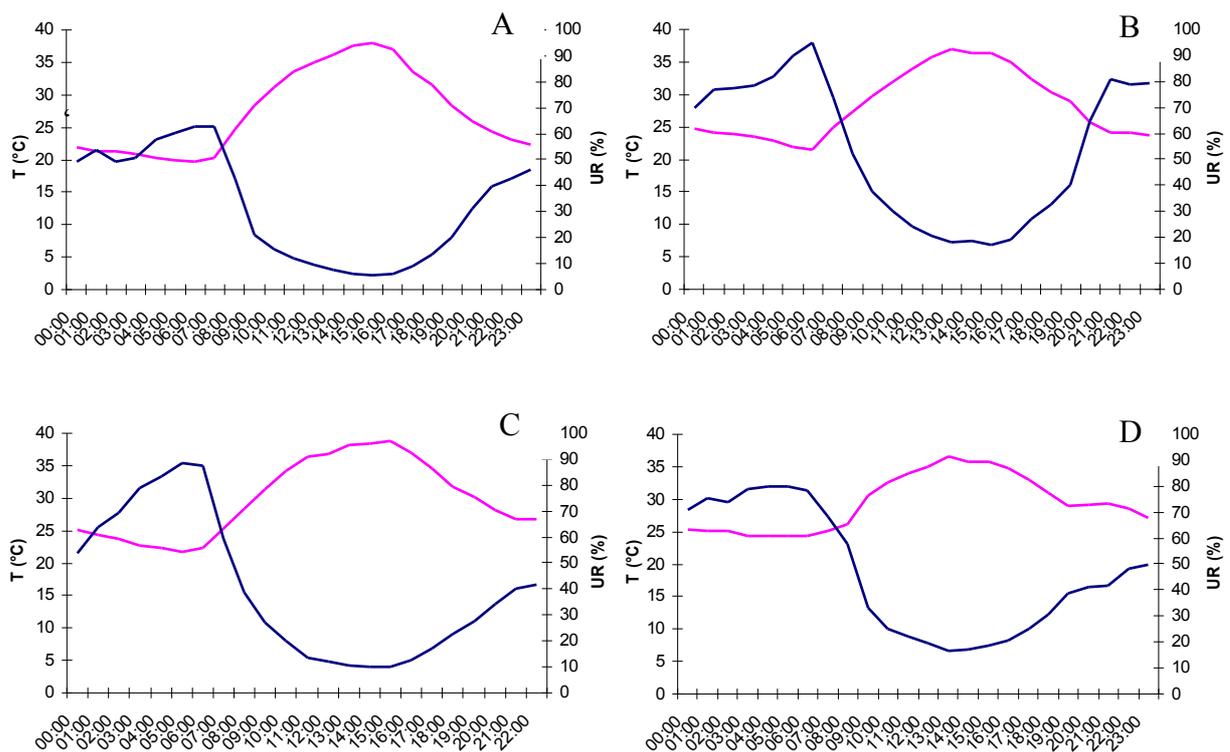


Figura 34. Variações de temperatura do ar versus umidade relativa do ar horárias registradas no interior do ambiente protegido, no trigésimo dia de julho (A), agosto (B), setembro (C) e outubro (D). Teresina, PI, 2007.

Resultados semelhantes foram obtidos por Backes et al. (2007) que observaram em seus estudos, elevadas temperaturas, na casa de vegetação, em torno de 40 °C, no mês de outubro que, conseqüentemente, afetaram a produção de flores de corte lisianto. Boueri e Lunardi (2006) constataram o mesmo comportamento na produção de cravo em ambiente protegido.

A Figura 35 mostra os valores máximos mensais de umidade relativa do ar, para as condições de cultivo protegido e no ambiente externo. Houve tendência de valores mais baixos em condição de ambiente protegido, inversamente proporcional à temperatura do ar, que é mais elevada.

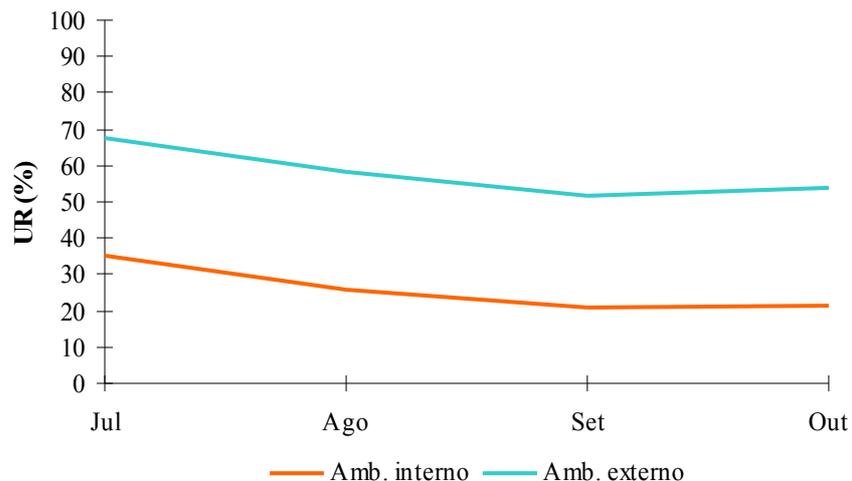


Figura 35. Médias mensais da umidade relativa do ar referentes ao período experimental nos ambientes interno e externo ao ambiente protegido. Teresina, PI, 2007.

A umidade relativa do ar dentro do ambiente protegido foi inferior à externa em cerca de 3,2 % ao longo desse período (Figura 35). Segundo Boueri e Lunardi (2006), a variação da umidade do ar, no interior de estufas, depende principalmente da temperatura do ar e da ventilação. Os autores observaram, no cultivo do cravo, em ambiente protegido, que a umidade relativa do ar foi correspondente a 93 % da umidade relativa do ar observada em campo. Resultados similares foram também obtidos por Guiselini (2002), Pandorfi (2006) e Sousa et al. (2002).

No período entre julho e outubro, observou-se redução na média da umidade do ar, em que no ambiente interno variou de 35 a 21 %, enquanto no externo foi de 68 a 54 % . Isso ocorreu em virtude do clima regional que tende a elevar a temperatura, principalmente, em setembro e outubro, em que há menor frequência de precipitações pluviométricas (Figura 37), ocasionando a diminuição dos valores de umidade relativa do ar na região. Os dados de umidade relativa do ar, registrados durante o estudo, foram inferiores aos indicados para o cultivo da gérbera. A faixa de umidade considerada ideal é de 75 a 90 % para esta cultura (PANDORFI, 2006). Mesmo assim, nos períodos mais amenos, obtiveram-se resultados bastante promissores em termos de produção de hastes florais, conforme serão discutidos nos itens 4.5 – Crescimento e desenvolvimento da gérbera e 4.6 – Produtividade da gérbera.

Os valores de radiação solar ($> 300 \text{ MJ m}^{-2}$), altas temperaturas durante o dia ($> 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$) e baixa umidade relativa ($< 50 \%$), assim como delicada inércia térmica dos substratos, podem provocar situações de estresse térmico e hídrico das espécies cultivadas em estufa, limitando significativamente a transpiração das mesmas e, conseqüentemente, sua produtividade (BAILLE, 1993, citado por MARTINS; GONZALEZ, 1995).

O crescimento e o desenvolvimento das culturas dependem da intensidade, qualidade e duração da radiação solar, sendo assim fatores de vital importância às plantas. A disponibilidade da radiação solar no interior de ambientes protegidos é reduzida em relação ao ambiente externo, devido à reflexão e à absorção pelo material de cobertura. As diferenças no recebimento de radiação solar, no interior das estufas, refletem-se sobre o resultado fenológico e produtivo dos cultivos (BECKMANN et al., 2006).

A radiação solar global incidente, no decorrer do experimento, apresentou uma diferença entre o ambiente externo e interno de 384,2; 439,1; 373,1 e 379,6 MJ m⁻², respectivamente, ocorrida nos meses de julho, agosto, setembro e outubro (Figura 36). Para o manejo das gérberas neste estudo, o uso da tela de sombreamento 50 % foi eficiente e teve a vantagem principal de conter o excesso de radiação solar da região. Na radiação solar global, que penetra no interior do ambiente protegido, está contida a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), que é a principal determinante da taxa de crescimento das plantas e da produtividade (BECKMANN et al., 2006).

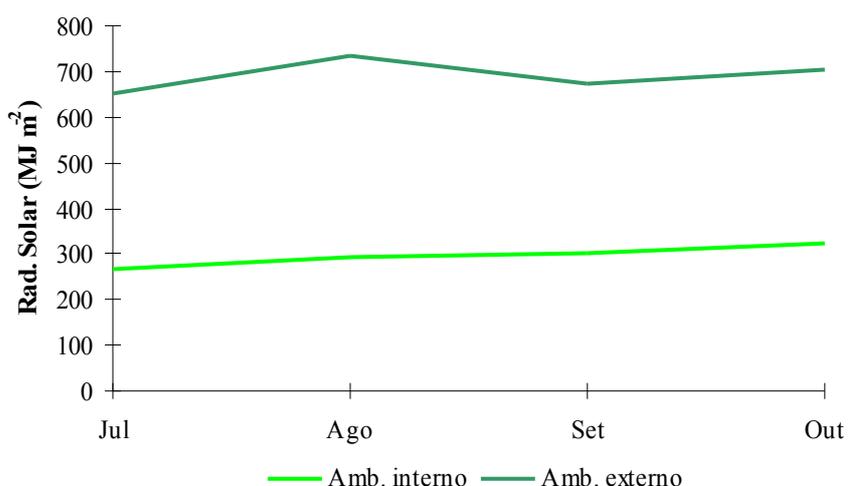


Figura 36. Médias mensais de radiação solar global referente ao período experimental nos ambientes interno e externo ao ambiente protegido. Teresina, PI, 2007.

Pelos dados da análise de crescimento da gérbera, observou-se que a diferença da radiação solar entre os ambientes interno e externo, indica que a altura da planta sofreu influência do clima, pois a mesma produziu flores com crescimento precoce, apesar do capítulo floral não ter sido tão fortemente afetado (Tabelas 15 e 16, do item 4.5. Desenvolvimento da gérbera). De acordo com Pandorfi (2006), a gérbera recebe influência das variações meteorológicas, das quais a temperatura do ar é o elemento que influencia na emissão e crescimento das folhas (Tabelas 18 e 19, do item 4.8. Desenvolvimento foliar da gérbera) e também na precocidade da floração.

Não houve precipitações pluviométricas significativas durante a condução do experimento, exceção ao término do ensaio (outubro) (Figura 37). Apesar disso, a alta temperatura do ar (Figura 33) contribuía para gerar a baixa umidade relativa do ar no ambiente interno, permanecendo sempre similar a do ambiente externo. A baixa incidência de ventos nesta época (Figura 38) não favoreceu a remoção do volume de ar úmido no ambiente protegido, exercido, por sua vez, pela radiação solar intensa (Figura 36).

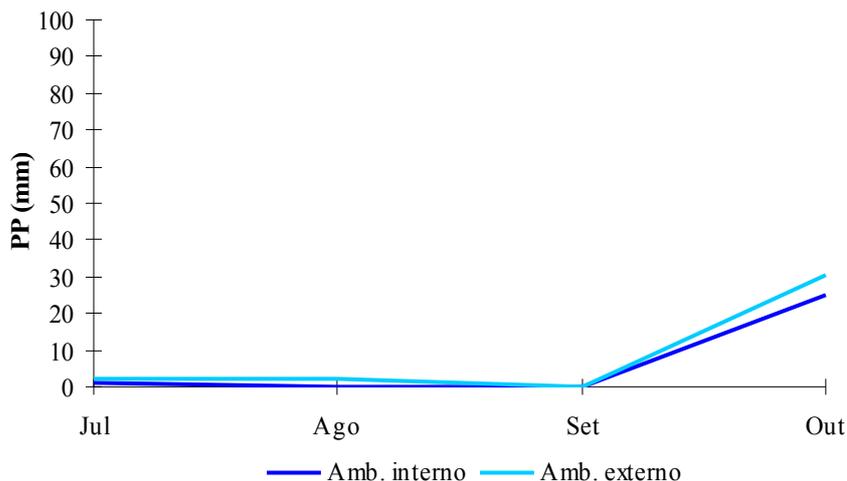


Figura 37. Médias mensais da precipitação referente ao período experimental nos ambientes interno e externo ao ambiente protegido. Teresina, PI, 2007.

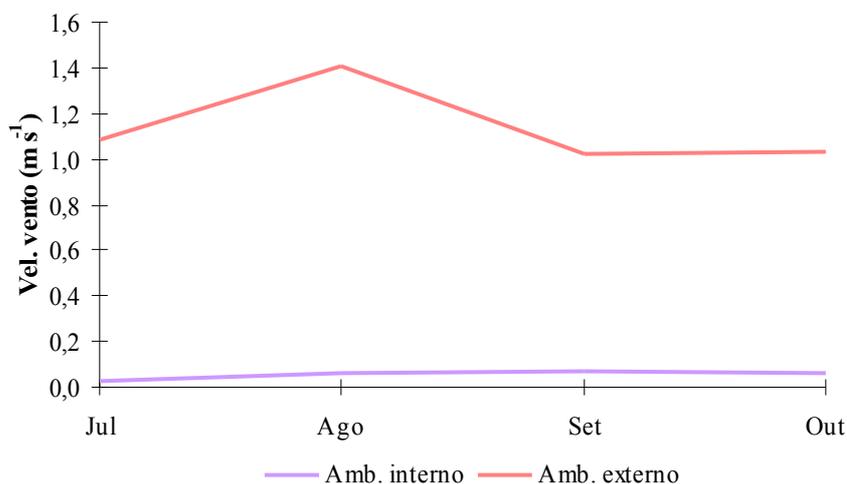


Figura 38. Médias mensais da velocidade do vento referentes ao período experimental nos ambientes interno e externo ao ambiente protegido. Teresina, PI, 2007.

Os problemas relacionados com o vento, no interior de ambientes protegidos, estão quase sempre ligados à sua baixa velocidade em relação ao ambiente externo (Figura 38) (GUISELINI, 2002), pois o vento é responsável pelo aumento da renovação de ar em torno da folha, que eleva a condutância aerodinâmica, resultando em valores de transpiração das

plantas mais altos (LARANJEIRA, 2005). Boueri e Lunardi (2006) observaram que a velocidade do vento média diária a 2 m de altura, em ambiente protegido na cultura do cravo, foi de $0,41 \text{ m s}^{-1}$ e no campo, $1,67 \text{ m s}^{-1}$, comprovando o efeito protetor. De acordo com Farias et al. (1994), a velocidade do vento no interior do ambiente protegido é estimada em cerca de 5 % do verificado externamente. Isso pode constituir-se em uma vantagem, à medida que melhora a eficiência de defensivos, pois diminui perdas, diminui o risco de danos mecânicos às plantas e de disseminação de esporos de fungos ou outros patógenos.

São incipientes as informações de estudos de evapotranspiração (ET) em flores. A ET, no interior de ambientes protegidos, é inferior àquela que ocorre em condições externas. Farias et al. (1994) atribuem esse comportamento, sobretudo, à parcial opacidade da cobertura, à radiação solar e à redução da ação dos ventos, que são os maiores fatores da demanda evaporativa da atmosfera. É comprovado que os ambientes protegidos condicionam alterações micrometeorológicas em relação ao ambiente externo, devido a uma redução da incidência da radiação solar sobre as plantas e pelas condições de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, que são condicionantes da evapotranspiração (GOMES et al., 2006).

Na Figura 39, são apresentadas as variações da evapotranspiração de referência (ET_o), nos ambientes externo e interno, no período de junho a outubro. No ambiente interno, variou de 62 a 97 mm, enquanto no ambiente externo, de 130 a 162 mm, no mesmo período. Essa diferença pode estar associada à malha de sombreamento (PANDORFI, 2006). A ET_o interna foi sempre menor que a ET_o externa, em cerca de 45 a 77 % (FARIAS et al., 1994). Essa diferença na demanda evapotranspirativa faz com que o consumo hídrico das culturas em ambiente protegido seja inferior ao cultivo em campo.

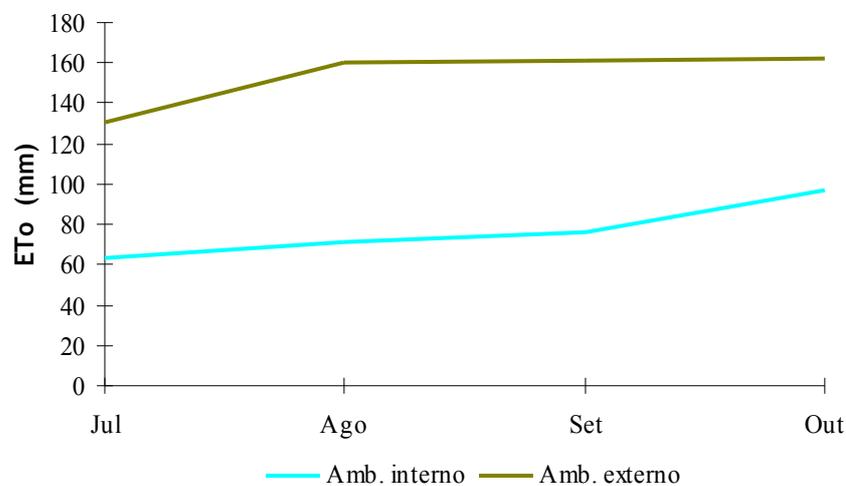


Figura 39. Médias mensais da evapotranspiração de referência (ET_o) durante o período experimental nos ambientes interno e externo ao ambiente protegido. Teresina, PI, 2007.

4.5. Desenvolvimento da gérbera

As variáveis de crescimento e desenvolvimento apresentadas a seguir – altura da haste na colheita (AHC), diâmetro do capítulo na colheita (DCC) e diâmetro da haste na colheita (DHC) – foram avaliadas com base nas exigências mercadológicas de produção da gérbera.

Houve diferença significativa em relação ao teste SNK (Apêndice D), apenas para AHC, no 1º período de coleta (julho). O menor valor foi obtido no tratamento com 75 % de fertirrigação + 25 % de água residuária, enquanto, as maiores médias (extra) ocorreram em T₂ com 46,94 cm e em T₅ (43,33 cm), estando dentro dos padrões extra do IBRAFLOR (Tabela 15).

Tabela 15. Médias de altura de haste na colheita (AHC), diâmetro da haste na colheita (DHC) e diâmetro do capítulo na colheita (DCC), referentes ao período de avaliação das flores (julho e agosto). Teresina, PI, 2007.

Tratamento ³	Médias (cm) ^{1,2}					
	Julho			Agosto		
	AHC	DHC	DCC	AHC	DHC	DCC
1	42,28 b (1,198)	0,52 (0,011)	10,85 (0,312)	38,41 b (0,708)	0,56 a (0,004)	11,77 (0,177)
2	46,94 a (1,467)	0,55 (0,014)	12,05 (0,382)	42,12 a (0,708)	0,53 b (0,004)	11,66 (0,177)
3	40,43 bc (1,198)	0,51 (0,011)	10,80 (0,312)	39,85 ab (0,708)	0,54 b (0,004)	11,66 (0,177)
4	37,81 c (0,928)	0,53 (0,009)	11,19 (0,242)	39,77 ab (0,708)	0,54 b (0,004)	11,48 (0,177)
5	43,33 b (0,928)	0,53 (0,009)	11,13 (0,242)	41,54 a (0,791)	0,53 b (0,005)	11,61 (0,197)

¹ Médias na vertical seguida pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK). ² Os números entre parênteses são os desvios-padrões das médias. ³ T₁ – 100 % fertirrigação; T₂ – 75 % água residuária + 25 % de fertirrigação; T₃ – 50 % água residuária + 50 % de fertirrigação; T₄ – 25 % água residuária + 75 % de fertirrigação; T₅ – 100 % água residuária.

As boas condições meteorológicas ainda nos dois períodos iniciais (julho e agosto), tais como baixa evapotranspiração e temperatura do ar e alta umidade no ambiente interno do ambiente protegido, favoreceram o melhor crescimento, desenvolvimento e qualidade da cultura para fins comerciais.

No mês de agosto, verificam-se as primeiras mudanças ainda sensíveis, ocorrendo diferenças nas variáveis AHC e DHC (Tabela 15). As menores médias de AHC ocorreram nos tratamentos 1 e 3, que não atingiram o padrão extra IBRAFLOR (2000), em razão dos fatores

meteorológicos, enquanto o T₂ e T₅ (42,12 e 41,54 cm, respectivamente) proporcionaram as maiores médias, apresentando melhor aparência na qualidade nas flores. Houve diferença significativa pelo teste de SNK (Apêndice G), com o T₁ proporcionando valores superiores quanto ao DHC (0,56 cm). Esta variável é importante, pois quando se tem maior diâmetro, possivelmente, há garantia de uma melhor sustentabilidade, firmeza, resistência e durabilidade da flor na planta e na pós-colheita.

Não foram observadas diferenças significativas pelo teste de SNK no diâmetro do capítulo das flores entre os tratamentos (Apêndice G), porém, as médias maiores foram obtidas, nos dois meses iniciais, com 12,05 cm (julho) e 11,77 cm (agosto), com a aplicação dos tratamentos T₂ e T₁, respectivamente. Aspectos visuais dessas variáveis podem ser observados nas Figuras 40 e 41.



Figura 40. Detalhe das hastes florais nos tratamentos em julho.



Figura 41. Detalhes da altura, diâmetro da haste e do capítulo da flor em agosto.

Resultados similares foram obtidos por Friedman et al. (2007), que não observaram diferenças estatísticas na distribuição de comprimento da espiga da flor celósia. No entanto, 46 e 72 % das espigas da flor de corte irrigada com água potável e efluente foram superiores (acima de 60 cm), na primeira colheita do que na segunda (9,3 e 18,6 %). O tamanho do receptáculo de espigas, entre os dois tratamentos na irrigação, não apresentou diferença estatística. O número total de flores e o peso comum das flores para ambas as colheitas, também não mostrou diferença significativa nas colheitas. Com isso, a maioria das hastes florais principais (cerca de 90 %) teve boa qualidade comercial e aumento no seu tamanho, com a irrigação usando os dois tipos de água (efluente e água de boa qualidade).

Sakellariou-Makrantonaki et al. (2003) avaliaram dois parâmetros de crescimento das coníferas ornamentais *Juniperus chinensis*, *Cupressus macrocarpa* e *Thuja orientalis*. Nas duas primeiras colheitas, houve maior comprimento dos brotos laterais, não sendo estatisticamente significativa, apesar de ter apresentado valores maiores quando da irrigação com água potável. Na cultura da *Thuja orientalis*, por sua vez, os valores de comprimento de haste foram maiores quando irrigada com água residuária, apesar de não ter havido diferença estatística significativa. Isso ocorreu neste estudo nos dois meses finais, em que não foi observada significância estatística nos três parâmetros avaliados na gérbera (Tabela 16).

Nos períodos subseqüentes (setembro e outubro), não houve diferença estatística significativa com a aplicação dos tratamentos (Apêndice H). As médias entre os tratamentos, relativas à altura da haste, estiveram abaixo de 40 cm, consideradas bastante reduzidas (Tabela 16), quando comparadas aos meses anteriores (Tabela 15). As menores médias ocorreram quanto à altura da haste em T₁ (32,27 cm), diâmetro da haste em T₂ (0,53 cm) e do diâmetro do capítulo em T₃ (11,21 cm). Em outubro, observou-se que o T₃ apresentou a menor média de todo o período com relação à altura da haste (29,08 cm) e T₁ o menor diâmetro do capítulo (10,54 cm).

Tabela 16. Médias de altura de haste na colheita (AHC), diâmetro da haste na colheita (DHC) e diâmetro do capítulo na colheita (DCC), referentes a setembro e outubro na avaliação de flores. Teresina, PI, 2007.

Tratamento ³	Médias (cm) ^{1,2}					
	Setembro			Outubro		
	AHC	DHC	DCC	AHC	DHC	DCC
1	32,27 (1,367)	0,54 (0,009)	11,33 (0,171)	32,05 (0,870)	0,55 (0,015)	10,54 (0,194)
2	36,96 (1,367)	0,53 (0,009)	11,41 (0,171)	30,28 (0,754)	0,54 (0,013)	11,09 (0,168)
3	32,35 (1,367)	0,56 (0,009)	11,21 (0,171)	29,08 (0,754)	0,55 (0,013)	10,59 (0,168)
4	33,98 (1,367)	0,55 (0,009)	11,46 (0,171)	29,35 (0,674)	0,55 (0,012)	10,68 (0,150)
5	35,31 (1,528)	0,54 (0,010)	11,23 (0,191)	31,38 (0,754)	0,54 (0,013)	10,92 (0,168)

¹ Médias na vertical seguida pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK). ² Os números entre parênteses são os desvios-padrões das médias. ³ T₁ – 100 % fertirrigação; T₂ – 75 % água residuária + 25 % de fertirrigação; T₃ – 50 % água residuária + 50 % de fertirrigação; T₄ – 25 % água residuária + 75 % de fertirrigação; T₅ – 100 % água residuária.

Ao longo das observações visuais das flores em setembro (Figura 42) e outubro, percebeu-se, em diversas plantas, que as hastes florais de menores tamanhos, sobretudo, nos dois meses finais, produziram hastes com maior diâmetro (resistência), quando comparadas às de maior altura. Nestes meses, iniciaram-se queda marcante no crescimento e na qualidade das flores (Figura 43), em razão das variações meteorológicas, sobretudo, pelo aumento máximo da temperatura do ar e da redução da umidade relativa do ar, vigentes nesta época do ano. Apesar de se obter flores de pequena estatura, os capítulos florais ainda apresentaram bom diâmetro e qualidade. Segundo INFOAGRO (2007), as gérberas podem ter diâmetro do capítulo que variam de 6,0 a 10,5 cm e haste floral de 30,5 a 46,0 cm.



Figura 42. Detalhes da altura, diâmetro da haste e do capítulo da flor em setembro.



Figura 43. Detalhes da altura, diâmetro da haste e do capítulo da flor em outubro.

Em setembro, as médias superiores ocorreram quanto à altura da haste em T₂ (36,96 cm) e T₅ (35,31 cm), enquanto em outubro em T₁ (32,05 cm) e novamente em T₅ (31,38 cm) (Tabela 16). O tratamento 2 continuou apresentando as médias superiores nestes meses, sobretudo, com relação ao diâmetro do capítulo na colheita, obtendo em setembro (11,41 cm) e 11,09 cm, em outubro (Tabela 16). A qualidade da cultura é definida como o conjunto de características que aumenta o valor comercial ou sua resistência ao transporte e armazenamento. Esta qualidade é prejudicial, por exemplo, quando os efeitos aparecem em razão do excesso do N ou falta algum elemento que o acompanha ou o complementa em suas funções (MALAVOLTA, 2006).

4.6. Número de flores colhidas

As respostas fisiológicas da cultura, em função da alta temperatura do ar e a baixa umidade relativa do ar no ambiente protegido (Figuras 33 e 35), influenciaram na redução do número de flores, pois as plantas apresentaram estresse, possivelmente, pela baixa atividade fotossintética, transpiração e condutância estomática, além de temperatura foliar provavelmente superior à temperatura ambiente, características estas observadas também por Martins e Gonzalez (1995).

Não foram observadas diferenças significativas pelo teste de SNK, quanto ao número de flores colhidas, quando avaliadas mensalmente (Apêndice F) e, de forma geral (Apêndice G). Na Tabela 17, observa-se que com a aplicação do tratamento 5, houve o menor número de flores colhidas por vaso, em agosto (3,03 flores por vaso) e, em setembro (2,72 flores por vaso). Houve, em geral, um aumento da produção no mês de agosto, em todos os tratamentos, devido às condições ambientais e às combinações das aplicações de efluentes e fertirrigação. As maiores médias foram obtidas com a aplicação de 75 % de fertilizantes + 25 % de efluentes domésticos tratados, no período de agosto (5,71 flores por vaso) e setembro (4,54 flores por vaso) (Tabela 17).

Durante o ensaio, obteve-se com 100 % de efluentes domésticos tratados, uma produção em 120 dias, de 10,42 flores por planta (31,69 flores por planta ao ano), resultado superior ao obtido por Medeiros et al. (2007), que durante 150 dias, com a mesma variedade, obteve apenas 4,4 flores por planta (10,7 flores por planta ao ano).

A produção obtida ainda foi superior à informada pela BioLab Tecnologia Vegetal Ltda (25,6 flores por planta ao ano). O resultado deste ensaio é bastante promissor, haja vista não necessitar de um custo adicional ao produtor com a aquisição de fertilizantes. O tratamento com 100 % de adubação química apresentou a menor média com 10,19 flores por planta durante o estudo.

Tabela 17. Médias do número de flores colhidas por vaso (NFCV) para cada tratamento, referentes a cada período na avaliação de flores. Teresina, PI, 2007.

Tratamentos ²	Médias ¹				
	NFCV				
	Jul	Ago	Set	Out	Total ³
1	1,63 (0,146)	3,84 (0,159)	3,24 (0,107)	2,19 (0,266)	10,19 (1,993)
2	1,00 (0,178)	4,54 (0,159)	3,35 (0,107)	1,85 (0,230)	11,06 (2,102)
3	1,90 (0,146)	3,50 (0,159)	3,53 (0,107)	1,44 (0,230)	10,47 (1,832)
4	1,32 (0,113)	5,71 (0,159)	4,54 (0,107)	2,53 (0,206)	14,60 (1,536)
5	1,93 (0,113)	3,03 (0,178)	2,72 (0,120)	2,54 (0,230)	10,42 (1,706)

¹ Os números entre parênteses são os desvios-padrões da média. ² T₁ – 100 % fertirrigação; T₂ – 75 % água residuária + 25 % de fertirrigação; T₃ – 50 % água residuária + 50 % de fertirrigação; T₄ – 25 % água residuária + 75 % de fertirrigação; T₅ – 100 % água residuária. ³ Média ponderada.

O potencial fertilizante e nutricional dos efluentes tratados demonstrou a possibilidade de sua aplicação em atividades produtivas com economia de insumos (adubo), como afirmam Bastos et al. (1999). Em T₄, possivelmente pelo acréscimo de 75 % de N e K₂O, houve melhor produção (14,6 flores por planta), o que representa um total de 44,4 flores por planta ao ano. Os rendimentos da gérbera variam com a idade das cultivares (média de 18 flores planta⁻¹, no 1º ano; 25 flores planta⁻¹, no 2º ano e 24 flores planta⁻¹, no 3º ano) (INFOAGRO, 2007). As mudas desse estudo foram adquiridas com um ano e meio de idade.

Papadopoulos e Stylianos (1991) concluíram que não foi necessária nenhuma concentração de P adicionada ao efluente para se obter alto rendimento e boa qualidade da semente do girassol. Além disso, o rendimento máximo da semente foi significativamente maior nos tratamentos com a irrigação de efluente complementada com até 30 mg L⁻¹ de N, sendo que, com a água potável, foi necessário cerca de 60 mg L⁻¹.

Mascarini et al. (2007), avaliando a produção de duas variedades de gérbera “Sangria” (SG) e “Sunway” (SW) (FloristMR), em resposta à irrigação com água de qualidade de melhor qualidade, observaram que o número de flores/m² colhidas em vasos foi significativamente maior que em canteiros, principalmente, durante dois meses de avaliação. As maiores médias ocorreram nos vasos de 10 L (23 flores/m²) e 4 L (20 flores/m²). A

variedade SG, em vaso de 4 L, produziu maior número de flores/m² (27), enquanto, no vaso de 10 L, produziu cerca de 24 flores/m². As variações nas variedades, substratos e locais de cultivo explicam as diferenças ocorridas entre os tratamentos, segundo os autores.

É relevante observar que T₂ que recebeu 75 % do volume com efluentes tratados apresentou o segundo maior número de flores por planta (11,06) em relação à T₄ (14,60), além de ter apresentado, nos dois períodos iniciais, melhor qualidade das flores, conforme o padrão IBRAFLOR (2000). Isto é de suma importância para a cadeia produtiva de flores, por ser um mercado extremamente exigente em termos de qualidade.

O menor número de flores de algumas plantas em relação à maioria também pode ser explicada pelo fato de determinadas mudas não serem tão vigorosas quanto às outras transplantadas, o que as prejudicou em termos de quantidade e qualidade (resistência e durabilidade), durante os quatro períodos. Em outros casos, foi verificado nas plantas ainda certo encurvamento da haste abaixo do capítulo floral, possivelmente, em virtude da carga genética das próprias plantas. Apesar disso, em termos gerais, o experimento apresentou-se bastante satisfatório, ao longo de sua condução, mostrando ser possível sob certas condições de manejo adequado, a irrigação com efluentes domésticos tratados na cultura na gérbera na região, nos períodos de temperaturas mais amenas.

Provavelmente, outros fatores que possam ainda ter contribuído para a menor produção, seria a compactação do substrato nos vasos, aliado ao aumento na temperatura deste substrato e da água aplicada, bem como a falta de um substrato orgânico que pudesse melhorar, assim, a aeração das plantas, que passava por estresse nos horários mais quentes do dia. Segundo Mota (2007), a temperatura do solo afeta o intervalo entre o aparecimento dos botões florais sucessivos, comprimento final da haste e a taxa de crescimento da haste durante os últimos estágios de crescimento.

4.7. Aparência e qualidade das plantas

A aparência e a qualidade das plantas foram monitoradas regularmente durante o ensaio, mostrando-se que houve especial atenção às deficiências minerais ou sintomas de toxicidade, os quais foram ausentes. A irrigação com água do efluente tratado apresentou efeitos sensíveis com relação ao desenvolvimento das folhas (número e tamanho) e flores (altura da haste, diâmetro do capítulo e diâmetro da haste). Todas as plantas avaliadas tiveram aparência similar entre os tratamentos, não apresentando manchas foliares; observou-se, no entanto, que durante os quatro períodos, ocorreram também outros problemas, em algumas

plantas, como deformidades nas pétalas, como ausência ou atrofia de algumas pétalas, ocasionada provavelmente por variações genéticas (Figura 44), segundo informa Severino (2007).

Em decorrência do excesso de calor, notadamente em setembro e outubro, observou-se ainda que a murcha nas flores provocava, em alguns casos, quebra de hastes, precocidade na abertura dos capítulos florais e nas hastes, ocasionando a perda da qualidade entre os tratamentos. De acordo com Bernstein et al. (2006), a qualidade, aparência das flores, desenvolvimento e produção das rosas não foram afetadas pela irrigação com esgotos tratados secundários durante um ano de aplicação, ressaltando-se que foram detectados apenas concentrações em excesso de boro e outros sais nas folhas das plantas.



Figura 44. Observações de possíveis variações genéticas: falta (A) e atrofia (B) de pétalas na flor.



Figura 46. Aparência geral das flores em julho (A), agosto (B), setembro (C) e outubro (D).

4.8. Desenvolvimento foliar da gérbera

Em julho, o T₁ apresentou diferença significativa pelo teste de SNK (Apêndice H) para TFJ (Tamanho da Folha Jovem) e TFA (Tamanho da Folha Adulta), respectivamente, 11,13 cm e 22,51 cm, em virtude da maior aplicação de nitrogênio neste tratamento.

No mês seguinte houve significância ao teste citado em T₂, com relação ao TP (Tamanho do Perfilho) (2,99 cm) e TFA (23,40 cm). A maior média para TFJ ocorreu em T₂ (11,37 cm), ao teste F (P < 5 %). Segundo INFOAGRO (2007), as folhas de gérbera oscilam seu tamanho conforme a estrutura e a cultivar, entre 20,0 e 25,5 cm. Nas Tabelas 18 e 19, observam-se o tamanho médio dos perfilhos, das folhas jovens e das folhas adultas, coletados durante o experimento.

Além dos fertilizantes naturais inseridos via efluentes, aplicou-se, na fertirrigação, a uréia, que contém a fração de N, importante para a fase inicial das culturas. De acordo com Malavolta (2006), a uréia CO(NH₂)₂ é absorvida tanto pelas raízes quanto pelas folhas, diretamente ou depois do seu desdobramento pela urease que forma o NH₃ e o CO₂. Os aminoácidos também são absorvidos pelas raízes e folhas. Os compostos nitrogenados são

mineralizados pelos microorganismos presentes no solo, porém, em função da dificuldade disponível de formas mais resistentes e que são consideradas maiores, apenas uma fração se torna à disposição para as plantas. Nesse processo, os microorganismos atuam, sobretudo, as bactérias, os fungos e os acinomicetos.

Tabela 18. Médias do tamanho do perfilho (TP), tamanho da folha jovem (TFJ) e tamanho da folha adulta (TFA) referentes a julho e agosto na avaliação de folhas. Teresina, PI, 2007.

Tratamento ³	Médias (cm) ^{1,2}					
	Julho			Agosto		
	TP	TFJ	TFA	TP	TFJ	TFA
1	2,16 (0,226)	11,13 a (0,312)	22,51 a (0,364)	1,95 c (0,154)	9,58 (0,557)	23,05 a (0,294)
2	2,22 (0,226)	9,69 b (0,312)	21,50 ab (0,364)	2,59 ab (0,154)	11,37 (0,557)	22,74 ab (0,294)
3	2,00 (0,226)	11,01 a (0,312)	21,60 ab (0,364)	2,99 a (0,154)	10,90 (0,557)	23,40 a (0,294)
4	2,12 (0,226)	10,61 ab (0,312)	20,85 b (0,364)	2,48 abc (0,154)	9,99 (0,557)	21,77 b (0,294)
5	2,01 (0,226)	9,99 ab (0,312)	22,14 ab (0,364)	2,07 bc (0,172)	9,75 (0,557)	22,28 ab (0,294)

¹Médias na vertical seguida pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK). ² Os números entre parênteses são os desvios-padrões da média. ³ T₁ – 100 % fertirrigação; T₂ – 75 % água residuária + 25 % de fertirrigação; T₃ – 50 % água residuária + 50 % de fertirrigação; T₄ – 25 % água residuária + 75 % de fertirrigação; T₅ – 100 % água residuária.

Houve diferença significativa pelo teste de SNK (Apêndice I), no mês de setembro, quanto ao TFJ (10,93 cm) para o tratamento 2, assim como, no TFA (23,49 cm) em T₁. Neste mesmo tratamento, observou-se maior média no TP (Tabela 19), ao teste F (P< 5 %). No período final do ensaio (outubro), verificou-se diferença significativa ao teste de SNK (Apêndice I), quanto ao TP (3,56 cm) e TFJ (11,08 cm), no tratamento 5, bem como, para o TFA (24,15 cm), em T₁ (Tabela 19 e Figura 38).

Tabela 19. Médias do tamanho do perfilho (TP), tamanho da folha jovem (TFJ) e tamanho da folha adulta (TFA) referentes a setembro e outubro na avaliação de folhas. Teresina, PI, 2007.

Tratamento ³	Médias (cm) ^{1,2}					
	Setembro			Outubro		
	TP	TFJ	TFA	TP	TFJ	TFA
1	2,81 (0,251)	9,19 b (0,385)	23,49 a (0,340)	3,17 b (0,118)	10,63 (0,266)	24,15 a (0,485)
2	2,67 (0,224)	10,05 ab (0,385)	22,77 ab (0,340)	3,05 b (0,118)	9,99 (0,266)	22,25 ab (0,485)
3	2,57 (0,224)	10,93 a (0,385)	23,13 a (0,340)	2,78 b (0,118)	10,88 (0,266)	23,03 a (0,485)
4	2,63 (0,251)	10,10 ab (0,385)	22,30 ab (0,340)	2,98 b (0,118)	10,66 (0,266)	22,43 ab (0,485)
5	2,38 (0,251)	10,80 a (0,385)	21,78 b (0,340)	3,56 a (0,118)	11,08 (0,266)	20,96 b (0,485)

¹Médias na vertical seguida pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK). ² Os números entre parênteses são os desvios-padrões da média. ³ T₁ – 100 % fertirrigação; T₂ – 75 % água residuária + 25 % de fertirrigação; T₃ – 50 % água residuária + 50 % de fertirrigação; T₄ – 25 % água residuária + 75 % de fertirrigação; T₅ – 100 % água residuária.

A Figura 46 mostra as variáveis referentes ao tamanho de perfilhos (TP), tamanho de folhas jovens (TFJ) e tamanho de folhas adultas (TFA) ao longo do ciclo.

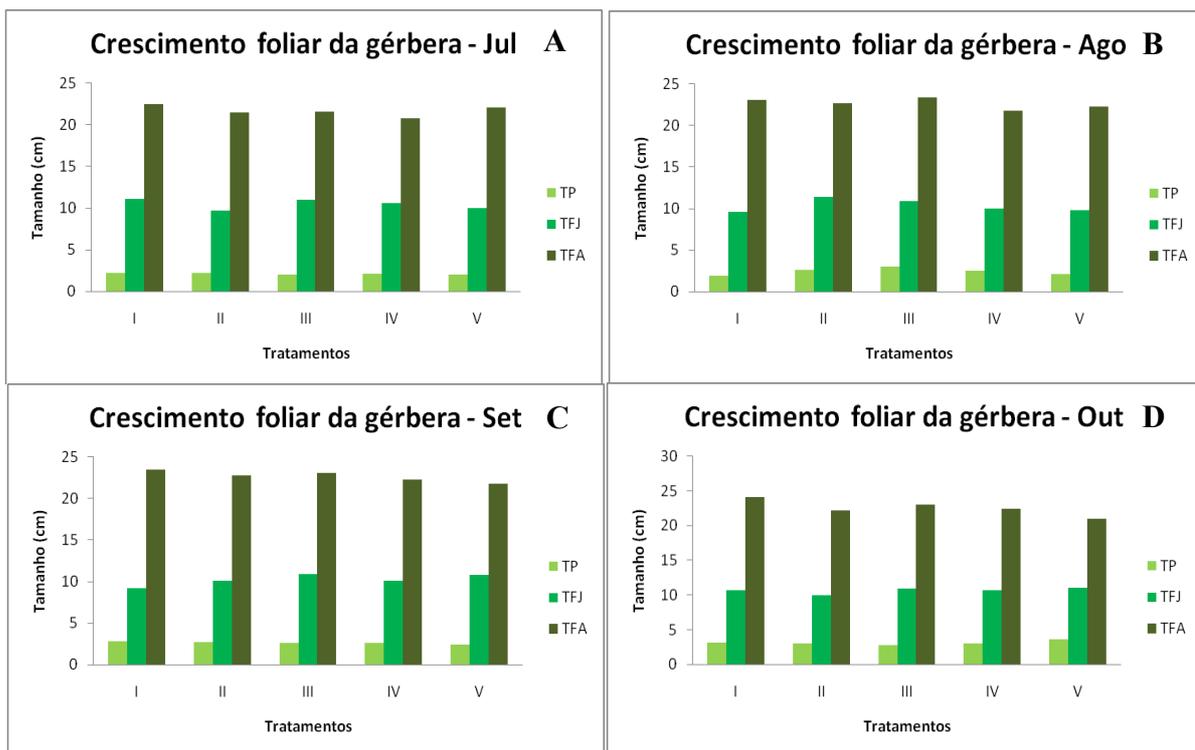


Figura 46. Média do tamanho de perfilho, folha jovem e folha adulta da gérbera em julho (A), agosto (B), setembro (C) e outubro (D). Teresina, PI, 2007.

O tamanho maior das folhas, possivelmente, se deve a maior absorção de nitrogênio (fertilizantes e efluentes) pelas plantas no início do ciclo. Essa aplicação promoveu maior crescimento das plantas, suprimindo a demanda inicial para a formação dos órgãos florais e de matéria seca. Em T₅, houve as menores médias em relação aos demais tratamentos ao longo do experimento (Tabelas 18 e 19), em razão das baixas concentrações de nutrientes disponíveis no efluente doméstico tratado, uma vez que não foi aplicado adubo como suplemento neste tratamento.

Na avaliação do desenvolvimento da gérbera, o tratamento 3 apresentou o Número Total de Folhas por Vaso (NTFV) mais elevado, ao término do ensaio com uma média de 20 folhas em outubro (Figura 48), e ao mesmo tempo, apresentou baixa produção de flores (Tabela 17). Em T₃, isso pode ter sido influenciado pelo desenvolvimento de mais folhas (perfilamento) (Figuras 47 e 48). Quanto maior o número de folhas na gérbera, menor a emissão de botões e, conseqüentemente, das flores para comercialização, uma vez que as reservas nutricionais estariam sendo transportadas nesse caso para manter as folhas, em vez, dos botões e hastes florais da gérbera (GUISELINI, 2002). As necessidades das culturas temporárias ao N são menores no início, aumentam e depois diminuem. A vegetação e o

perfilhamento das plantas quando associado ao N são responsáveis pela formação e o transporte de carboidratos e síntese de proteínas (MALAVOLTA, 2006).

Além disso, devido às menores concentrações de fósforo no efluente tratado, ocorrida em função da sua redução, durante o processo de tratamento do esgoto na ETE, fato este comprovado pela Tabela 10, no item 4.2.1, na qual pode ter influenciado a planta a entrar em senescência precoce e apresentado diminuição da vegetação. A fisiologia das flores produzidas sob águas residuárias tratadas na irrigação difere bastante daquela sob irrigação com água convencional. Os sais adicionais são conhecidos por induzir os genes, em geral, pelo etileno (ATTA ALY et al., 1998; FUJIMOTO et al., 2000) e a concentração elevada de B, que é tida como um fator na senescência da folha (RILEY, 1987, citado por BERNSTEIN et al., 2006), pode também estimular a senescência da flor de corte. Conseqüentemente, as flores de corte das plantas irrigadas com efluente tratado podem acelerar a senescência com mais rapidez do que o crescimento das flores das plantas irrigadas com água de melhor qualidade.



Figura 47. Aspecto geral dos tratamentos (T₁ a T₅) quanto ao tamanho e número de folhas.

Alvarado Dávila (2006) obteve na testemunha (100 % de biossólidos da ETE) 24 folhas na gérbera, com desenvolvimento foliar 60 % a mais que as plantas que receberam misturas (25 % de biossólido da ETE), as quais produziram 15 folhas. A testemunha ainda foi superior (118 %) em comparação às plantas semeadas na mistura (50 e 10 % desse composto), com média de 11 folhas, não resultando, em folhas e flores sadias para a comercialização, no cultivo realizado entre Nov/03 a Jan/04, em Porto Rico.

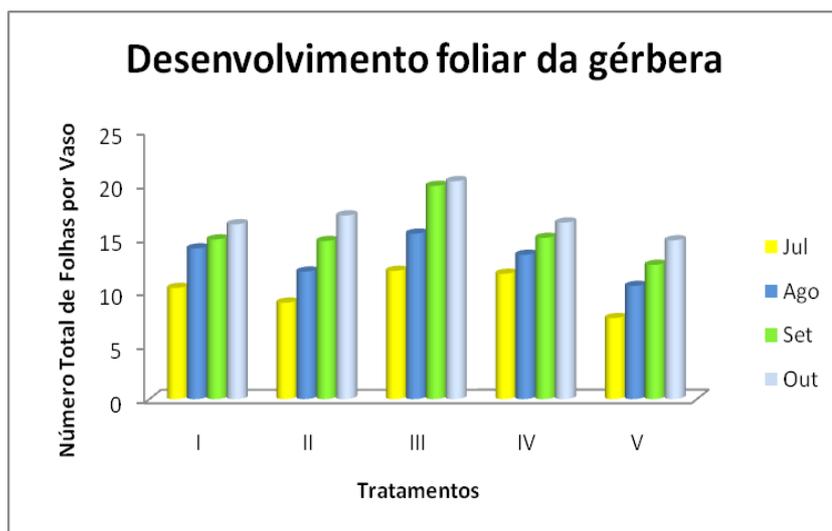


Figura 48. Média do número total de folhas por vaso, para cada tratamento, ao longo do desenvolvimento da gérbera. Teresina, PI, 2007.

Guiselini (2002) observou em três ambientes protegidos média de 12,93, 14,92 e 15,37 folhas por planta. Mota (2007) com a CE de 2,0 dS m⁻¹ obteve uma média de 21 folhas, enquanto Fanela et al. (2006), obtiveram 23 folhas, provavelmente, em razão da temperatura do ar ser maior, pois o número elevado de folhas infere na maior realização da fotossíntese, devido a maior área foliar.

Notou-se, ao longo dos períodos, oscilações nas médias quanto ao número de folhas, das plantas irrigadas com diferentes tratamentos de água residuária e fertilizantes químicos (Figura 48 e 49). A aplicação do tratamento 5 foi menor em relação aos demais, apesar de ter mantido um crescimento gradativo com o desenvolvimento da cultura. Provavelmente, os elementos essenciais, sobretudo, o nitrogênio contido no efluente doméstico tratado não tenha sido suficiente para o desenvolvimento de folhas. As folhas mais velhas são importantes, pois possuem maiores teores de reservas nutricionais (fonte) que irão suprir as partes mais novas (dreno) da planta, por meio da captação de energia realizada através da fotossíntese e dos nutrientes no solo pelo sistema radicular.

4.9. Macro e micronutrientes nas folhas da gérbera

Verifica-se na Tabela 20, todos os teores foliares de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Zn, Cu, Mn e Fe) avaliados na gérbera para os cinco tratamentos. Dentre estes elementos, notou-se que os resultados das avaliações realizadas para esses teores, não apresentaram diferença significativa pelo teste SNK nos tratamentos entre os tratamentos à base de efluente tratado com e sem adubo mineral (Apêndices J e L). Em razão da pouca disponibilidade de literatura específica acerca da avaliação de macro e micronutrientes em gérbera, optou-se por comparar numa maior precisão os dados deste ensaio aos de Mota (2007), que realizou estudo em gérbera com as cultivares Cherry e Salmon Rose.

Observa-se que a menor média para o N foi obtida com 100 % de fertirrigação, com apenas 21 g kg⁻¹, enquanto, o maior teor de N foi obtido no tratamento 4, com uma média de 23,5 g kg⁻¹, em base de matéria seca (Tabela 20). Mota (2007) observou aumento do teor de N nas maiores soluções aplicadas de CE na gérbera, em que o N variou de 14 a 27 g kg⁻¹, no ponto de comercialização.

Tabela 20. Teores de micro e macronutrientes nas folhas de gérberas, ao término do experimento. Teresina, PI, 2007.

Parâmetros	Tratamentos*				
	1	2	3	4	5
Micronutrientes	mg. kg ⁻¹				
Ferro, Fe	269,14	263,86	225,44	264,88	210,03
Cobre, Cu	4,98	1,72	3,20	1,69	2,64
Manganês, Mn	151,72	119,02	70,80	182,13	190,95
Zinco, Zn	36,22	37,51	31,08	40,33	37,77
Macronutrientes	g. kg ⁻¹				
Nitrogênio, N	21,01	21,72	21,64	23,54	22,32
Fósforo, P	2,72	2,84	3,48	2,54	1,95
Potássio, K	34,26	39,11	30,91	40,70	40,23
Cálcio, Ca	10,92	11,18	11,08	13,10	11,50
Magnésio, Mg	7,47	7,25	8,11	9,60	7,60

* Médias de vinte e cinco parcelas, cada uma composta por duas folhas de 50 plantas

Segundo Feigin et al. (1981), citado por Azevedo et al. (2007), a absorção de N em folhas do milho irrigado com águas residuárias domésticas tratadas oriundas de sistemas de lagoas de estabilização, evidenciaram que não houve efeitos pela qualidade da água de irrigação, mas a disponibilidade do N no efluente foi um pouco menor que a fertilização nitrogenada incorporada ao solo, em virtude das perdas por volatilização uma vez que, mediante a irrigação com efluente, os nutrientes são deixados na superfície do solo.

Feigin et al. (1991) verificaram que a quantidade de nitrogênio adicionado via irrigação com efluente oriundo de tratamento secundário foi superior a $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e resultou em um aumento da concentração desse elemento nas folhas das plantas do algodão.

Os níveis de K encontrados nas folhas da gérbera fertirrigada com efluentes tratados com e sem adubo mineral foram similares, sobretudo, em T₂, T₄ e T₅, respectivamente, 39,10, 40,70 e 40,23 g kg^{-1} , enquanto as demais médias foram inferiores (Tabela 20), não tendo, contudo, sido observadas injúrias foliares na planta. Mesmo que ocorra aumento no teor de K disponível mediante a disposição de águas residuárias ao solo, a quantidade deste nutriente exigida pelas plantas é tão elevada que dificilmente apenas a irrigação com efluente poderia suprir adequadamente as plantas (FEIGIN et al., 1991). Mota (2007) obteve, nas duas cultivares de gérbera, que receberam diferentes soluções nutritivas de CE (0,5 a 6,5 dS m^{-1}), uma variação de 32 a 46 g kg^{-1} , mostrando que os resultados deste ensaio estão dentro dos teores considerados pela literatura.

O Mg apresentou concentrações semelhantes entre os tratamentos (Tabela 20), porém, uma maior média foi obtida em T₄ (9,60 g kg^{-1}), enquanto a menor em T₂ com 7,25 g kg^{-1} , bem superiores ao obtido por Mota (2007), que constatou variações de 2 a 3,9 g kg^{-1} . As exigências minerais da cultura mostram que o Mg é mais abundante nos tecidos mais novos, através do floema, principalmente, quando a planta está em crescimento nos órgãos reprodutores, como as flores. Age contrariamente ao Ca, que acumula suas reservas nas partes mais velhas da planta com baixa mobilidade no floema (MALAVOLTA, 2006). O Mg é muito importante para a clorofila e a falta ou sua deficiência poderia ocasionar efeitos diferentes, tais com um amarelamento das extremidades das folhas, enquanto os veios permanecem verdes. As folhas parecem mais grossas e quebradiças enquanto as folhas mais jovens mostram sinais de pontos necróticos (SEVERINO, 2007).

Verificou-se semelhanças com médias de 1,95 a 3,48 g kg^{-1} nas concentrações foliares de P entre os tratamentos (Tabela 20). Muitos dados de aumento na absorção de nutrientes estão relacionados ao fato do fertilizante químico ter sido a maior fonte fornecedora de nutrientes no solo, causando uma melhoria nas suas qualidades físicas, químicas e biológicas, bem como, atuando diretamente sobre a nutrição mineral das culturas, e sendo o elemento mais importante para o desenvolvimento do sistema radicular (SALLES, 1998).

Já o elemento Ca teve o mesmo comportamento do elemento anterior, porém, sendo neste caso alcançada a maior média em T₄ com 13,1 g kg^{-1} , inferindo que, apesar de os efluentes se constituírem de elevadas substâncias orgânicas e inorgânicas, não se observou efeitos significativos entre os nutrientes absorvidos pela cultura. Diversas pesquisas em que se

utilizam uma fonte extra com adubação orgânica, mesmo verificando aumentos significativos de determinados macronutrientes nas plantas analisadas, recomendam que se utilize, além desta fonte orgânica de nutrientes, uma segunda fonte mineral com a intenção de suplementar as necessidades das plantas (SALLES, 1998), fato este obtido com as aplicações de fertilizantes nos tratamentos de 1 a 4. Mota (2007) verificou que o Ca aumentou sua concentração na gerbera, conforme o aumento gradual das aplicações de soluções de CE.

A composição mineral nas folhas do girassol e celósia, irrigados com água potável, mostrou que a celósia acumulou mais Mg e P que o girassol. Só em alguns dos demais minerais houve diferenças significantes entre plantas cultivadas com água potável e efluentes (FRIEDMAN et al., 2007).

Em estudos conduzidos por Bernstein et al. (2006), os índices dos macroelementos nos tecidos da folha da roseira não foram afetados pela irrigação com efluente tratado secundário em relação ao tratamento irrigado com água potável.

Quanto aos micronutrientes, observa-se que o Cu apresentou concentrações similares aos de Mota (2007), apenas para os tratamentos 1, 3 e 5, respectivamente, 4,9, 3,1 e 2,6 mg kg⁻¹, enquanto nos demais tratamentos os resultados foram inferiores ao da autora (Tabela 20). O Mn oscilou de 70,80 a 190,95 mg kg⁻¹, faixa na qual a menor concentração foi observada em T₃, enquanto a média mais elevada em T₅. Mota (2007) encontrou a maior concentração de Mn (111 mg kg⁻¹) com a maior solução de CE (6,5 dS m⁻¹). O conteúdo de Mn também foi maior nas folhas da celósia irrigada com efluentes do que nos girassóis (FRIEDMAN et al., 2007).

Quanto ao Fe, houve oscilação nas médias de 210 a 269 mg kg⁻¹, com o menor valor em T₅, enquanto Mota (2007) constatou valor reduzido (129 mg kg⁻¹), com a maior aplicação da solução nutritiva (6,5 dS m⁻¹). Baixos níveis de Fe foram encontrados em plantas de girassol cultivadas na irrigação com efluentes em relação à água potável (FRIEDMAN et al., 2007). Uma deficiência de ferro faz com que as folhas mais jovens tornem-se amareladas, enquanto os veios permanecem verdes. Em casos graves, a região entre os veios fica com uma coloração branca / amarelada. A falta de absorção de ferro pela planta frequentemente coincide com altos níveis de pH ao redor das raízes (SEVERINO, 2007).

As concentrações de Zn variaram de 31,08 a 40,33, sendo em geral, superiores aos obtidos por Mota (2007), que constatou médias de 20 a 33 mg kg⁻¹, em uma cultivar, e 27 a 34 mg kg⁻¹, na outra, destacando-se nesta última ainda um valor de 41 mg kg⁻¹ (solução com 6,5 dS m⁻¹). Cerqueira (2006), utilizando efluentes tratados na irrigação de helicônia, observou que não houve diferença significativa, com relação a Zn, Fe, Mn e Cu na cultura irrigada com

efluentes tratados. No entanto, os níveis de Fe superaram os da água de riacho, enquanto as concentrações de Zn não atenderam a necessidade da cultura. A carência de zinco acarreta diminuição de tamanho das folhas novas, além do estreitamento e alongamento das mesmas (MALAVOLTA, 2006), sintomas estes não observados na gérbera.

De maneira geral, observa na Tabela 20, que em T₄ houve maior absorção pela gérbera, do micronutriente, Zn (40,33 mg kg⁻¹) e dos macronutrientes, N, K, Ca e Mg, respectivamente, 23,54, 40,70, 13,10 e 9,60 g kg⁻¹. É importante notar que esse tratamento foi o que apresentou maior média no número total de flores, durante o cultivo, conforme o item 4.6. Número de Flores Colhidas. Vasquez-Montiel et al. (1996) evidenciou que a irrigação com água residuária tratada disponibilizou aumento na absorção de nitrogênio e fósforo, em plantas, como o milho e, conseqüentemente, sua produtividade.

De maneira geral, se o efluente tratado for pobre em elementos essenciais, para que sua disposição no solo seja sustentável, torna-se imprescindível uma complementação mineral para manter adequadas a absorção de nutrientes e a produtividade de diversas culturas, inclusive, a gérbera.

A diminuição ou aumento na absorção de alguns elementos neste ensaio, provavelmente, decorreu das oscilações na qualidade do efluente aplicado no solo, que variava tanto durante as coletas mensais, quanto pelo tempo de duração no reservatório (30 dias), somando-se a isso, o efeito da aplicação dos fertilizantes (uréia e K₂O) durante as fertirrigações (Tabela 12). Uma outra hipótese em relação ao aumento de elementos como o Fe e Cu em T₁ e Zn (T₄) (Tabela 20), se deve ao fato de que as mudas foram adquiridas adultas (um ano e meio) e, possivelmente, já apresentariam estes elementos em seu conteúdo foliar.

Os resultados, em geral, permitem inferir que os micronutrientes examinados, após a irrigação com água residuária tratada com e sem suplementação mineral, foram bem aceitos pelas propriedades funcionais das plantas, uma vez que as plantas apresentaram aspecto sadio, (exceção aos períodos mais quentes, setembro e outubro), assim como foram observados em culturas ornamentais por diversos autores, segundo Bernstein et al. (2006). Sob condições similares de variedade, solo e clima, o conteúdo dos nutrientes encontrados nas plantas está determinado por fatores bióticos e abióticos, como temperatura, umidade relativa, luminosidade, genótipo, concentração de nutrientes no solo, cultivar e manejo da cultura (FRIEDMAN et al., 2007).

5. CONCLUSÕES

1. A qualidade da água residuária coletada na ETE para fins de irrigação apresentou, em geral, grau de restrição de uso ligeira e moderada, não sendo verificadas alterações morfofisiológicas na cultura da gérbera;
2. As condições térmicas desconfortáveis no ambiente protegido, entre setembro e outubro, prejudicaram o desenvolvimento e a qualidade da gérbera irrigada com efluentes domésticos tratados e fertilizantes;
3. A aplicação de 75 % de efluentes domésticos tratados, complementado a 25 % de fertilizantes, favoreceu a melhor qualidade (extra) das flores por vaso, segundo o padrão IBRAFLOR, enquanto, com a inserção de 75 % de fertilizantes, associada a 25 % de efluentes tratados, resultou no maior número de flores por vaso, ao longo do experimento, entre julho e agosto;
4. Houve efeito significativo com a aplicação do efluente doméstico tratado com e sem suplementação mineral sobre os atributos químicos do solo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. O uso de águas residuárias municipais tratadas na irrigação em diversas colheitas tem sido um desafio durante os últimos quinze anos. A substituição de água de melhor qualidade na irrigação por outra inferior pode ser de grande valor nas regiões de maior escassez hídrica. Além disso, o aumento do volume de águas residuárias aplicada, via irrigação, resultaria no aumento do armazenamento de nitrogênio e água no perfil do solo;
2. Há evidências de que a irrigação com águas residuárias tratadas apresente resultados melhores ou semelhantes, em termos de rendimento da cultura em comparação a uma água de melhor qualidade, na irrigação de várias culturas, inclusive, gérberras cultivadas em ambiente protegido;
3. O papel dos nutrientes proporcionados pela aplicação do efluente tratado poderia resultar na diminuição da utilização de adubos químicos pelo agricultor, além disso, a prevenção contra a poluição e uso eficiente da irrigação com estas águas pode ser alcançada com sistemas de microirrigação;
4. A aplicação de efluentes tratados é apontada como uma solução, especialmente, na agricultura e irrigação paisagística, englobando, áreas de recreação, parques e plantas ornamentais;
5. No estudo de viabilidade econômica do reúso, devem-se incluir os custos pela opção de não poluir (política pública / evitar poluição e as enfermidades); bem como, a implantação de um trabalho de educação ambiental para reduzir o consumo de água (simples ato de fechar uma torneira ou diminuir o tempo no chuveiro / evitando o desperdício).

REFERÊNCIAS

AIELLO, R.; CIRELLI, L. G.; CONSOLI, S. Effects of reclaimed wastewater irrigation on soil and tomato fruits: a case study in Sicily (Italy). **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 93, n. 1/2, p. 65-72, Oct. 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T3X-4PCH49C-3/2/02af0b3181219a5a950b3b2de554d8d4>. Acesso em: 15 out. 2007.

ALVARADO DÁVILA, B. J. **Análisis económico de medio orgánico como alternativa a las mezclas comerciales utilizando turba para la producción de plantas ornamentales en tiestos**. 2006. 118 f. Tesis (Maestro en Ciencias en Economía Agrícola) - Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Disponível em: <http://grad.uprm.edu/tesis/alvaradodavila.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2007.

ANDRADE NETO, C. O. de; MELO, H. N. S.; ABUJAMRA, R. C. P. Utilização de água residuária tratada em sistemas hidropônicos. In: WORKSHOP USO E REÚSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR, 2005, Campina Grande. **Uso e reúso de águas: realidades e perspectivas: anais**. Campina Grande: UFCG: UEPB, 2005. Cap. 8. 1 CD-ROM.

ANGELAKIS, A. N. et al. The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean Basin: need for guidelines. **Water Research**, Halliowford, v. 33, n. 10, p. 2201–2217, 1999.

ANTONOPOULOS, V. Z. Nitrogen uptake and leaching during irrigation with treated municipal wastewater in corn fields. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY ERMOLPOLIS, 7., 2001, Syros island. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], Sep. 2001. p. 6-13.

ASANO, T. et al. **Water reuse: issues, technologies, and applications**. Wakefield: Metcalf & Eddy: AECOM Press: McGraw Hill, 2007. 1570 p.

ATTA ALY, M. A.; SALTVEIT, M. A.; EL BELTAGY, A. S. Saline growing conditions induce ripening of a non-ripening mutants nor and rin tomato fruits but not of Nr fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 13, n. 3, p. 225–234, 1998.

AZEVEDO, M. R. de Q. et al. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife. v. 2, n. 1, p. 63-68, jan.-mar., 2007.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29, revisado 1).

BACKES, F. A. A. L. et al. Cultivo hidropônico de lisianto para flor de corte em sistema de fluxo laminar de nutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 11, p. 1561-1566, nov. 2007.

BAHRI, A.; BRISSAUD, F. **Setting up microbiological water reuse guidelines for the Mediterranean.** 2003. 8 p. Disponível em:

http://213.186.164.75/portal/documents/key_documents/wastewater_reuse_treatment/Setting_Up_Microbiological_Water_Reuse_Guidelines_For_The_Mediterranean.pdf. Acesso em: 10 maio 2007.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de. **Dados agrometeorológicas para o município de Teresina, PI (1980-1999).** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 25 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 47).

BASTOS, R. K. X. Fertirrigação com águas residuárias. In: FOLEGATTI, M. V. (coord.). **Fertirrigação: cítrus, flores, hortaliças.** Guaíba: Agropecuária, 1999. 279 p.

BAZZA, M. **Wastewater reuse in the Near East Region: experience and issues.** In: IWA REGIONAL SYMPOSIUM ON WATER RECYCLING IN THE MEDITERRANEAN REGION, 2002, IRAKLIO. [Proceedings...]. London: International Water Association, 2002. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/007/ae528e/ae528e00.htm>. Acesso em: 20 maio 2007.

BECKMANN, M. Z. et al. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 86-92. jan./fev. 2006.

BERNSTEIN, N. et al. Application of treated wastewater for cultivation of roses (*Rosa hybrida*) in soil-less culture. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 108, p. 185–193, 2006. Disponível em: www.elsevier.com/locate/scihorti. Acesso em: 15 out. 2007.

BLUM, D.; FEACHEM, R. G. **Health aspects of nightsoil and sludge use in agriculture and aquaculture. Part III: An epidemiological perspective.** Duebendorf: International Reference Centre for Waste Disposal, 1985. (IRCWD Report, 5).

BLUM, J. R. C. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Ed.). **Reúso de água.** São Paulo: Manole, 2003. p. 339-401.

BLUMENTHAL, U. J. et al. **Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revision based on new research evidence.** Leicestershire: Water and Environmental Health at London and Loughborough, Loughborough University, UK, 2000. (WELL Study. Task, 68, Part 1). Disponível em: <http://www.lboro.ac.uk/well/resources/well-studies/full-reports-pdf/task0068i.pdf>. Acesso em: 10 maio 2007.

BOUERI, M. A.; LUNARDI, D. M. C. Avaliação de elementos agrometeorológicos no cultivo do cravo-de-defunto (*Tagetes* sp.) em ambiente protegido e a campo. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 3, p. 45-54, 2006.

BRAINER, M. S. C. P.; OLIVEIRA, A. A. P. **Perfil da floricultura no nordeste brasileiro**. Fortaleza: BNB-ETENE, 2007. 20 p. (Série Documentos do ETENE, v. 17). Disponível em: <http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/ETENE/Artigos/docs/floricultura.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2007.

CASARINI, E.; FOLEGATTI, M. V.; ARTIGIANI, V.H. Fertirrigação em rosas. In: BOARETTO, A. E.; VILLAS BOAS, R. L.; SOUZA, V. F.; VIDAL, I. R. (Org.). **Fertirrigação: teoria e prática**. 1. ed. Piracicaba: CENA/USP, 2006. v. 1, p. 370-389. 1 CD-ROM.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation systems. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 15, p. 1529-1534, 2007. Disponível em: www.elsevier.com/locate/jclepro. Acesso em: 15 out. 2007.

CARR, R. M.; BLUMENTHAL, V. J.; MARA, D. D. Guidelines for the safe use of wastewater in agriculture: revisiting WHO guidelines. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 50, n. 2, p. 31-38, 2004.

CERQUEIRA, L. L. **Aplicação de efluente de estação de tratamento de esgoto doméstico na irrigação de plantas ornamentais**. 2006. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) - Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

CLARO, D. P.; SANTOS, A. C. dos.; ALENCAR, E. O complexo agroindustrial das flores do Brasil e suas peculiaridades. **Revista de Administração da UFLA**. Lavras, v. 1, n. 2, p. 17-30, 1999.

DARWISH, M. R. et al. Economic-environmental approach for optimum wastewater utilization in irrigation: a case study in Lebanon. **Applied Engineering in Agriculture** St. Joseph, v. 15, n. 1, p. 41-48, 1999.

DUARTE, A. S. **Reúso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 2006. 187 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

EMONGOR, V. E.; RAMOLEMANA, G. M. Treated sewage effluent (water) potential to be used for horticultural production in Botswana. **Physics and Chemistry of the Earth**,

Amsterdam, v. 29, n. 15/18, p. 1101-1108, 2004. Disponível em: www.elsevier.com/locate/pce. Acesso em: 15 out. 2007.

FARIAS, J. R.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 17-22, 1994.

FATTA, D.; ANAYOTOU, S. MEDAWARE project for wastewater reuse in the Mediterranean countries: an innovative compact biological wastewater treatment system for promoting wastewater reclamation in Cyprus. **Desalination**, Amsterdam, v. 211, n. 1/3, p. 34-47, 2007. Disponível em: www.elsevier.com/locate/desal. Acesso em: 15 out. 2007.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluents - management for environmental protection**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224 p. (Advanced Series in Agricultural Sciences 17).

FERNANDES, A. L. T.; FOLEGATTI, M. V.; PEREIRA, A. R. Avaliação de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura do crisântemo (*Chrysanthemum spp.*) cultivado em estufa plástica. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 139-149, abr./jun. 2006

FERNÁNDEZ, S. et al. Radiometric characteristics of *Triticum aestivum* cv. Astral under water and nitrogen stress. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 15, n. 9, p. 1867-1884, 1994.

FONSECA, S. P. P. et al. Avaliação do valor nutritivo e contaminação fecal do capim coastcross cultivado nas faixas de tratamento de esgoto doméstico pelo método do escoamento superficial. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n. 3, p. 293-301, set. 2001.

FRIEDMAN, H. et al. Application of secondary-treated effluents for cultivation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and celosia (*Celosia argentea* L.) as cut flowers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 115, n. 1, p. 62-69, 2007. Disponível em: www.elsevier.com/locate/scihorti. Acesso em: 27 fev. 2008.

FUJIMOTO, S. Y. et al. Arabidopsis ethylene-responsive element binding factors act as transcriptional activators or repressors of GCC box-mediated gene expression. **Plant Cell Reports**, v.12, p. 393-404, 2000.

GOMES, A. R. M. et al. Estimativa da evapotranspiração e coeficiente de cultivo da *Heliconia psittacorum* L x *H. spathocircinata* (Arist) cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p.13-18, 2006.

GUERRA ÁLVAREZ, Y. et al. **Fertilización nitrogenada en el cultivo de la gerbera (*Gerbera jamesonii*)**. Disponível em: <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion>

%20Nitrogenada%20en%20el%20Cultivo%20de%20la%20Gerbera.asp. Acesso em: 4 maio 2007.

GUISELINI, C. **Microclima na produção de gérbera em ambiente protegido com diferentes tipos de cobertura**. 2002. 53 f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

HAMDY, A. Agricultural water demand management: a must for water saving. In: **ADVANCED SHORT COURSE ON WATER SAVING AND INCREASING WATER PRODUCTIVITY: CHALLENGES AND OPTIONS**, 2001, Amman. **Proceedings...** Amman, Jordan: University of Jordan, Faculty of Agriculture, 2001. p. b18.1 - b18.30.

HAMDY, A.; TRISORIO-LIUZZI, G. (Ed.). **Water management for drought mitigation in the Mediterranean**. Bari: CIHEAM-IAMB, 2004. 328 p. (Options Méditerranéennes : Série B. Séminaires Méditerranéens, n.47).

HERPIN, V. et al. Chemical effects on the soil-plant system in a secondary treated wasted irrigated coffee plantation – a pilot field study in Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 89. p. 105-115, 2007. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/agwat>. Acesso em: 15 out. 2007.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Ed.). **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 37-95.

HUSSAIN I. et al. **Wastewater use in agriculture**: review of impacts and methodological issues in valuing impacts. Colombo: IWMI, 2002. 55 p. (IWMI Working Paper, 37),

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. **Padrão IBRAFLOR de qualidade**. Campinas, 2000. 87 p.

INFOAGRO. **El cultivo de la gerbera**. Disponível em: <<http://www.infoagro.com/flores/flores/gerbera.htm>>. Acesso em: 12 abr. 2007.

JANOSOVA, B. et al. Drivers for wastewater reuse: regional analysis in the Czech Republic. **Desalination**, Amsterdam, v. 187, n. 1/3, p. 103-114, 2006. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/desal>. Acesso em: 15 out. 2007.

JIMENEZ, B. Helminth ova removal from wastewater for agriculture and aquaculture reuse. **Water Science & Technology**, Oxford, v. 55, n.1/2, p.485–493, 2007.

KIYUNA, I.; ÂNGELO, J. A.; COELHO, P. J. Flores: desempenho do comércio exterior no primeiro semestre de 2007. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 2, n. 8, ago. 2007.

KIYUNA, I.; ÂNGELO, J. A.; COELHO, P. J. Floricultura: desempenho do comércio exterior em 2007. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 3, n. 1, jan. 2008. 5p.

LAGES, V. et al. Colheita, pós-colheita e embalagens de flores tropicais em Pernambuco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 3, p. 699-702, 2005.

LARANJEIRA, E. G. **Modelo computacional para supervisão e controle de casas de vegetação**. 2005. 105 f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambientação) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

LEITE, C. A. Ambiente protegido. In: BOARETTO, A. E.; VILLAS BOAS, R. L.; SOUZA, V. F.; VIDAL, I. R. (Org.). **Fertirrigação: teoria e prática**. 1. ed. Piracicaba: CENA/USP, 2006. v. 1, p.106-133. 1 CD-ROM.

LIMA, I. M. M. F. et al. A cidade que queremos: diagnósticos e cenários: meio ambiente. In: PIAUÍ. Prefeitura Municipal de Teresina. **Teresina agenda 2015: plano de desenvolvimento sustentável**. Teresina, 2002.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARQUES, J. A. et al. Estudo da variabilidade genética entre indivíduos de populações de *Heliconia bihai* e *Heliconia rostrata*. In: ENCONTRO DO TALENTO ESTUDANTIL DA EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA, 9., 2004, Brasília, DF. **Anais: resumos dos trabalhos**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. 95 p.

MARTINS, S. R.; GONZALEZ, J. F. Evapotranspiração e respostas fisiológicas do feijão-vagem cultivado em substrato em estufa com sistema de ventilação/calefação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 31-37, 1995.

MASCARINI, L.; LORENZO G.; MARINI, E. **Tamaño de contenedor y tipo de sustrato afectan el rendimiento y la calidad de dos variedades de gerbera en el primer ciclo de producción**. Disponível em: www.inta.gov.ar/esquel/info/documentos/agricola/jornadasfloricultura/36gerberasustratos.pdf Acesso em: 24 out. 2007.

MEDEIROS-LEITÃO, S. A. **Bases para a estruturação das atividades de reúso de água o Brasil: estágio atual**. Disponível em: <http://www.ica.org.uy/p2-17-pon10.htm>. Acesso em: 5 abr. 2007.

MEDEIROS, S. de S. et al. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérberras: efeitos nos componentes de produção. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 569-578, maio/ago. 2007.

MELO FILHO, H. F.; JACOMINE, P. K. T. **Levantamento detalhado dos solos da área da UEPAE-Teresina-Piauí**. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1980. 154 p. (Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico, 69).

METCALF & EDDY, INC. Wastewater engineering; treatment and reuse. 4. ed. Boston: McGraw-Hill, 2003. 1.819 p. (McGraw-Hill series in civil and environment engineering) Revised by: George Tchobanoglous, Franklin L. Burton and H. David Stensel.

MOE, R.; KRISTOFFERSEN, T. The effect of temperature and light on growth and flowering of Rosa ‘Baccara’ in greenhouse. **Acta Horticulturae**, The Hague. v. 1, n. 14, p. 157-166, 1969.

MONTEIRO, C. A. B. **Caracterização do esgotamento sanitário de Teresina: Eficiência, Restrições e Aspectos condicionantes**. 2004. 215 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

MOTA, P. R. D. **Aplicação via fertirrigação de soluções com diferentes condutividades elétricas para produção de gébera (*Gerbera jamesonii* L.) sob ambiente protegido**. 2007. 96 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MUTENGU, S.; HOKO, Z.; MAKONI, F. S. An assessment of the public health hazard of wastewater reuse for crop production: a case of Bulawayo city, Zimbabwe. **Physics and chemistry of the Earth**, Amsterdam, v. 32, n. 15/18, p. 1195–1203, 2007. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/pce>. Acesso em: 15 out. 2007.

NOGUEIRA, A. R. de A.; SOUZA, G. B. de (Ed.). **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 334 p.

OLIVEIRA, S. C.; SPERLING, M. V. Análise da confiabilidade de estações de tratamento de esgotos. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12 n. 4, p. 389-398, 2007.

PANDORFI, C. G. **Microclima na produção de gébera em ambiente protegido com diferentes tipos de cobertura**. 2006. 96 f. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PANORAS, A. et al. **Corn irrigation with reclaimed municipal wastewater**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 7., Ermoupolis, [Proceedings...]. Global Network for Environmental

Science and Technology, 2001. Disponível em: <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=4397>. p. 699-706, 2001. Acesso em: 10 jan. 2008.

PAPADOPOULOS, I. et al. Optimization of irrigation with treated wastewater on flower cultivations. In: WORKSHOP [ABOUT] NON-CONVENTIONAL WATER USE, 2004, Cairo. **Programme and contributions**: Third Session: Treated Waste Water and Water Saving in Irrigation Sector. Disponível em: http://wasamed.iamb.it/allegati_int/18/cyprus1.pdf. Acesso em: 02 fev. 2007.

PAPADOPOULOS, I.; STYLIANOU, Y. Trickle irrigation of sunflower with municipal wastewater. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 19, n. 1, p. 67-75, Jan. 1991.

PARASKEVAS, P. A.; PANORAS, G.; GIOKAS, D. L. **Evaluation of the quality of treated wastewater of eastern suburban area of Thessalonica for irrigation reuse**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 9., 2005, Rhodes Island. [Proceedings...]. Global Network for Environmental Science and Technology, 2005. Disponível em: <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=6766>. Acesso em: 10 jan. 2008.

PEITER, M. X. et al. Consumo de água e produção de flor de fortuna CV. Gold Jewel sob diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 1. p. 83-91, jan./mar., 2007.

PEREIRA, J. R. D. et al. Consumo de água pela cultura do crisântemo cultivada em ambiente protegido. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 651-659, 2005.

PESCOD, M. B. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Roma: FAO, 1992. (FAO irrigation and drainage paper, 47).

PIRES, R. C. de M.; ARRUDA, F. B. **Manejo de irrigação**. In: I SIMPÓSIO DE CITRICULTURA IRRIGADA. 1., 2003. Bebedouro, 2003. Palestras... Bebedouro: GTACC, 2003. Disponível em: http://www.gtacc.com.br/simposio/I_simposio/palestras/manejo_irrigacao_2.pdf >. Acesso em: 27 out. 2007.

PIVELI, R. P.; MENDONÇA, F. C.; CARMELLO, Q. A. Uso de efluentes de lagoas de estabilização para produção de flores em sistema de hidroponia em Vasos. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2003, Joinville/SC. XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Rio de Janeiro/RJ: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003.

POLLICE, A. et al. Tertiary filtered municipal wastewater as alternative water source agriculture: a field investigation in Southern Italy. **Science of Total Environment**,

Amsterdam, v. 324. n. 1/3, p. 201-210, 2004. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/scitotenv>. Acesso em: 15 out. 2007.

PORTAL FATOR BRASIL. Agronegócios. **Potencial brasileiro faz com que produtores de flores e plantas invistam no mercado interno.** set. 2007. Disponível em: http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=18455. Acesso em: 26 mar. 2008.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido.** Disponível em: [HTTP://WWW.IAC.SP.GOV.BR/TECNOLOGIAS/MANEJO_CULTIVO_PROTEGIDO/MANEJO_CULTIVO_PROTEGIDO.HTM](http://WWW.IAC.SP.GOV.BR/TECNOLOGIAS/MANEJO_CULTIVO_PROTEGIDO/MANEJO_CULTIVO_PROTEGIDO.HTM). Acesso em: 14 mar. 2007.

RAIJ, B. Van. **Avaliação da fertilidade do solo.** 3. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 142 p.

RUTKOWSKI, T.; RASHID-SALLY, L.; BUECHLER, S. Wastewater irrigation in the developing world-two case studies from the Kathmandu Valley in Nepal. **Agricultural water management**, Amsterdam, v. 88. n. 1/3 p. 83-91, 2007. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/agwat>. Acesso em: 15 out. 2007.

SAFI, M. I. et al. **Unconventional water for cut flower production. I: Rose (*Rosa hybrida*).** In: International water demand management conference. Jordan, 2004, [Proceedings...]. Water Authority. 2004.

SAKELLARIOU-MAKRANTONAKI, M. et al. **Irrigation of ornamental shrubs with treated municipal wastewater.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 8., Lemnos Island, 2003. [Proceedings...]. Global Network for Environmental Science and Technology, 2003.

SAKELLARIOU-MAKRANTONAKI, M.; TZAVELA, E.; VYRLAS, P. Water conservation by irrigating with municipal liquid wastes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 9., 2005, Rhodes Island. [Proceedings...]. Global Network for Environmental Science and Technology, 2005.

SALLES, R. F. de M. **Concentração de nutrientes nas folhas e metais pesados nos frutos de macieira (*Malus domestica* Borkh.) em função da aplicação de lodo de esgotos.** 1998. 74 f. Curitiba: UFPR. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná.

SANDRI, D.; MATSURA, E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 17-29, 2007.

SANTOS, M. B. H. et al. Salinidade de um solo, irrigado com água residuária e adubado com biossólido. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 27, n. 1, p. 30-36, 2006.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide, version 6**. Cary, 1989. v. 1, 943 p.

SEBRAE-PI. **Floricultura tropical em debate**. (18/11/05). Disponível em: <http://sebraepi.interjornal.com.br/noticia.kmf?noticia=3879593&canal=250>. Acesso em: 23 mar. 2008.

SEVELIUS, N.; HYTTINEN T.; SOMERSALO, S. Selection of rose cultivars for low light greenhouse production by photosynthetic feature. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1, n. 547, p. 159-166, 2001. Disponível em: <http://www.actahort.org/members/showpdf?session=25279>. Acesso em: 10 jan. 2008.

SEVERINO, C. A. de M. **Cultivo de gérberras de corte e potes *Gerbera jamesonii***. Salvador: RETEC/BA, 2007. 28 p. Disponível em: <http://sbrtv1.ibict.br/upload/dossies/sbrt-dossie89.pdf?PHPSESSID=6aa56910df57f5c60f1bee9de0deef0>. Acesso em: 10 set. 2007.

SHIN, H. K.; HEINRICH LIETH, J.; KIM, SOO-HYUNG. Effects of temperature on leaf area and flower size in rose. Rose Research. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 547, p.185-191, 2001. Disponível em: <http://www.actahort.org/members/showpdf?session=24883>. Acesso em 16 fev. 2008.

SILVA, D. J. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 1998. 165 p.

SMORIGO, J. N. Os sistemas de distribuição de flores e plantas ornamentais: uma aplicação da economia dos custos de transação. In: II WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DE SISTEMAS AGROALIMENTARES, 1999, Ribeirão Preto. **Anais...Ribeirão Preto: PENSA/FEA/USP, 1999.**

SOUSA, J. W. de. et al. Alterações da temperatura e umidade relativa do ar em ambiente protegido com cobertura de polietileno difusor de luz. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 1-9, 2002.

SOUZA, S. B. S. **Irrigação por infiltração com efluente de lagoa anaeróbia em solo cultivado com milho (*Zea mays* L.)**. 2004. 202 f. Campinas: UNICAMP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

TEERI, T. H. et al. Reproductive meristem fates in *Gerbera*. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 57, n. 13, p. 3445–3455, 2006.

TSUTIYA, M. T. Uso agrícola dos efluentes das lagoas de Estabilização do estado de São Paulo. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...ABES: João Pessoa, 2001.**

TOZE, S. Reuse of effluent water-benefits and risks. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 80. n. 1/3, p. 147-159, 2006. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/agwat>. Acesso em: 15 out. 2007.

USEPA - United States Environmental Protection Agency; U.S. Army Corps of Engineers; U.S. Department of Interior; U.S. Department of Agriculture. Process design manual for land treatment of municipal wastewater. Cincinnati: EPA, 1981.

VASQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N. J.; MARA, D. D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. **Water Science & Technology**, Oxford, v.33, n.10-11, p.355-362, 1996.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for the use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture**: measures for public health protection (Executive Summary). Rome: WHO Technical Reporting Service, 1989. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/wastreusexecsum.pdf. Acesso em: 12 fev. 2007.

WATER CORPORATION. **What is wastewater?** Perth, July 2000a. 4 p. (Bulletin, 1). Disponível em: http://www.watercorporation.com.au/_files/PublicationsRegister/7/What_is_wastewater.pdf. Acesso em: 23 out. 2007.

WATER CORPORATION. **Treated wastewater re-use?** Perth, July 2000b. 4 p. (Bulletin, 2). Disponível em: http://www.watercorporation.com.au/_files/PublicationsRegister/7/Treated_wastewater_reuse.pdf. Acesso em: 23 out. 2007.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 400 p.

APÊNDICE A - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente à fertilidade do solo, após o término do experimento.

F.V.	G.L.	Quadrado médio				
		Fertilidade do Solo				
		MO	pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Tratamento	4	10,0255 ^{ns}	1,5131**	0,0236**	1,5168**	0,4423**
Resíduo	20	6,5579	0,0195	0,0007	0,0288	0,0100
C.V. (%)		11,60	2,74	11,38	6,84	9,66

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade.

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE B - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente à fertilidade do solo, após o término do experimento.

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		Fertilidade do Solo			
		Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	S
Tratamento	4	0,1200 ^{ns}	0,0218**	2,9980**	3,0252**
Resíduo	20	0,0187	0,0000	0,0650	0,0583
C.V. (%)		46,04	26,30	15,63	5,96

** : significativo ao nível 1% de probabilidade.

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE C - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente à fertilidade do solo, após o término do experimento.

F.V.	G.L.	Quadrado médio		
		Fertilidade do Solo		
		V	M	CTC
Tratamento	4	994,8189**	20,6710**	0,4171**
Resíduo	20	9,8154	0,0336	0,5611
C.V. (%)		4,40	11,48	13,15

** : significativo ao nível 1% de probabilidade.

APÊNDICE D - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente a julho e agosto na avaliação da altura da haste na colheita (AHC), diâmetro da haste na colheita (DHC) e diâmetro do capítulo na colheita (DCC).

F.V.	G.L.	Quadrado médio					
		Julho			Agosto		
		AHC	DHC	DCC	AHC	DHC	DCC
Tratamento	4	37,3216**	0,00044 ^{ns}	0,5665 ^{ns}	10,7592*	0,00057**	0,0544 ^{ns}
Resíduo	20	4,3051	0,00038	0,2920	2,5047	0,00010	0,1559
C.V. (%)		4,99	3,71	4,85	3,93	1,86	3,39

*, **: significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE E - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente a setembro e outubro na avaliação da altura da haste na colheita (AHC), diâmetro da haste na colheita (DHC) e diâmetro do capítulo na colheita (DCC).

F.V.	G.L.	Quadrado médio					
		Setembro			Outubro		
		AHC	DHC	DCC	AHC	DHC	DCC
Tratamento	4	19,6690 ^{ns}	0,00063 ^{ns}	0,0577 ^{ns}	6,0662 ^{ns}	0,00020 ^{ns}	0,2054 ^{ns}
Resíduo	20	9,3455	0,00043	0,1465	2,2712	0,00068	0,1131
C.V. (%)		8,96	3,80	3,38	4,97	4,79	3,12

*, **: significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE F - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente ao número de flores colhidas ($\sqrt{\text{NFC}}$) de forma mensal.

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		$\sqrt{\text{NFC}}$			
		Jul	Ago	Set	Out
Tratamento	4	0,0827 ^{ns}	0,2985 ^{ns}	0,1436 ^{ns}	0,1140 ^{ns}
Resíduo	20	0,0637	0,1261	0,0575	0,2122
C.V. (%)		20,02	17,45	12,80	31,65

*, **: significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE G - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente ao número total de flores colhidas ($\sqrt{\text{NTFC}}$) de forma geral.

F.V.	G.L.	Quadrados médios	
		$\sqrt{\text{NTFC}}$	
Tratamento	4	0,6472 ^{ns}	
Resíduo	20	0,5455	
C.V. (%)	-	23,10	

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade

APÊNDICE H - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente a julho e agosto na avaliação do tamanho do perfilho (TP), tamanho de folhas jovens (TFJ) e tamanho de folhas adultas (TFA).

F.V.	G.L.	Quadrado médio					
		Julho			Agosto		
		TP	TFJ	TFA	TP	TFJ	TFA
Tratamento	4	0,0446 ^{ns}	1,9829*	2,0407*	0,8372**	3,0253 ^{ns}	2,0536**
Resíduo	20	0,2555	0,4882	0,6619	0,1186	1,5491	0,4334
C.V. (%)		24,06	6,66	3,74	14,17	12,06	2,91

*, **: significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE I - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente a setembro e outubro na avaliação do tamanho do perfilho (TP), tamanho de folhas jovens (TFJ) e tamanho de folhas adultas (TFA).

F.V.	G.L.	Quadrado médio					
		Setembro			Outubro		
		TP	TFJ	TFA	TP	TFJ	TFA
Tratamento	4	0,0989 ^{ns}	2,4089*	2,2831*	0,4254**	0,8434 ^{ns}	6,7845**
Resíduo	20	0,2525	0,7398	0,5760	0,0698	0,3550	1,1782
C.V. (%)		19,22	8,42	3,34	8,49	5,60	4,81

*, **: significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE J - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente aos macronutrientes nas folhas, após o término do experimento.

F.V.	G.L.	Quadrado médio				
		Macronutrientes				
		Mg	K	P	Ca	N
Tratamento	4	2,9168 ^{ns}	81,1945 ^{ns}	1,4882 ^{ns}	2,5676 ^{ns}	3,1186 ^{ns}
Resíduo	20	4,6108	82,7954	1,005	7,4846	9,0040
C.V. (%)		27,13	24,76	36,91	23,88	13,66

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE L - Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente aos micronutrientes nas folhas, após o término do experimento.

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		Micronutrientes			
		Cu	Zn	Mn	Fe
Tratamento	4	7,0166 ^{ns}	50,3839 ^{ns}	11138,4363 ^{ns}	3220,8539 ^{ns}
Resíduo	20	4,5802	116,6995	10685,6726	4587,1878
C.V. (%)		73,59	29,84	73,88	27,87

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.