

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PAULO EDUARDO FERREIRA MENDES

**ÁGUA DE REÚSO EM RABANETE (*Raphanus sativus* L.): implicações agronômicas e
sanitárias**

Araras

2014

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

PAULO EDUARDO FERREIRA MENDES

ÁGUA DE REÚSO EM RABANETE (*Raphanus sativus* L.): implicações agronômicas e sanitárias

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA), da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) como requisito para a obtenção do título de **Mestre em Agricultura e Ambiente.**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza

Araras

2014

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

M538et

Mendes, Paulo Eduardo Ferreira.

Água de reúso em rabanete (*Raphanus sativus L.*) :
implicações agronômicas e sanitárias / Paulo Eduardo
Ferreira Mendes. -- São Carlos : UFSCar, 2014.
58 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2014.

1. Agricultura. 2. Tratamento de efluentes. 3. Águas
residuais como fertilizantes. 4. Irrigação por gotejamento. 5.
Aspectos sanitários. I. Título.

CDD: 630 (20^a)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE

PAULO EDUARDO FERREIRA MENDES

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
E AMBIENTE, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM *06 de
fevereiro de 2014.*

BANCA EXAMINADORA:



PROF. DR. CLAUDINEI FONSECA SOUZA

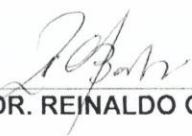
ORIENTADOR

UFSCar



DRA. REGINA CÉLIA DE MATOS PIRES

IAC



PROF. DR. REINALDO GASPAR BASTOS

UFSCar

DESTINADA A DEDICAÇÃO

A Deus, por nos fortalecer

em todos os momentos.

Aos meus pais Walter e

Clédina (*in memoriam*),

pelos ensinamentos, pelo amor, por tudo.

DEDICO

Aos meus irmãos, parentes e amigos

pelo carinho, união e força,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a DEUS, pela vida, saúde, por todas as oportunidades que me fizeram acreditar em minha força interior e por permitir mais este degrau na minha formação;

Ao Prof. Dr. Claudinei F. Souza, pelo conhecimento transmitido, incentivo e competência no desenvolvimento deste trabalho e, acima de tudo, pela confiança e oportunidade concedidas;

Ao Grupo de Estudos em Engenharia de Água, Solo e Ambiente (EASA) da UFSCar, os meus sinceros agradecimentos e gratidão;

Aos Profs. Dr. Fernando Sala e Reinaldo Bastos pelas sugestões e esclarecimentos ao longo do trabalho;

Aos colegas pós-graduandos - Alexandre; Luiz Felipe; Ana; Elisângela; Jacqueline; e Larissa, pela amizade, companheirismo e pelos bons momentos que passamos juntos durante o período do mestrado;

À Universidade Federal de São Carlos e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente pela oportunidade de realização do curso de mestrado e realização pessoal;

Aos amigos da República Zona Rural, Araras, SP, indistintamente, pelo companheirismo, convivência e pelos bons momentos;

À CAPES, pela concessão da bolsa de Mestrado e suporte financeiro, sem a qual não seria possível o desenvolvimento da pesquisa;

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte deste trabalho e da concretização deste sonho.

Obrigado!

ÁGUA DE REÚSO EM RABANETE (*Raphanus sativus* L.): implicações agronômicas e sanitárias

RESUMO

Devido à crescente escassez de fontes hídricas para irrigação, a água de reúso tratada (AR) tem-se tornado cada vez mais interessante por sua composição em nutrientes, viabilidade agronômica e sanitária. Nesse sentido, esta pesquisa avaliou em ambiente protegido a influência da irrigação por gotejamento superficial no estado nutricional e produção do rabanete (*Raphanus sativus* L.) cv. Crimson Giant submetido a duas fontes de água, assim como as alterações nos atributos químicos do solo e o risco de contaminação sanitária de rabanete e do solo. O experimento foi conduzido no CCA/UFSCar, Araras/SP, adotando-se delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos: água de abastecimento (AB) e água de reúso tratada (AR). Amostras de solo e rabanete foram submetidas a análises sanitárias. Os resultados permitiram concluir que a AR por gotejamento não comprometeu o estado nutricional, a produção do rabanete e elevou a disponibilidade de macronutrientes. Porém, a razão de adsorção de sódio (RAS) e a percentagem de sódio trocável (PST) do solo se elevaram, embora sem risco de salinização e sodificação. Além disso, o rabanete mostrou-se fora dos padrões sanitários, indicados pela contaminação por coliformes totais e *E. coli*, impossibilitando a comercialização e consumo *in natura*. Considerando-se os resultados obtidos, sugere-se a adoção de medidas que visem à melhoria da eficiência do tratamento da AR e propicie a qualidade higiênico-sanitária do rabanete. Os resultados demonstraram a viabilidade do efluente, como fonte de nutrientes, substituindo ou diminuindo as adubações com fertilizante e reduzindo os custos de produção.

Palavras-chave: Efluente Tratado, *Raphanus sativus* L., Fertilidade, Gotejamento, Aspectos Sanitários.

WATER REUSE IN RADISH (*Raphanus sativus* L.): sanitary and agronomics implications.**ABSTRACT**

Due to increasingly irrigation water source scarcity, treated wastewater (TWW) is becoming a more attractive by nutrients source, showing sanitary and agronomics feasibility. In this way, this research evaluated, in a greenhouse conditions influence of superficial drip irrigation on radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Crimson Giant production and nutritional status, as well as, soil chemical attributes changes; and, soil and radish sanitary contamination risk submitted to two water sources. The experiment was carried out at CCA/UFSCar, Araras, SP and a completely randomized design was adopted, with two treatments [AB- potable water (PW) and AR- treated wastewater (TWW)]. Soil and radish sample were submitted to sanitary analyses. The results showed that drip TWW didn't commit radish nutritional, production and increased macronutrients availability. However, soil sodium adsorption ratio (SAR) and exchangeable sodium percentage (ESP) increased by TWW application, but without salinization and sodification risk. Furthermore, radish showed out of sanitary conditions, indicated by the *E. coli* and total coliformis contamination, impossible its commercialization and *in natura* consumption. Considering the obtained results, suggest take appropriate action to improve the TWW treatment efficiency and promote radish sanitary conditions. The obtained results demonstrated the wastewater reuse feasibility as a source of nutrients to radish, substituting or reducing the application of commercial fertilizers and reducing the cost production.

Keywords: Treated effluent, *Raphanus sativus* L., Fertility, Drip irrigation, Sanitary aspects.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ambiente protegido, CCA/UFSCar, Araras, SP, 2013.....	10
Figura 2. Representação gráfica de parcelas experimentais.....	12
Figura 3. <i>Layout</i> da ETE CCA/UFSCar	13
Figura 4. Valores de temperatura (interna), no transcorrer do 1º ciclo.....	18
Figura 5. Valores de umidade relativa do ar (interna) no transcorrer do 1º ciclo.....	19
Figura 6. Comparação dos rabanetes (AR e AB).....	30

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1- Resultado da análise textural inicial do solo.....	12
Tabela 2 - Análise química do solo, comparado com a literatura.....	20
Tabela 3 - Teores de Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , H+Al e Al no solo, comparado com a literatura.....	21
Tabela 4 - Teores de SB, CTC, V% e S no solo, comparado com a literatura.....	22
Tabela 5 - Teores de micronutrientes no solo, comparado com a literatura.....	23
Tabela 6 - Teores de Na ⁺ , PST e RAS do solo ao longo do experimento.....	24
Tabela 7 - Teores de CE _{es} do solo ao fim do ciclo 2 (C2).....	26
Tabela 8 - Classificação dos solos conforme a salinidade.....	26
Tabela 9 - Granulometria do solo na implantação do experimento.....	27
Tabela 10 - Granulometria do solo ao fim do ciclo 2 (C2).....	27
Tabela 11 - Teores nutricionais foliares encontrados, comparado à faixa recomendada.....	29
Tabela 12 - Valores de micronutrientes encontrados, comparado à faixa recomendada.....	29
Tabela 13. Produção de raiz.....	30
Tabela 14. Caracterização química da AB e da AR, comparado com a legislação vigente.....	31
Tabela 15. Valores permitidos para água de classe 2 (CETESB - Decreto nº 8.468/76).....	32
Tabela 16. Perfil microbiológico de rabanete e solo, nos diferentes tratamentos.....	34

ABREVIATURAS

AB = Água de abastecimento

ADA = Argila dispersa em água

AF = Areia fina

AG = Areia grossa

AT = Areia total

AF = Área foliar

AR = Água de reúso tratada

% ARG = Argila dispersa em dispersante

ANVISA = Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CC = Capacidade de campo

CTC = Capacidade de troca de cátions

CE_{ES} = Condutividade elétrica do extrato saturado do solo

CETESB = Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

DAS = Dias após a semeadura

DBO = Demanda bioquímica de oxigênio

DQO = Demanda química de oxigênio

ETAR = Estação de tratamento de águas residuárias

ETE = Estação de tratamento de esgotos

FDR = *Frequency Domain Reflectometry*

LABMAC = Laboratório de Microbiologia Aplicada e Controle

MOS = Matéria Orgânica do Solo

NMP = Número mais provável

OMS = Organização mundial de saúde

PST = Porcentagem de sódio trocável

RAS = Razão de Adsorção de Sódio

SDT = Sólidos Dissolvidos Totais

UFC = Unidades formadoras de colônias

V = Saturação por Bases

WHO = *World Health Organization*

ϑ = Umidade volumétrica do solo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. A cultura do rabanete (<i>Raphanus sativus</i> L.).....	4
3.2. Rabanete e água de reúso.....	4
3.3. Água de reúso tratada.....	5
3.4. Aspectos legais do reúso agrícola.....	7
3.5. Aplicação de AR em hortaliças e no solo.....	8
4. MATERIAL E MÉTODOS	10
4.1. Localização e caracterização do local	10
4.2. Caracterização do solo.....	10
4.3. Descrição do experimento e delineamento.....	11
4.4. Descrição da ETE.....	12
4.5. Sistema de irrigação.....	13
4.5.1. Monitoramento e manejo da irrigação.....	14
4.5.2. Dose e parcelamento dos nutrientes na fertirrigação.....	15
4.6. Caracterização da AR e da AB.....	15
4.7. Características avaliadas.....	16
4.7.1. Atributos químicos do solo.....	16
4.7.2. Atributos físicos do solo.....	16
4.7.3. Estado nutricional do rabanete.....	16
4.7.4. Produção de raiz.....	16
4.7.5. Análise e enquadramento legal da AR sob o aspecto agrícola.....	17
4.7.6. Análises microbiológicas de rabanete e solo.....	17
4.7.7. Análise estatística de dados.....	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5.1. Clima	18
5.2. Química do solo.....	19
5.3. Análise física do solo	24

5.4. Estado nutricional do rabanete.....	29
5.5. Produção de raiz.....	30
5.6. Caracterização química da água de reúso.....	31
5.7. Análise sanitária do solo e do rabanete.....	34
6. CONCLUSÕES.....	36
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

O solo, em um sistema produtivo racional, deve ser apto no suprimento dos nutrientes requeridos pelas plantas em doses e momento adequados. Aliado aos nutrientes, a água via irrigação é o recurso que atua como solvente, disponibilizando os minerais à planta.

Estudos revelam ser a agricultura a atividade que demanda maior consumo de água sendo utilizado, aproximadamente, 80% do recurso hídrico na prática da irrigação (KHURANA & SINGH, 2012) e BASTOS et al., (2003). A redução e/ou escassez de fontes hídricas de qualidade, tem levado países e centros de pesquisa a repensar o emprego de águas de qualidade inferior na agricultura. Cita-se, ainda, a alta produção de esgotos, a urbanização, a expansão agrícola, a industrialização e o desenvolvimento socioeconômico (RIBEIRO et al., 2013) como fatores propulsores do reúso agrícola da água no Brasil e no exterior.

O emprego de água de reúso tratada (AR) na agricultura é útil no controle da poluição ambiental, além de disponibilizar água e nutrientes para as culturas, mostra-se prática mundialmente consolidada, se considerado o panorama sanitário.

Oliveira et al., (2013), avaliando a produção de moranga irrigada com AR, observaram diferença significativa de produtividade sob efluente tratado, além de não comprometer as características físico-químicas dos frutos e, sobretudo, a qualidade sanitária dos mesmos.

BAKSH & HASSAN (2005), concluíram que o rabanete (*Raphanus sativus* L.) irrigado com AR requereu menos uso de adubos químicos e custo de aplicação dos mesmos, em comparação a outras fontes de irrigação.

No Brasil, o cultivo do rabanete é pequeno. Os relatos de pesquisas avaliando a irrigação do mesmo com AR em condições de ambiente protegido e edafo-climáticas locais sobre efeitos agronômicos e, sobretudo, sanitários, também são escassos.

Observa-se a necessidade a realização de estudos para quantificar os possíveis efeitos, motivando, portanto, a seleção da cultura para este trabalho. Um dos efeitos agronômicos seria no solo. O solo funciona como um filtro natural que, auxiliado pela atividade de plantas e micro-organismos, atua como depurador do efluente mediante a interceptação dos sólidos em suspensão, remoção de nutrientes, além da oxidação do material orgânico promovido por bactérias, que se estabelecem no colo das plantas e no próprio solo (MATOS e SEDIYAMA, 1995).

Por um lado, a AR é fonte de nutrientes, matéria orgânica e água, por outro lado, a produção de hortaliças irrigadas com efluente sem padrões técnicos pode elevar os riscos de contaminação por agentes patogênicos.

Porém, sabendo-se da capacidade depuradora do solo e de sua eficiência na remoção de patógenos nas camadas superficiais e subterrâneas, surge o seguinte questionamento: será que a irrigação por gotejamento superficial e o cultivo de rabanete, cuja parte comestível tem contato direto com o solo e com AR, são capazes de minimizar a contaminação sanitária?

Nesse sentido, esse trabalho buscou avaliar a composição nutricional e a produção do rabanete (*Raphanus sativus* L.) cv. Crimson Giant; as alterações nos atributos químicos do solo; e, o risco de contaminação sanitária do rabanete irrigado com AR comparada à irrigação convencional.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade agronômica e sanitária da aplicação de AR, proveniente da estação de tratamento de esgoto (ETE) do *Campus* da UFSCar em Araras/SP, sobre a qualidade agronômica e sanitária de rabanete (*Raphanus sativus* L.).

2.2 Objetivos específicos

- caracterizar e comparar o potencial do efluente em fornecer nutrientes ao rabanete (*Raphanus sativus* L.), comparada à irrigação convencional;

- avaliar as alterações nos atributos físicos e químicos do solo;

- avaliar a qualidade microbiológica do rabanete irrigado com AR.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.)

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma hortaliça-raiz originada de múltiplas espécies selvagens e cuja importância econômica é sugerida há mais de 4000 anos (YAMAGISHI & TERACHI, 2003).

O rabanete, pertencente ao gênero *Raphanus* e à família *Brassicaceae*, originou-se, provavelmente, entre o Oeste da Ásia e o Sul da Europa.

A produção mundial do rabanete é estimada em sete milhões de toneladas por ano, sendo o Japão um dos grandes produtores (ITO & HORIE, 2008). No Brasil, a produção é de, aproximadamente, 10.489 t, sendo cultivada em 7.353 propriedades agrícolas, cujas áreas variam de 2 a 5 ha. A produtividade varia de 15-30 t.ha⁻¹ (IBGE, 2006).

A cultura caracteriza-se pelo sistema radicular do tipo pivotante, com poucas ramificações laterais, pelo porte reduzido, produção de raízes carnudas, em formato globular, ovóide ou alongado, com coloração escarlate-brilhante e polpa branca, nas cultivares de maior aceitação (FILGUEIRA, 2003).

O rabanete é rico em vitaminas C e B6, ácido fólico, potássio, tem grande quantidade de fibras alimentares, considerável atividade antioxidante e isotiocianatos, e possui um teor de calorías considerado baixo (CAMARGO et al., 2007).

Agronomicamente, o rabanete apresenta relativa exigência quanto à fertilidade do solo. LEITE, (1976) recomenda que ao mesmo seja adicionado adubo orgânico, que favorecem o desenvolvimento e produção da cultura.

A produtividade é afetada por fatores, tais como variações nas condições de temperatura e umidade do solo durante o desenvolvimento das plantas (LEITE, 1976), que favorece a perda de qualidade das raízes.

Quanto ao tipo de solo, o rabanete produz melhor em solos leves, de textura areno-argilosos e friáveis. Solos muito argilosos deformam as raízes, mas as cultivares com raízes de formato globular têm maior tolerância a esses tipos de solos, devido ao estabelecimento superficial, quando comparado com cultivar alongado (FILGUEIRA, 2003).

3.2 Rabanete e água de reúso

O emprego de AR na agricultura, útil no controle da poluição ambiental, depende de fatores inerentes ao solo, à cultura a ser explorada, aos aspectos sanitários e ao ambiente e seu

emprego em hortaliças deverá ser cuidadoso e conforme os aspectos legais (BASTOS et al., 2003).

Dependendo da eficiência do sistema de tratamento utilizado, o cultivo e consumo de rabanete irrigado com AR poderá ser fonte de contaminação sanitária de produtor e consumidor.

As hortaliças folhosas e aquelas em que, a exemplo do rabanete, a parte comestível cresce rente ao solo, oferecem maiores condições para retenção e sobrevivência dos organismos depositados (ROLIM & TORRES, 1992).

É sabido, ainda, que nas hortaliças, apesar dos micro-organismos patogênicos sobreviverem por um menor período de tempo na sua superfície do que no solo e na água, podem depositar-se em copas, fendas, hastes e talos que venham a protegê-lo da dessecação, da irradiação solar e da alta temperatura, propiciando a sobrevivência (PAGANINI, 2003).

Sabendo-se que as bactérias do grupo coliformes indicam a possibilidade de contaminação de um alimento por bactérias patogênicas, recomenda-se sempre proceder à análise microbiológica de parâmetros sanitários (coliformes totais, termotolerantes e *E. coli*) na raiz do rabanete.

Considerando eventuais pesquisas com AR em rabanete, porém, percebe-se que o mesmo reúne características desejáveis, a saber: ciclo curto; intensa absorção de nutrientes; sensibilidade às variações nas condições de plantio (OLIVEIRA et al., 2001b); e, produtividade.

De modo geral, a AR poderá causar desbalanço nutricional, por conter alto teor de sais dissolvidos, elementos como os metais pesados e outros. Nesse aspecto, o rabanete enquadra-se como uma das culturas com menor tolerância aos sais (RICHARDS, 1954), apresentando moderada sensibilidade a essa característica (FAO, 1992). Além disso, possui semi-tolerância ao sódio trocável e moderada resistência (FAO, 1992) ao boro ($1,0-2,0 \text{ mg.L}^{-1}$). BAKHSH (2002) verificou que AR com desbalanço de nutrientes comprometeu o estágio de maturação do rabanete, reduzindo substancialmente a produção.

3.3 Água de reúso tratada

Atualmente, tem-se observado a necessidade de alternativas sustentáveis que visem o manejo racional dos recursos hídricos, cada vez mais comprometidos por atividades dos setores urbanos, industriais e agrícolas, falta de saneamento básico, uso irracional do solo e demais atividades antrópicas.

Com efeito, apesar de só 48% dos domicílios brasileiros contar com coleta de esgoto e 38% do esgoto gerado receber algum tipo de tratamento (TRATA BRASIL, 2013), tem-se verificado, sensíveis progressos na área de saneamento básico. A construção e ativação de estações de tratamento de águas residuárias (ETAR's) é um exemplo.

A finalidade das ETAR's está na redução da carga poluente do esgoto e a separação dos sólidos grosseiros da solução, a fim de desaguar nos mananciais o mínimo de contaminantes e nutrientes.

É sabido, ainda, que a maioria das ETAR's não contempla a disposição desse material, notoriamente rico em nutrientes, em área agrícola, alternativa mais adequada sob os aspectos agronômicos e econômicos.

A resolução CONARH nº 54, de 28 de novembro de 2005 (BRASIL, 2005a), define água de reúso como sendo a:

“água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas”.

Baseado em critério técnico, esse material pode ser empregado na agricultura proporcionando inúmeros benefícios. Como exemplo desses benefícios, Lucena et al., (2007) em experimento conduzido em Neossolo Quartzarênico estudaram o efeito de AR e de água potável sobre fertilidade do solo e concluíram que a AR pode ser empregado na irrigação de espécies florestais. Outro aspecto importante constatado na pesquisa é que, comparado com a água potável, a irrigação com AR aumentou os teores de P e matéria orgânica do solo (MOS); aumento do conteúdo de sódio, da percentagem de sódio trocável e, conseqüentemente do pH do solo; e, ao aumento da soma de bases trocáveis e da capacidade de troca de cátions do solo.

Quanto à AR, têm-se alguns tratamentos de depuração aos quais são submetidos, além de possuírem origens variadas, que vêm sendo aplicadas na agricultura, ou seja, para cada atividade econômica há a geração de resíduos com características químicas peculiares.

Como exemplos, pode-se citar: água residuária de suinocultura (WENDT et al., 1999); água residuária de mandioca – *Manihot esculenta* Crantz (SANTOS et al., 2010a); e outros.

Além desses exemplos, teríamos: água residuária de fecularia (CAMPOS et al., 2006); água residuária de bovinocultura (ERTHAL et al., 2010); água residuária de laticínios (MATOS et al., 2010); água residuária de avicultura (SOUZA et al., 2005); e outros efluentes.

Uma série de aspectos intrínsecos determina a aplicação agrícola da AR, sendo um deles o fato de que a sua origem está diretamente relacionada à composição química da mesma.

Evidencia-se isso em experimento de Neilsen et al. (1989a e 1989b), quando aplicaram efluente secundário com irrigação por gotejamento, durante 4 anos, nas culturas de tomate

(*Solanum* spp.), pimenta do Reino (*Piper* spp.), cebola (*Allium* spp.), pepino (*Cucumis sativus* L.), feijão (*Phaseolus* spp.) e melão (*Cucumis* spp.), onde constatou-se baixa variação do cálcio e magnésio e grande de sódio, enquanto o fósforo apresentou elevação, provavelmente devido à presença de derivados de detergentes nos efluentes utilizados.

3.4 Aspectos legais do reúso agrícola

Quando se trata da legislação inerente ao uso agrícola da AR, sabe-se que, com o passar dos anos e os constantes avanços no campo da microbiologia, vários estudos foram idealizados para se obter índices aceitáveis de uso.

Historicamente, em 1865 foi publicado na Inglaterra o “*First Royal Commission*”, o qual regulamentava a utilização de dejetos na agricultura (SANTOS, 2010 b).

De acordo com Araújo et al. (2000), os primeiros padrões adotados para irrigação de AR foram estabelecidos no estado da Califórnia em 1918, os quais, dentre outras normas, proibia o uso de efluentes brutos e de tanques sépticos para a irrigação de vegetais ingeridos crus.

Entre as razões para isso é que a Califórnia tem um dos padrões mais rigorosos do mundo: 2,2 coliformes 100 mL⁻¹ para culturas consumidas cruas (LÉON & CAVALLINI, 1999).

Em 1973, a OMS (Organização Mundial do Comércio) produziu a publicação “*Reuse of effluents: Methods of wastewater treatment and public health safeguards*”, onde se fornecia orientações sobre o modo de proteger a saúde pública e os meios de facilitar a utilização racional das águas residuais e excretas na agricultura (SANTOS, 2010 b).

Posteriormente, profunda revisão de estudos epidemiológicos e de novas informações levou à publicação de segunda edição deste documento em 1989: “*Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquiculture*”

Em 1985, após a publicação do relatório de Engelberg, a OMS passou a recomendar um padrão de qualidade bacteriológica de 10³ coliformes fecais 100 mL⁻¹ para irrigação sem restrições.

Desde a publicação dos critérios da OMS, diversos estudos permitiram o respaldo dos padrões estabelecidos.

Os critérios estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 1989) determinam que, para o reúso agrícola de AR, valores limites de 1 (um) ovo de helminto L⁻¹ (irrigação restrita) e 10³ coliformes termotolerantes 100 mL⁻¹ (irrigação irrestrita).

No Brasil, os aspectos legais que normatizam o reúso agrícola mostram-se ainda tímidos e recentes, mas promissores, podendo-se citar: a Instrução Técnica nº 32/2006 (CETESB, 2006), que orienta a apresentação de projetos visando reúso agrícola de AR de origem

doméstica no estado de São Paulo; a resolução CONERH nº. 75/10 (BRASIL, 2010), que determina procedimentos disciplinadores do reúso agrícola e/ou florestal direto não potável no Estado da Bahia; e, a resolução do CONAMA nº 20/86 (BRASIL, 1986), estabelece que, para a irrigação de hortaliças consumidas cruas e de plantas frutíferas que se desenvolvem rente ao solo, as águas não devem estar contaminadas com excrementos humanos.

Para alimentos, a legislação em vigor no Brasil é regulamentada pela portaria ANVISA nº 451/97 (BRASIL, 1997).

A Legislação Brasileira para Padrões Microbiológicos de Hortaliças estabelece um número mínimo de 5 (cinco) amostragens, das quais 2 (duas) podem apresentar contagem de coliformes termotolerantes, até o valor máximo de 10^2 org g⁻¹ (BRASIL, 2001).

Em 2005, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, por meio da Resolução nº 54/05 (BRASIL, 2005a), estabeleceu critérios gerais para a prática de reúso de água direto não potável. A mesma determina que os parâmetros para cada modalidade de reúso, seja para fins urbanos, agrícolas, florestais, ambientais, industriais, aquíicultura sejam estabelecidos pelos respectivos órgãos competentes.

3.5 Aplicação de AR em hortaliças e no solo

A maior preocupação com o consumo de hortaliças irrigadas com AR é o risco de transmissão e propagação de doenças infecciosas e parasitárias à população. Sabe-se que, no Brasil, muitas hortas são irrigadas com águas que recebem esgoto não tratado e contaminadas por pesticidas (OLIVEIRA, 1992).

Dentre as doenças de veiculação hídricas que poderão advir do reúso de AR, temos: amebíase, giardíase, cólera, gastroenterite, febre tifóide, verminoses, além do acúmulo de elementos nocivos em órgãos como o fígado (ARAÚJO et al., 2000).

Porém, a depender do grau de contaminação, espécie vegetal, sistema de cultivo e sistema de irrigação adotado (ARAÚJO et al., 2000), águas com níveis moderados de contaminação podem ser utilizados sem maiores riscos.

A irrigação por gotejamento é o método onde a probabilidade de contaminação sanitária e/ou disseminação (bactérias, helmintos, protozoários e vírus) da folhagem e operadores é reduzida (Oron et al., 1991); há redução no consumo de água de irrigação (PAGANINI, 2003); permitir maior eficiência no uso de água e adubação (fertirrigação); e permitir uso com água salina ou em solos salinos (BERNARDO et al., 2006).

Quando se trata do estado sanitário de solos agrícolas que tenham contato com AR, deve-se considerar a profundidade de infiltração do efluente e o tempo de exposição do solo ao mesmo.

Quanto à profundidade de exposição dos patógenos, Bitton (1994) afirmou que, a partir de 3 m no perfil do solo, os coliformes fecais não conseguem sobreviver, provavelmente, em razão da ausência de material orgânico, o que é fundamental à sua sobrevivência.

Porém, Al-Nakshabandi et al. (1997) observaram que o nível populacional de bactérias heterotróficas, na camada de 0,07 a 0,10 m de profundidade, é menor que na superfície de um solo que recebeu a aplicação de esgoto sanitário tratado. Os autores relataram, também, que a aplicação deste efluente no solo proporcionou considerável aumento no nível populacional dos coliformes fecais, em relação ao solo seco.

Quanto ao tempo de exposição do efluente no solo, Hayat et al. (2002) concluíram que a aplicação de efluente tratado de refinaria de óleo, durante 12 anos, não acarretou alteração significativa na atividade microbiológica do solo.

Já Rocha et al. (2003), após 54 dias da aplicação de AR, relata que não foram identificados coliformes fecais no solo, sendo que, a partir dos 60 dias, nenhuma amostra positiva com ovos de helmintos foi encontrada, apesar do alto nível inicial de contaminação. Portanto, o uso racional de AR mediante o seu controle sanitário, considerando uma política definida, é um importante instrumento para evitar a contaminação das águas superficiais.

Conclui-se, também, que o reúso de AR na agricultura requer o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de tratamentos que visem à minimização dos riscos de contaminação do produto agrícola e dos agricultores (SANTOS et al., 2006), além do adequado cumprimento às legislações sanitárias.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e caracterização do local

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (Figura 1) anexo à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, município de Araras-SP. As coordenadas geográficas do local são: latitude 22°18'53,23"S e longitude 47°23'00,91"W e altitude média de 700m.



Figura 1. Ambiente protegido, CCA/UFSCar, Araras, SP, 2013.

O clima da região, segundo a classificação climática de Köeppen, é do tipo Cwa, mesotérmico, com verões quentes e úmidos, total de precipitação e temperatura médias de 1400 mm e 22 °C, respectivamente.

A temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar interno e externo ao ambiente protegido foram monitoradas com termohidrógrafo, sendo os valores comparados aos registrados pelo Posto Meteorológico do CCA/UFSCar.

4.2. Caracterização do solo

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho (LV), eutrófico, textura argilosa e relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006), do qual se coletou amostra (0-0,2 m) para análises (EMBRAPA, 2009) física (Tabela 1) e química no Laboratório de Solos da UFSCar, cujo resultado consta nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 1. Resultado da análise textural inicial do solo.

Canteiro/Tratamento	Partícula (%)					Classe textural
	Argila ¹	Areia			Silte	
		grossa	finas	total		
1 AB	36	21	20	41	23	Argilosa
4 AB	38	19	22	41	21	Argilosa
6 AB	37	23	20	43	20	Argilosa
8 AB	37	22	19	41	22	Argilosa
2 AR	39	19	22	41	20	Argilosa
3 AR	37	21	22	43	22	Argilosa
5 AR	38	22	19	41	21	Argilosa
7 AR	36	18	21	39	25	Argilosa

¹ Argila determinada conforme o Método da pipeta (EMBRAPA, 2009).

Do ponto de vista físico, o solo foi classificado de textura argilosa, densidade (1,3 kg dm⁻³); argila, 37%; areia total, 41% (areia grossa, 20%; areia fina, 21%); e, silte, 22%.

Observou-se, conforme a análise do solo (Tabelas 2, 3 e 4) e as recomendações de TRANI et al., (1996), não haver a necessidade de calagem.

4.3. Descrição do experimento e delineamento

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) cv. Crimson Giant cultivado teve contato direto com o solo irrigado com AR e AB durante dois ciclos da cultura. Nos dias 24/01/2013 (1º ciclo) e 06/03/2013 (2º ciclo), se realizou a semeadura direta do mesmo em canteiros, os quais foram irrigados, igualmente, a fim de garantir a germinação uniforme até o 5º dia após a germinação. O espaçamento utilizado foi de 0,30 x 0,15 m entre linhas e plantas.

Das quatro fileiras longitudinais por parcela, consideraram-se úteis as compreendidas pelas duas fileiras centrais do canteiro para fins de avaliação. Cada canteiro continha 56 plantas, sendo 24 plantas úteis e 32 plantas como bordadura, totalizando 448 plantas/experimento.

Efetuuou-se o desbaste das mudas em 31/01/2013 (1º ciclo) e 13/01/2013 (2º ciclo), quando as mesmas apresentavam o primeiro par de folhas desenvolvido.

Os experimentos (ciclos 1 e 2) foram conduzidos a partir de um delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos e quatro repetições (canteiros), totalizando oito parcelas experimentais; cada parcela experimental possuía a área de 1,5 m de largura e 2,10 m de comprimento e quatro linhas de rabanete, sendo que a área útil às duas internas medindo 1,08 m².

Os tratamentos testados foram: água de abastecimento (AB); e água de reúso (AR), conforme Figura 2.

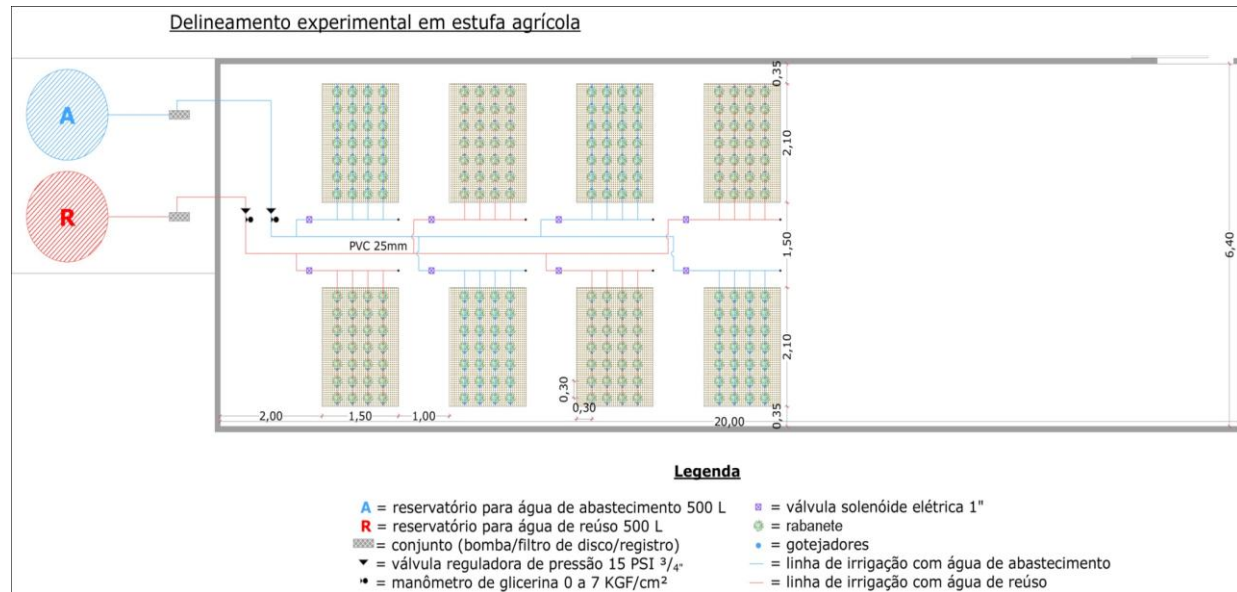


Figura 2. Representação gráfica de parcelas experimentais.

Na etapa de adubação, as doses e fontes de macronutrientes seguiram recomendações de TRANI et al., (1996), sendo aplicadas nas formas de: nitrato de cálcio (15% N e 19% Ca), superfosfato simples (18% P₂O₅) e cloreto de potássio (60% K₂O). Aplicou-se, na adubação química de plantio, 20 kg ha⁻¹ de N (nitrato de cálcio - Ca(NO₃)₂), 240 kg ha⁻¹ de P (superfosfato simples) e 120 kg ha⁻¹ de K (cloreto de potássio - KCl) em ambos os tratamentos.

Procedeu-se à colheita quando as plantas completaram 30 DAS, baseado em avaliações preliminares sugeridas por FILHO & KIKUTI (2006).

Assim, arrancaram-se periodicamente (a partir dos 21 DAS) plantas da bordadura para monitoramento do final do ciclo e verificação do estágio de desenvolvimento das raízes, uma vez que não é possível identificar a maturidade das raízes apenas com o exame visual da parte aérea das plantas. Quando as raízes atingiram o tamanho desejado e apresentavam as características típicas da cultivar, as plantas de cada parcela útil foram arrancadas, colocadas em sacos plásticos e conduzidas ao laboratório.

4.4. Descrição da ETE

A água de abastecimento (AB) e a água de reúso tratada (AR) foram provenientes do sistema de abastecimento de água (poço artesiano) e da ETE (Figura 3), respectivamente, do *Campus* da UFSCar em Araras/SP.

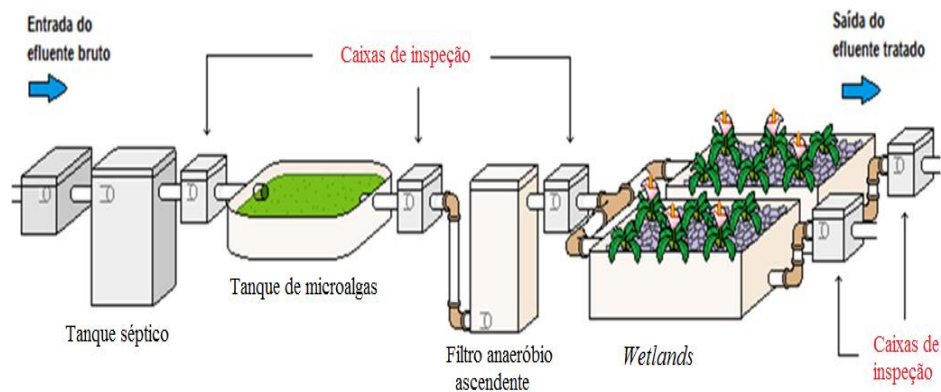


Figura 3. Layout da ETE CCA/UFSCar (PULSCHEN et al., 2013).

A ETE é composta das unidades que seguem: 1) tratamento primário constituído por tanque séptico (4.500 L) para a digestão anaeróbia do efluente bruto; 2) lagoa de microalgas (1.000 L), tendo-se majoritariamente a espécie *Desmodesmus subspicatus*, com potencial de remoção de nutrientes (N e P); 3) tratamento secundário composto por reator anaeróbio de fluxo ascendente (2.000 L) para redução complementar das demandas química (DQO) e bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$); e, 4) tratamento secundário, formado por duas *wetlands* (1.000 L), tendo, como plantas extratoras e depuradoras do efluente, a taboa (*Typha dominguensis* Pers.) e o copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica* L.) para redução da carga residual, remoção de patógenos e embelezamento paisagístico (PULSCHEN et al., 2013).

4.5. Sistema de irrigação

Para a aplicação de AB e AR, utilizou-se o sistema de irrigação localizado por gotejamento superficial, composto por unidade de controle (conjunto motobomba com 0,5 cv de potência, filtro com 120 mesh e manômetros), sendo instalados dois emissores por planta com vazão máxima de 4 L h^{-1} e espaçados de 0,30 m entre si, pressão de serviço de 20 psi, uma linha primária e duas linhas de derivação para cada tipo de água, de modo a não permitir a mistura das dosagens.

Até o 5º DAS, as mudas de ambos os tratamentos foram irrigadas, igualmente (mesma fonte hídrica - AB), a fim de garantir a uniformidade no estande.

Após esse período, ocorreu a diferenciação dos tratamentos (lâmina de irrigação) mediante a variação no tempo necessário para a aplicação das respectivas lâminas de irrigação, que era controlado e/ou programado no painel de controle.

A irrigação foi diária realizando-se de três regas ao dia (9:00 h, 13:30 h e 17:00 h), em turnos com, aproximadamente, 2 minutos de duração cada um. A lâmina de irrigação repostada diariamente foi calculada considerando-se eficiência de aplicação (E_a) de 90%. Além disso, tal lâmina correspondeu à quantidade de água requerida de modo a levar a umidade do solo à capacidade de campo (CC).

Devido algumas precipitações registradas em alguns dias do mês de janeiro de 2013, as irrigações foram suspensas nesses períodos, devido, provavelmente, à elevação do lençol freático do solo em torno do experimento.

4.5.1. Monitoramento e manejo da irrigação

Ao longo do experimento, determinou-se a quantidade de água a ser aplicada a partir da variação dos valores médios diários da umidade volumétrica do solo (θ) e da correspondente à CC. A umidade foi obtida através de sensores FDR, modelo TriScan[®], fabricada pela Sentek Technologies, instaladas a 0 - 0,10 m e 0 - 0,20 m de profundidade e programada para realizar leituras a cada 5 minutos. O período de coleta de dados (ciclos 1 e 2) esteve compreendido entre janeiro e abril de 2013.

Estudou-se a curva característica do solo, a fim de determinar o ponto ótimo de umidade, a ser mantido para atendimento das necessidades da cultura e manutenção do solo na CC, que foi determinada e equivalente, para a profundidade efetiva do sistema radicular do rabanete (0 - 20 cm), a um potencial mátrico de -3 J N^{-1} (1/3 de atm, 33% ou $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$).

Assim, o volume de reposição da água (MANTOVANI et al., 2009) foi calculado, conforme Eq. 1:

$$LLI = (U_{cc} - U_{obs})/10 \times ds \times Z \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

LLI – lâmina líquida de irrigação (mm);

U_{cc} – umidade na capacidade de campo (% em massa);

U_{obs} – umidade observada (% em massa);

ds – densidade do solo (g cm^{-3}); e,

Z - profundidade do sistema radicular (cm).

Ressalta-se que para a irrigação dos canteiros transformou-se a LLI considerando-se a área do canteiro ($3,15 \text{ m}^2$). Usou-se o turno de rega diário e a quantidade média de água exigida por planta foi de $4,5 \text{ mm d}^{-1}$, aproximadamente.

Os demais incrementos da umidade do solo, observados nas diferentes camadas avaliadas, foram ocasionados pela flutuação do nível freático do solo.

4.5.2. Dose e parcelamento dos nutrientes na fertirrigação

Iniciou-se a fertirrigação semanal a partir do 7º DAS, mediante uma aplicação semanal de lâminas de AB e AR, que foram finalizadas após o 21º DAS, correspondentes a 100% do nitrogênio e do potássio requerido pelo rabanete, disponibilizando-se, portanto, os nutrientes nos momentos mais necessários às plantas. Após esse período, aplicou-se água somente para repor a umidade do solo.

Para as 3 (três) fertirrigações, os nutrientes foram previamente diluídos em tanques e injetados, separadamente, tanto em AB como em AR, utilizando-se para tanto nitrato de cálcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] e nitrato de potássio (KNO_3), como fontes de N e K_2O , respectivamente.

Para AB, efetuou-se a adubação de cobertura para a cultura, seguindo-se recomendação de TRANI et al., (1996), para a qual aplicou-se via fertirrigação, 60 kg ha^{-1} de N e 30 kg ha^{-1} de K, respectivamente.

Para a adubação no tratamento AR, subtraiu-se dos valores de N e K recomendados por TRANI et al.,(1996), a quantidade aportada destes nutrientes pela AR ($10,68 \text{ mg.L}^{-1}$ N e $15,20 \text{ mg.L}^{-1}$ K; $10,46 \text{ mg.L}^{-1}$ N e $17,94 \text{ mg.L}^{-1}$ K, nos ciclos 1 e 2, respectivamente).

Assim, a fertirrigação foi efetuada com as doses de $50,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N ($[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$) e $11,85 \text{ kg ha}^{-1}$ de K (KNO_3); $49,45 \text{ kg ha}^{-1}$ de N ($[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$) e $14,00 \text{ kg ha}^{-1}$ de K (KNO_3), nos ciclos 1 e 2, respectivamente.

As doses foram parceladas e aplicadas aos 7, 14 e 21 dias após a semeadura (DAS), conforme mesma recomendação anterior. Após esse período, aplicou-se apenas água de irrigação de forma a repor a demanda hídrica da cultura.

4.6. Caracterização da AR e da AB

A coleta de água semanal da AR e da AB seguiu a metodologia da CETESB (2011). As análises físico-químicas da AR foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Aplicada e Controle (LABMAC/DTAiSER/UFSCar), conforme metodologias propostas por APHA (2005) e cujos resultados e faixa de concentração permitida ao reúso agrícola (CETESB, 2006) estão apresentados na Tabela 16. Procedeu-se a determinação do NMP de *E. coli* segundo a técnica do substrato cromogênico-fluorogênico hidrolisável, utilizando-se o meio de cultura *Colilert* (IDEXX Quanti-Tray/2000).

4.7. Características avaliadas

4.7.1. Atributos químicos do solo

Efetuaram-se três análises químicas do solo, visando verificar as alterações químicas, ao longo da aplicação dos tratamentos, a saber: no início, ao final do ciclo 1 (C1) e ao final do experimento (C2).

Assim, coletaram-se amostras de solo (0,00 - 0,20m) de cada unidade experimental e submeteram-nas às análises químicas, conforme recomendações da EMBRAPA (2009). As variáveis de solo analisadas foram: pH, CE, P, K⁺, Ca⁺⁺, razão de adsorção de sódio (RAS), Na⁺ e, posteriormente, efetuou-se o cálculo da porcentagem de sódio trocável (PST). A PST foi obtida da relação Na trocável x 100/CTC.

A CE foi definida através de leitura direta com condutivímetro, a partir da extração das pastas de saturação do solo.

Obteve-se a RAS a partir da relação: $RAS = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{0,5}$, em que: Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ - concentrações expressas em mmol_c L⁻¹.

4.7.2. Atributos físicos do solo

Quanto às análises físicas, foram realizadas em dois períodos da pesquisa, ou seja, uma no início e a outra ao fim do experimento (ciclo 2).

Portanto, coletou-se (0-20 cm) e enviou-se amostra de solo ao laboratório de solos (CCA/UFSCar), para a determinação de: densidade aparente, dispersão de argila em água; grau de dispersão; floculação; e a granulometria, conforme a metodologia da EMBRAPA (2009).

4.7.3. Estado nutricional do rabanete

Procedeu-se a coleta, acondicionamento, identificação e envio de tecido foliar da área útil ao laboratório de solos (CCA/UFSCar), para a determinação de macro e micronutrientes, consoante recomendações de EMBRAPA (2009). No procedimento de coleta de folhas diagnose usaram-se exclusivamente as plantas localizadas na área útil das parcelas do ciclo 1.

4.7.4. Produção de raiz

Aos 30 DAS do ciclo 2, mensurou-se a produção de raiz da área útil após as plantas serem cuidadosamente arrancadas, identificados por cada parcela e tratamento e conduzidas ao laboratório, conforme proposto por FILHO & KIKUTI (2006).

Posteriormente, as raízes foram seccionadas junto ao colo, lavadas e secadas com papel toalha para, finalmente, serem pesadas em balança analítica (precisão 0,1g); calculou-se o peso médio das raízes de tratamento.

4.7.5. Análise e enquadramento legal da AR sob o aspecto agrícola

Enquadrou-se a AR baseado na legislação vigente para o Estado de São Paulo para águas destinadas à irrigação, a saber:

- instrução Técnica nº 32/06 (CETESB, 2006);
- decreto nº 8468/76 (CETESB, 1976);
- portaria CVS/SP nº 21/91 (BRASIL, 1991); e,
- resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005b).

4.7.6. Análises microbiológicas de rabanete e solo

Analisaram-se amostras de solo coletadas à profundidade de 0-20 cm e de rabanete nas linhas de plantio, dentro da área útil de cada parcela, no dia da colheita. Posteriormente, as amostras foram encaminhadas ao LABMAC/DTAiSER/UFSCar para as análises microbiológicas, seguindo a metodologia descrita em APHA (2005) e adaptação de SILVA et al., (2007). As raízes foram seccionadas com bisturi e pinça estéreis. Posteriormente, acondicionou-se em *Erlenmeyers* previamente esterilizados, contendo solução peptonada 0,1%. A seguir, 10 g da amostra das raízes foram utilizados para quantificar a bactéria *E. coli*, segundo a metodologia adaptada de APHA (2005). Efetuou-se procedimento similar para o solo.

Empregaram-se como meios de cultura placas de contagem 3M™ *Petrifilm*™ para contagem de *E. coli*/coliformes e placas de contagem 3M™ *Petrifilm*™ Aqua para contagem de coliforme totais, em triplicata e previamente identificados. O período de incubação foi de 24 h/35°C para a contagem de UFC (unidades formadoras de colônias) de coliformes e 48 horas para *E. coli* e totais.

4.7.7. Análise estatística de dados

Os efeitos dos tipos de água (qualitativos) sobre os parâmetros nutricionais, químicos e sanitários do solo e do rabanete foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa Assistat 7.6 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2009). Os resultados foram comparados entre si usando-se o teste de Tukey ($p < 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Clima

A temperatura do ar e a umidade relativa do ar são elementos climáticos importantes no desenvolvimento e na produtividade das hortaliças de ciclo curto, tal como o rabanete. Segundo Larcher (2000), tais elementos podem influenciar o metabolismo da hortaliça e alterar as reações químicas, bem como a atividade das enzimas.

Relativo à média de temperatura interna à casa de vegetação foi observado sensível amplitude térmica ao longo do primeiro ciclo de cultivo (Figura 4).

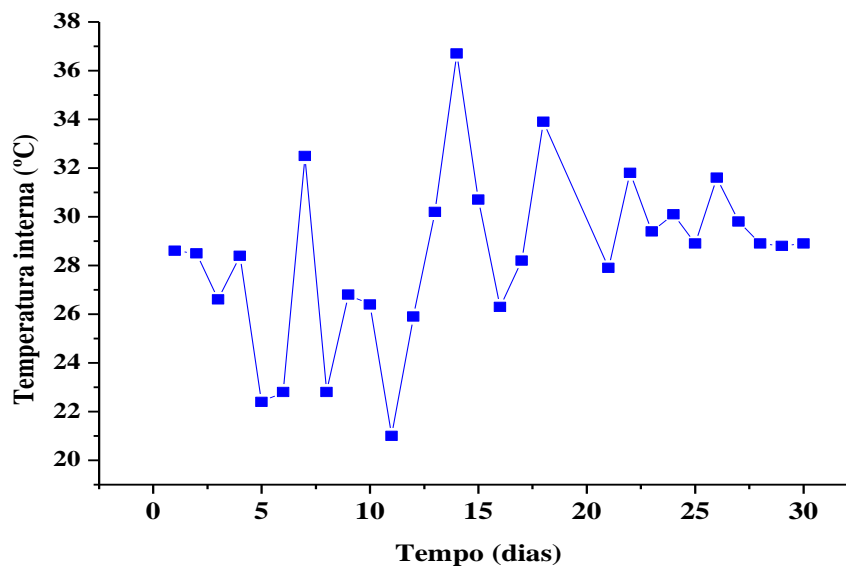


Figura 4. Valores de temperatura (interna) no transcorrer do 1º ciclo.

Devido à época em que o experimento foi executado, os valores encontrados, apesar de elevados, estão conforme MINANI & NETTO (1997), que preconizam que o ideal compreende de 7,2° C a 32,2° C, a média de 29,4° C e o máximo tolerado de 35° C.

Os valores médios de umidade relativa (UR) interna à casa de vegetação, também mostrou grande amplitude térmica ao longo do primeiro ciclo de cultivo, visto que a UR interna oscilou de 51% a valores de 86%, aos 11° DAS (Figura 5).

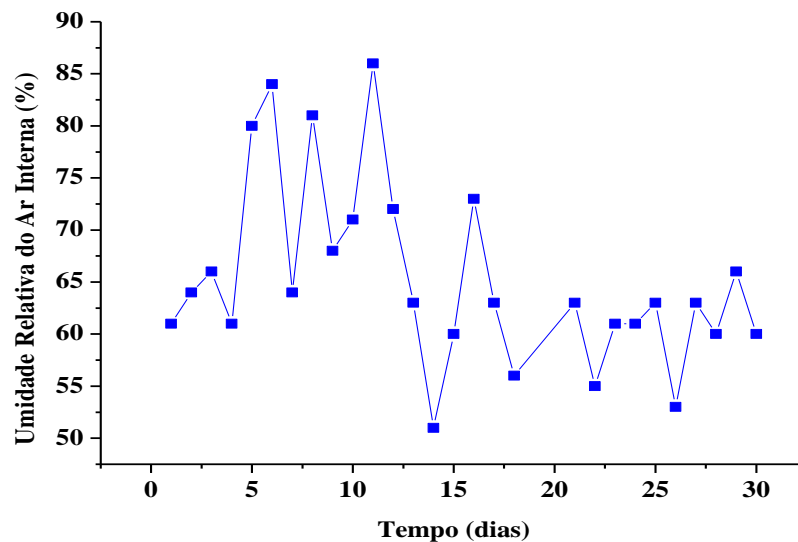


Figura 5. Valores de umidade relativa do ar (interna) no transcorrer do 1º ciclo.

Já a UR externa mostrou o mínimo de 49% e a máxima de 89%, aos 12º DAS. Tais valores mantiveram-se dentro do tolerado para a região, visto que a umidade relativa do ar em Araras/SP é, em média, de 75%.

5.2 Química do solo

Nesse trabalho, observaram-se variações dos teores dos elementos químicos do solo em função dos tratamentos testados (AB e AR). Pelas Tabelas 2, 3, 4 e 5, observa-se a composição química do solo, anterior e posterior à aplicação dos tratamentos, mostrando teores de macronutrientes, micronutrientes e demais atributos do solo, tais como matéria orgânica (MO), pH, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e porcentagem de saturação por bases (V%).

pH do solo

Referente ao pH, observou-se que os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 2) ao nível de 5% de probabilidade no primeiro ciclo (C1). Esse fato corrobora com Barreto et al. (2013) e Azevedo (2003), que não constataram mudanças significativas no pH do solo após cultivo de mamona e quatro ciclos de cultivo de alface irrigada com água residuária, respectivamente. Porém, no segundo ciclo (C2) houve diferença estatística. Foi observada a elevação em ambos os tratamentos, em contraposição à Duarte et al. (2008), que obtiveram diferença estatística de efluente tratado, em relação à AB, com valores de pH em 6,04.

Os resultados obtidos na dissertação, provavelmente, decorreram dos valores da condutividade elétrica do efluente (Tabela 2) e das fertirrigações.

Tabela 2. Análise química do solo, comparado com a literatura.

Atributo	Ciclo	Início	C1	C2	Raij et al. (1997)
pH*	AB	5,6	5,75 a ¹	6,25 a	5,5-6,0
	AR		5,47 a	5,80 b	
	C.V %	-	3,83	0,68	
P	AB	29	170,00 a	33,50 a	>120,00
	AR		128,00 a	36,75 a	
	C.V %	-	16,77	53,26	
M.O	AB	26	30,00 a	20,75 a	>25
	AR		29,50 a	22,75 a	
	C.V %	-	8,35	22,95	
K	AB	2,65	4,50 a	2,42 a	3,1-6,0
	AR		4,10 a	2,62 a	
	C.V %	-	11,23	17,67	

* pH (CaCl₂); MO = Matéria Orgânica (g.dm⁻³); P = fósforo (método Resina – mg.dm⁻³); K (mmol_c.dm⁻³).

¹ Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Os valores de pH encontrados em AB e AR denota acidez baixa e atende às exigências do rabanete, cujo ideal situa-se entre 5,5 e 6,0 (FILGUEIRA 2003).

Fósforo e Potássio do solo

Quanto ao fósforo e potássio, não foi observada diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos. Comparando-se os ciclos 1 e 2 no tratamento sob água de reúso, observou-se redução nos valores de ambos nutrientes. Os resultados obtidos discordam dos obtidos por BARRETO et al. (2013), que observaram acréscimos de fósforo e potássio no solo após aplicação de efluente tratado, mas discordam de FEIGIN et al. (1991), segundo os quais a irrigação com efluente, complementado com adubação mineral, não satisfaz as necessidades das culturas por K⁺, apesar de poder promover o aumento dos seus teores no solo.

Os valores obtidos para o fósforo no C1 estão próximos aos obtidos por DUARTE et al. (2008), que foram de 176,25 mg dm⁻³ e 153,25 mg dm⁻³ em AB e AR, respectivamente.

Pela composição do efluente, esperava-se um insignificante incremento de P. Porém, os níveis de P em C1 e C2 foram enquadrados, segundo RAIJ et al. (1997), como muito altos e médio, respectivamente.

Esses valores de K⁺ são inferiores aos obtidos por DUARTE et al. (2008), os quais obtiveram 19,71 mmol_c dm⁻³ e 26,50 mmol_c dm⁻³, irrigando com AB e AR, respectivamente.

Em AR, os canteiros mudaram de teores médios para altos em C1 e estagnou em médio em C2, conforme RAIJ et al. (1996).

Cálcio e Magnésio do solo

A respeito dos teores de cálcio (Ca^{2+}) e de magnésio (Mg^{2+}), observou-se, pela Tabela 3, que ambos os tratamentos solo não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, estando classificados em altos (RAIJ et al., 1997), conforme AZEVEDO & OLIVEIRA (2005).

Tabela 3. Teores de Ca^{++} , Mg^{++} , H+Al e Al no solo, comparado com a literatura.

Atributo químico	ciclo	início	C1	C2	Raij et al., (1997)
Ca*	AB	76,00	64,00 a ¹	38,50 a	>7,0
	AR		54,75 a	38,75 a	
	C.V %	-	11,10	16,30	
Mg	AB	18	10,75 a	8,00 a	>8,0
	AR		10,75 a	7,75 a	
	C.V %	-	7,10	13,47	
H+Al	AB	27,5	20,00 a	20,75 a	-
	AR		20,50 a	23,25 a	
	C.V %	-	14,40	14,79	
Al	AB	0,35	0,27 a	0,37 a	< 2 (mto. baixa)
	AR		0,30 a	0,40 a	
	C.V %	-	61,49	31,16	

*Ca, Mg, H+Al e Al: $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$. ¹ Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Os valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} obtidos no experimento estão conforme Varallo et al. (2010), os quais constataram que a irrigação com efluente tratado em solo adubado não exerceu influência alguma no teor de Ca^{2+} , além de haver decréscimo de Mg^{2+} , independente da água de irrigação utilizada (abastecimento ou efluente tratado). Em contraposição estão Falkiner & Smith (1997) que relataram aumento nos níveis de Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo, em decorrência da irrigação com AR. Para os níveis de Ca^{2+} e Mg^{2+} , observou-se nessa pesquisa e em demais estudos correlatos, que a elevação ou redução do Ca^{2+} e do Mg^{2+} está intrinsecamente relacionada três fatores, a saber: à lixiviação no perfil do solo; à concentração absorvida pelas plantas; e, à concentração no efluente empregado.

Acidez potencial (H+Al), acidez trocável (Al^{3+}), SB e V% do solo

A redução dos valores da acidez potencial (H+Al), em comparação à análise inicial, foi verificada em ambos os tratamentos que receberam irrigação. Medeiros et al. (2005) também

observaram decréscimos em tratamentos sob AR, de modo a encontrarem valores de 5,73 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e 7,00 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ em AR e AB, respectivamente.

Inerente à acidez trocável (Al^{3+}) do solo (Tabela 4), observou-se que a mesma diminuiu em C1 e elevou-se em C2 em decorrência de ambos os tratamentos, mas sem diferir estatisticamente.

Verificou-se que AR foi tão efetivo quanto AB no decréscimo do Al^{3+} , o que poderá estar relacionado à ligeira estabilização do poder alcalino do solo e do efluente e dos cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+) decorrentes da aplicação de AR. Esses resultados corroboram com FALKINER & SMITH (1997).

Foi observada, ainda, ligeira redução (Tabela 4) nos valores da SB e V%, mas havendo uma estabilização nesses atributos, em comparação à análise inicial e em relação aos tratamentos testados.

Tabela 4. Teores de SB, CTC, V% e S no solo, comparado com a literatura.

Atributo químico	ciclo	início	C1	C2	Raij et al., (1997)
SB*	AB	96,5	79,62 a ¹	64,75 a	> 60
	AR		69,60 a	69,45 a	
	C.V. %	-	8,41	11,38	
CTC*	AB	124	99,62 a	85,50 a	> 80
	AR		90,10 b	92,70 a	
	C.V. %	-	5,42	9,33	
V%	AB	78	79,75 a	75,51 a	60-80 (bom)
	AR		77,25 a	75,03 a	
	C.V. %	-	4,58	4,18	
S	AB	550	155,25 a	18,00 a	> 10
	AR		124,25 a	17,25a	
	C.V. %	-	13,63	16,82	

* SB = Soma de Bases e CTC = Capacidade de Troca de Cátions ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$); V = Saturação por Bases; S = enxofre ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$).

¹ Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

De fato, a estabilização nos atributos de SB e V% contribuíram para as melhorias na estrutura do solo, além de liberar um maior número de cátions trocáveis. Esses resultados discordam de Lucena et al. (2007), que notaram a elevação dos valores de V% após a aplicação de resíduos como efluente pré-tratado de origem doméstica.

Capacidade de troca de cátions (CTC) do solo

A irrigação com AB e AR acarretou a redução da CTC, comparada à análise inicial do solo, além de diferir estatisticamente de AR.

O redução da CTC, com os tratamentos, provavelmente foi devido à estabilização do pH, levando à sensível redução da acidez potencial (H+Al) e, concomitantemente, ao aumento do teor de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{1+} nesse tratamento.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados da composição química do solo, após os ciclos 1 e 2, mostrando a variação dos teores de micronutrientes em decorrência da aplicação dos tratamentos.

Tabela 5. Teores de micronutrientes no solo, comparado com a literatura.

Atributo	Trat.	Início	C1	C2	Raij (1997)	VARALLO et al. (2010)
*B	AB	0,25	0,65 a ¹	0,15 a	> 0,60	0,20
	AR		0,65 a	0,11 a		
	C.V. %	-	24,43	62,27		
*Cu	AB	2,1	1,40 a	1,82 a	>0,8	1,3
	AR		1,40 a	1,87 a		
	C.V. %	-	9,22	17,02		
*Fe	AB	38	23,75 a	22,75 a	>12	103
	AR		25,50 a	25,25 a		
	C.V. %	-	15,88	38,47		
*Mn	AB	26,25	15,22 a	7,25 a	>5	21
	AR		15,20 a	8,55 a		
	C.V. %	-	15,68	24,07		
*Zn	AB	2,8	2,75 a	2,65 a	>1,2	10,6
	AR		2,60 a	3,90 a		
	C.V. %	-	6,65	55,40		

*B = boro; Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; e, Zn = zinco (mg.dm^{-3}).

¹ Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Ferro (Fe^{2+}) e Manganês (Mn^{2+}) do solo

Notou-se que os níveis de Fe^{2+} e Mn^{2+} no solo diminuíram em ambos os tratamentos, comparado à análise inicial do solo (Tabela 5).

Os resultados encontrados em AR estão em conformidade com DANTAS (2007), o qual observou redução da disponibilidade de ferro (Fe^{2+}) no solo após aplicação de biofertilizante.

Cabe frisar que tais valores de Fe^{2+} e Mn^{2+} denotam um teor alto no solo, de acordo com RAIJ et al.,(1997). Provavelmente, isso pode se dever à própria absorção pelo rabanete. Além disso, tem-se o efeito alcalino do efluente, a irrigação com água pouco salina e a manutenção da acidez do solo baixa (5,6-6,0), os quais foram responsáveis por estabilizar o pH dos solos (Tabela 2), deixando esses micronutrientes menos solúveis no solo.

Convém ressaltar que, quando da ocorrência da faixa de pH de 4,0 a 6,0, tem-se a maior disponibilidade de manganês (Mn^{2+}) no solo (LOPES e SANTOS, 2007).

Zinco (Zn^{2+}) do solo

Quanto ao nutriente Zn^{2+} verificou-se (Tabela 5) a inexistência de diferença estatística e que, em ambos os tratamentos, houve decréscimos, exceto ao fim do ciclo 2 em AR, que apresentou valor de $3,90 \text{ mg dm}^{-3}$.

Os valores de Zn^{2+} em ambos os tratamentos denotam um teor considerado alto no solo (RAIJ et al.,1997).

Os valores observados são condizentes com COSTA et al., (2008), os quais não verificaram qualquer efeito significativo nos teores de Zn^{2+} no solo quando da irrigação de amaranto (*Amaranthus* spp.) com efluente contendo condutividade elétrica de 0,5 a $4,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Por outro lado, esses resultados discordam de Simonete et al. (1999), os quais observaram acréscimos na disponibilidade de Zn^{2+} no solo proporcionado pela aplicação de LE.

5.3 Análise física do solo

Relação Ca^{2+}/Mg^{2+} , sódio trocável (Na^+) e PST do solo

Quanto à relação Ca^{2+}/Mg^{2+} , Ayers & Westcot (1999), afirmam que no caso de não haver no solo Ca^{2+} suficiente para contrabalançar seus efeitos, as águas de irrigação com excesso de magnésio ($Ca^{2+}/Mg^{2+} < 1$) certamente produzirão sintomas de deficiência nas plantas.

Analisando-se os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} (Tabela 3) vê-se que os mesmos apresentaram uma relação Ca^{2+}/Mg^{2+} maior que a unidade, não apresentando qualquer sintoma de deficiência.

Ressalte-se a necessidade da avaliação conjunta e permanente dos efeitos da relação Ca^{2+}/Mg^{2+} com os níveis de Na^+ (variável RAS). Isso porque o efeito do excesso de Na^+ é potencializado quando a relação Ca^{2+}/Mg^{2+} é menor que a unidade, porque o excesso de Mg^{2+} trocável no solo pode induzir à deficiência de Ca^{2+} (AYERS & WESTCOT, 1999).

Tabela 6. Teores de Na^+ , PST e RAS do solo ao longo do experimento.

Atributo químico	Trat.	início	C1	C2
* Na^+	AB	0,14	1,75 b ¹	1,57 b
	AR	0,29	3,15 a	2,04 a
*PST	AB	0,11	1,76 b	1,75 b
	AR	0,23	3,51 a	3,51 a
*RAS	AB	0,020	0,28 a	0,10 b
	AR	0,042	0,45 a	0,19 a

* Na^+ : $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; PST - porcentagem de sódio trocável (%); RAS = razão de adsorção de sódio $[(\text{mmol}_c \text{ L}^{-1})^{1/2}]$.

¹ Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

O teor do Na^+ (Tabela 6) em AR diferiu estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade tanto no ciclo 1 como no ciclo 2 e, comparado à análise inicial do solo, apresentou elevação em AB e AR, corroborando com Barreto et al. (2013).

Sabe-se que o sódio presente na água de irrigação favorece a elevação da porcentagem de sódio trocável (PST) no solo, afetando as propriedades físicas e químicas e dificultando a atividade da água a ser utilizada pela planta (HOLANDA & AMORIM, 1997).

Mesmo que discretamente era esperada a elevação da PST no solo em que foi aplicado AR, devido ao fato do efluente conter sais solúveis, havendo a sua adição à solução do solo. Contudo, os efeitos potenciais do sódio (Na^+) são ligeiramente menores quando a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ na água de irrigação é >1 . Logo, o valor da RAS é menos prejudicial quando tal proporção é >1 , além de que quanto mais alta for essa proporção, menor será o perigo do efeito da RAS (AYERS & WESTCOT, 1999).

Com relação à porcentagem de sódio trocável (PST), notou-se um aumento nos valores de ambos os tratamentos (Tabela 6). O perfil continha, em média, $0,28 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de umidade. A análise estatística demonstrou que o tratamento que empregou AR apresentou maiores valores com relação a PST, mudando de 0,23 % para 3,51 % em C1 e C2, apresentando diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade. Esses valores estão conforme o recomendado por (CETESB, 2006), que considera solo apto ao reúso agrícola de efluente doméstico aquele cuja PST é menor que 6%. Considerando a $\text{PST} < 7\%$, o solo é classificado como normal (PIZARRO, 1990). Para Richards (1954), quando os níveis de PST do solo atingem 15%, o mesmo é considerado sódico, afetando os seus atributos estruturais e hidráulicos do solo.

Analisando-se a relação entre o Na^+ e a PST (Tabela 6) é possível corroborar com AMORIM et al., (2002), os quais afirmaram que os maiores valores da PST encontrados no solo são diretamente proporcionais aos teores de Na^+ .

RAS, floculação e condutividade elétrica do extrato saturado (CE_{es})

A razão de adsorção de sódio (RAS) é empregada para fornecer informações acerca das concentrações comparativas de Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} na solução do solo. A RAS do extrato do solo reflete o efeito combinado dos íons Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} sobre a dispersão de argila.

Tanji & Kielen (2002), ressaltam a necessidade de atenção à toxicidade devido aos valores da RAS e do Na^+ quando a RAS da água de irrigação é alta, visto que o efeito tóxico do Na^+ tende a aumentar e a infiltração de água no solo torna-se deficiente.

Os cálculos da RAS em T2, anterior à aplicação do efluente, apontava para o valor de $0,042 (\text{mmol}_c \text{ L}^{-1})^{1/2}$. Posteriormente, encontraram-se os valores de 0,45 e 0,19 $(\text{mmol}_c \text{ L}^{-1})^{1/2}$

em C1 e C2, respectivamente, diferindo significativamente de AB a 5% de probabilidade (Tabela 6). Ressalta-se, contudo, que quanto ao risco de sodificação, os valores estão enquadrados na classe 1 (baixo risco) (RICHARDS, 1954).

Os valores da RAS do solo após aplicação do efluente corroboram com Medeiros et al. (2005) que, avaliando a RAS no solo que recebera AR e AB, notaram aumento na RAS tanto utilizando água limpa quanto efluente tratado.

Paralelo ao aumento da RAS acompanhou-se também aumento na CE do solo. Sabe-se que o solo, para estar em condição de dispersão, deverá apresentar altos valores de RAS e baixa CE. Tal fato não foi observado em nenhum dos tratamentos.

Pela Tabela 7 é possível notar que a relação da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}) com as propriedades físicas do mesmo não interferiram decisivamente na condição salina do solo ao término do segundo ciclo de cultivo do rabanete.

Tabela 7. Teores de CE_{es} do solo ao fim do ciclo 2 (C2).

Atributos químicos	Final do experimento					
	AB	AR	DMS	M.G.	C.V. %	Valor de F
* CE_{es}	0,93 a ¹	1,59 a	0,87	1,26	39,92	3,43 ^{ns}

* CE_{es} = Condutividade elétrica do extrato saturado (milimhos cm^{-1}).

¹ Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

* e ns – significativo a 0,01 e não significativo, respectivamente.

Rebequi et al. (2009) afirmam que os valores de CE_{es} , quando em altas concentrações, são responsáveis pela inibição e comprometimento do crescimento e desenvolvimento de grande parte das espécies agrícolas cultivadas. O rabanete tolera teores de salinidade do solo de até 2,7 dS m^{-1} (FAO, 1992).

Levando-se em consideração a Tabela 8, nota-se que o solo enquadra-se como de caráter normal, não requerendo quaisquer cuidados de recuperação.

Partindo-se dessa constatação, pode-se concluir que a AR teve uma serventia agrícola considerada satisfatória e efetiva.

Tabela 8. Classificação dos solos conforme a salinidade.

Denominação	*CE	PST	pH	Recuperação
Normal	< 4	< 15	4 a 8,5	-
Salino	> 4	< 15	= 8,5	Lixiviação dos sais.
Salino-alcálico ou salino-sódico	> 4	> 15	próximo de 8,5	Aplicação dos corretivos e lixiviação dos sais.
Alcálico ou sódico	< 4	> 15	8,5 < pH < 10	Aplicação dos corretivos e lixiviação dos sais.

*CE: condutividade elétrica do solo, em milimhos/cm, a 25°C; PST = porcentagem de sódio trocável.

Fonte: RICHARDS (1954).

A variação da proporção da argila dispersa em água (ADA) de um solo, ao longo do tempo, indica o grau de dispersão/floculação das partículas desse solo. Nesse contexto, não foi verificada qualquer variação na dispersão de argila decorrentes da aplicação dos tratamentos, sobretudo, de AR, conforme dados apresentados na Tabela 10.

Entretanto, a concentração de sódio trocável no perfil do solo submetido aos tratamentos de aplicação de efluente mostrou-se superior a AB (Tabela 6).

Granulometria do solo

Do ponto de vista granulométrico, o solo apresentava, no início do experimento, textura argilosa, densidade ($1,3 \text{ kg dm}^{-3}$), além de conter, em média, a seguinte composição: argila, 37%; areia grossa, 20%; areia fina, 20%; areia total, 41%; e, silte, 21% (Tabela 10).

Tabela 9. Granulometria do solo na implantação do experimento.

	ARG	AG	AF	AT	SILTE	Classe textural
AB	37,00 a ¹	21,25a	20,25a	41,50a	21,50 a	Argilosa
AR	37,50 a	20,00a	21,00a	41,00a	22,00 a	Argilosa
DMS	1,86	2,33	2,31	2,34	3,07	
C.V. %	2,90	6,45	6,49	3,28	8,18	
Valor de F	0,80 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,05 ^{ns}	

*ADA – argila dispersa em água (%); AG – areia grossa (%); AF – areia fina (%); AT – areia total (%).

¹ Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey..

* e ns – significativo a 0,01 e não significativo, respectivamente.

Ao término do ciclo 2, os solos das parcelas experimentais de AR apresentaram valores médios de 20,5% de areia grossa e 23,66% de areia fina, totalizando 44,16% de areia total, 32,66% de silte e 23,5% de argila (Tabela 10).

Para a fração areia grossa, efetuou-se análise de variância e foi observada diferença estatística de AB em relação a AR, ocasião em que o primeiro mostrou valores médios de 24,50%.

Tabela 10. Granulometria do solo ao fim do ciclo 2 (C2).

	ADA	AG	AF	AT	SILTE	FLOC.	GRAU DE DISPERSÃO
AB	24,25 a ¹	24,50 a	22,75 a	47,25 a	28,50 a	48,06 b	45,70 b
AR	23,50 a	20,50 b	23,58 a	44,08 a	32,42 a	54,29 a	51,93 a
C.V. %	9,01	5,74	9,54	5,87	10,48	5,63	5,91

*ADA – argila dispersa em água (%); AG – areia grossa (%); AF – areia fina (%); AT – areia total (%); floc.- floculação (%); e, Grau de dispersão (%).

¹ Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Com relação à porcentagem de ADA, não foi observada diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade. A irrigação com AB e efluente causou efeito similar no Latossolo, ou seja, redução da dispersão de argila ao longo do experimento, na profundidade analisada.

Em AR, essa redução pode estar relacionada à influência da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (Tabela 7) e à concentração de Na^+ (Tabela 6).

Medeiros et al. (2005) também atribuíram à influência do aumento da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CE) e à diminuição na concentração de Na^+ a redução observada na porcentagem de ADA com uso de água residuária doméstica em um Cambissolo.

Lopes et al. (1986) avaliando a atividade respiratória de solo tratado com vinhaça e herbicida, concluíram que a maior atividade microbiológica em solos que receberam vinhaça pode ter influencia na redução da dispersão de argila, devido à produção de mucilagem, o que favorece a agregação do solo.

Montes et al. (2004), analisando o efeito de água residuária doméstica em um Argissolo, concluíram que a dispersão de argila aumentou com o tempo até 80 cm de profundidade e que esse aumento foi mais acentuado na camada de 0-10 cm do solo.

Sabe-se que a dispersão e a floculação da argila do solo podem ser alteradas pela qualidade da água aplicada no solo, ou seja, em razão de fatores de natureza eletrolítica (quimigação e fertirrigação, p.ex.).

Para Ayers & Westcot (1999), tanto a RAS como a CE da água aplicada têm forte influência na dispersão da argila do solo e, por isso, devem ser analisadas conjuntamente para que, a fim de tirar conclusões sobre o risco de diminuição da permeabilidade do solo.

Analisando-se a tabela 10 para o fator grau de dispersão, observou-se diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade. Isto pode indicar uma maior movimentação de argila no perfil do solo analisado em AR, além de não estar relacionado a mudanças no teor de matéria orgânica, em razão disso não ter sido observado (Tabela 2).

Nessa situação, a fração argila encontra-se, ainda, em condições de ser facilmente transportada, sob condição de chuva ou irrigação, para horizontes subsuperficiais do solo (SILVA, 2003).

As alterações causadas pela irrigação com efluentes poderão ocasionar desestruturação na estrutura do solo, afetando o sistema de poros e desencadeando alterações na infiltração e condutividade hidráulica deste meio (VELOSO, 1991).

5.4 Estado nutricional do rabanete

Na Tabela 11 estão contidos os resultados da análise foliar da cultura comparados com os valores preconizados pela literatura científica para o rabanete. No tratamento que recebeu AR, verificou-se que os teores dos nutrientes nas folhas diagnose enquadraram-se na faixa preconizada por Raij et al., (1997) e EMBRAPA (2009), exceto o N e o Mg. Porém, o mesmo encontra-se dentro dos valores de tolerância e, em momento algum ao longo do experimento, as plantas apresentaram quaisquer indícios de fitotoxidez por N que pudessem comprometer o desenvolvimento.

Tabela 11. Teores nutricionais foliares encontrados, comparado à faixa recomendada.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
AB	58,00	4,40	42,80	31,00	4,00	5,90
AR	68,50	5,60	41,60	34,60	4,30	6,80
Raij et al. (1997)	30-60	3-7	40-75	30-45	5-12	-
EMBRAPA (2009)	30-60	3-7	40-75	30-45	5-12	-

Fontes: Raij et al., (1996); e, EMBRAPA (2009).

O reúso agrícola deste efluente doméstico, complementado com a adubação mineral, tem potencial de atender às demandas nutricionais das culturas. Apesar disto, cabe ressaltar que o aporte de nutrientes (N, P e K) às culturas pelo efluente está condicionado à sua composição e lâmina aplicada (SANDRI, 2009).

Para o Fe²⁺, verificou-se um aumento considerável em sua concentração chegando, inclusive a fornecer o dobro do teor recomendado pela cultura. Tornou-se evidente que os teores de B e Zn²⁺ mostraram-se inferiores aos preconizados pela literatura (Tabela 12).

Tabela 12. Valores de micronutrientes encontrados, comparado à faixa recomendada.

Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn
AB	14	13	483	46	8
AR	3	13	429	46	8
Raij et al. (1996)	25-125	5-25	50-200	50-250	20-250
EMBRAPA (2009)	25-125	5-25	50-200	50-250	20-250

onde: B, Cu, Fe, Mn, e Zn: mg.dm⁻³.

fonte: Raij et al., (1997); e, EMBRAPA (2009).

As plantas não apresentaram sintomas de deficiência e/ou fitotoxidez por B, Zn²⁺ e Fe²⁺ que pudessem comprometer seus processos fisiológicos.

5.5 Produção de raiz

Conforme os resultados obtidos, não houve diferença significativa a 5% de probabilidade para a produção de raízes. Ficou evidenciado, portanto, que o efluente não comprometeu a produção (Tabela 13).

Tabela 13. Produção de raiz.

	Tratamentos				valor de F
	AB	AR	M.G	C.V. %	
g canteiro ⁻¹	317,84 a ¹	405,21 a	361,52	28,18	1,47 ^{ns}
g planta ⁻¹	13,24 a	16,88 a	15,06	28,17	1,47 ^{ns}

¹Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.
* e ns – significativo a 0,01 e não significativo, respectivamente.

Essa produção foi próxima à obtida por Vitti et al., (2007) que, empregando vermicomposto animal em ambiente protegido, obtiveram o peso médio de 17,78 g planta⁻¹. Por outro lado, PEREIRA e PIEDADE (2004), em cultivo protegido, mas sob outra condição edafoclimática, obtiveram raízes de rabanete com peso médio de até 39,95 g.planta⁻¹. BAKHSH & HASSAN (2005), pesquisando efluente tratado em rabanete, obtiveram um rendimento médio de 15 t ha⁻¹.

Pela figura 6, verifica-se que as raízes que receberam AR mostraram-se mais compridas e espessas.



Figura 6. Comparação dos rabanetes (AR e AB).

Teófilo et al. (2009) afirmam que as plantas, notadamente as hortaliças-raízes, tal como o rabanete, inicialmente destinam os fotoassimilados produzidos à formação das estruturas da parte aérea, a fim de aumentar a área foliar. Porém, a partir de dado momento, há uma tendência da maior parte dos fotoassimilados produzidos ser destinada às estruturas de reservas (drenos), que para o rabanete é a raiz.

5.6. Caracterização química da água de reúso

A Tabela 14 apresenta a caracterização química da AB e AR em termos de pH, CE, potássio, sódio, cálcio, sólidos total, Coliformes Totais, *E. coli* e o permitido pela Instrução Técnica (IT) n° 32/06 (CETESB, 2006). Analisando-se as características físico-químicas de AR e AB com aqueles estipulados pela resolução CONAMA n° 357/05 (BRASIL, 2005b), para águas de classe I, destinadas “a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película” (rabanete, p.ex.) tem-se que os valores se enquadram no estipulado pela legislação.

Tabela 14. Caracterização química da AB e da AR, comparado com a legislação vigente.

Parâmetro	Unid.	AB	AR	VMP* (CETESB, 2006)
CE*	dS m ⁻¹	C1 - 0,20 ± 0,031 C2 - 0,19 ± 0,026	0,35 ± 0,050 0,37 ± 0,026	< 2,9
pH	-	C1 - 7,7 ± 0,34 C2 - 7,36 ± 0,47	7,61 ± 0,18 7,54 ± 0,20	-
N total*	mg L ⁻¹	C1 - 0,64 ± 0,96 C2 - 0,12 ± 0,10	10,68 ± 1,29 10,46 ± 3,11	-
P*	mg L ⁻¹	C1 - 0,17 ± 0,19 C2 - 0,63 ± 0,93	1,18 ± 0,64 2,62 ± 1,23	-
K*	mg.L ⁻¹	C1 - 6,76 ± 4,29 C2 - 10,54 ± 4,71	15,2 ± 3,41 17,94 ± 5,27	-
Ca*	mg.L ⁻¹	C1 - 7,8 ± 0,65 C2 - 2,66 ± 0,56	9,13 ± 5,35 8,52 ± 1,56	-
Na*	mg.L ⁻¹	C1 - 21,82 ± 5,85 C2 - 18,38 ± 0,52	34,86 ± 4,80 31,38 ± 0,97	< 69,0
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	C1 - 132,5 ± 28,40 C2 - 104,33 ± 6,80	216,25 ± 27,76 224,33 ± 30,02	-
CT*	NMP 100 mL ⁻¹	C1 - < 10 ⁵ C2 - < 10 ⁵	< 10 ⁵ < 10 ⁵	-
<i>E. coli</i>	NMP 100 mL ⁻¹	C1 - < 10 ³ C2 - < 10 ³	< 10 ³ < 10 ³	-

*onde: VMP = valor máximo permitido; CE = condutividade elétrica; N total = nitrogênio total; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Na = sódio; e, CT = coliformes totais.

Quanto aos valores de CE e ao Na⁺ obtidos nas análises, os mesmos são inferiores ao que determina a Instrução Técnica (IT) n° 32/2006 (CETESB, 2006), que orienta valores para reúso agrícola de efluentes domésticos (Tabela 15). Os valores de CE foram, ainda, inferiores aos preconizados por AYERS & WESTCOT (1999), que afirmam que valores inferiores a 0,70 dS m⁻¹ não apresentam qualquer grau de restrição para a irrigação de culturas agrícolas.

Segundo Ayers & Westcot (1999), os limites de concentração para o Na⁺ nas águas não são aceitáveis como normais, em água de irrigação.

Os mesmos afirmam ainda que tais concentrações possuem grau de restrição para uso, consoante às diretrizes para interpretação da qualidade de água para irrigação, elaboradas pela Universidade da Califórnia (AYERS & WESTCOT, 1999).

Pela condutividade elétrica, o efluente está enquadrado na classe C2, salinidade média, na faixa de 0,25 e 0,75 dS m⁻¹, sendo recomendável sua aplicação sempre que houver grau moderado de lixiviação. Somente recomenda-se sua aplicação em solo onde se cultivam plantas com moderada tolerância aos sais, sem práticas especiais de controle, na maioria dos casos (BERNARDO et al, 2008).

A mesma foi classificada em função dos valores de sais dissolvidos totais (SDT) e da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a). Em geral, empregando-se esse tipo de água na fertirrigação de plantas como o rabanete, que possui moderada tolerância à salinidade, as mesmas se desenvolvem perfeitamente sem práticas especiais de controle da salinidade. Isso foi constatado no experimento em tela.

Esses resultados são discordantes com Azevedo et al. (2007) os quais, estudando o reúso agrícola de AR e AB sobre o milho forrageiro, constataram que a AR apresentou valores de CE_a de 1,5 dS.m⁻¹, sendo mais que o dobro da encontrada na AB.

Contudo, sabe-se da existência de culturas mais sensíveis à salinidade proveniente da irrigação com efluente que podem ser prejudicadas por valores entre 1,3 e 2,0 dS m⁻¹, com a conseqüente diminuição de sua produtividade (BASTOS, 2003). Devido a isso, recomenda-se um correto manejo da água de irrigação.

FRAVET & CRUZ (2007) afirmam que, geralmente, níveis de CE_a superiores a 100 µS cm⁻¹ indicam ambientes impactados, Além de indicar características corrosivas da água (CETESB, 2005).

O pH, nitrogênio e potássio encontrados estão conforme a IT 32/06 (CETESB, 2006) que, por sua vez, não estipulou um valor máximo permitido. O pH, ainda, enquadrou-se nos intervalos de 6,5 - 8,4 e 6 - 9, sugerido por Ayers & Westcot (1999) e BRASIL, (2005b), respectivamente. Pelo decreto nº 8.468/76 (CETESB, 1976), o pH do efluente enquadra-se como sendo da classe 2, ou seja, “*águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas...*” (tabela 16).

Tabela 15. Valores permitidos para água de classe 2 (CETESB, 1976).

pH	Fe	Cu	OD	T
5-9	15 mg L ⁻¹	1 mg L ⁻¹	≥ 5 mg L ⁻¹	< 40 ° C
DBO	Coliformes	Nitrito	Nitrato	
Até 5 mg L ⁻¹	até 5x10 ³ NMP 100mL ⁻¹	1,0 mg L ⁻¹	10 mg L ⁻¹	

Os teores de N e K presentes na AR (Tabela 14) evidenciam aportes nutricionais pouco significativos ao rabanete, mas sem comprometer o equilíbrio nutricional. Tal resultado concorda com o encontrado por ZAVADIL (2009), que usou AR na irrigação de rabanete, cenoura e alface.

O íon K^+ encontra-se, conforme AYERS & WESTCOT (1999), fora da faixa de valores considerados normais ($0,0$ a $2,0 \text{ mg L}^{-1}$) em água de irrigação. Esses valores são próximos a $19,5 \text{ mg L}^{-1}$, obtido por Kouraa et al., (2002), que irrigando AR em batatinha e alface, não verificaram qualquer diferença significativa nos atributos químicos do solo posterior às irrigações.

AYERS & WESTCOT (1999) afirmam que uma variação entre 0 a $20 \text{ meq Ca}^{+2} \text{ L}^{-1}$, é classificada como normais em água de irrigação.

Os níveis de P estiveram próximos ao teor médio de $2,77 \text{ mg L}^{-1}$ obtidos por Kouraa et al., (2002), em reúso de efluentes tratados em série em batatinha e alface. Tais níveis estão em conformidade com o valor de $10,2 \text{ mg L}^{-1}$, o qual foi sugerido por AYERS & WESTCOT (1999) para água de irrigação.

Considerando-se a resolução CONAMA nº 357/05, observa-se que os valores de P são superiores ao preconizado de $0,020$ e $0,025 \text{ mg L}^{-1}$.

No entanto, os valores encontrados, tanto não apresentam riscos relacionados à eutrofização, como também será fundamental no suprimento de fósforo às plantas.

Comparando-se o teor de sólidos totais com o preconizado pela IT nº 32/2006 (CETESB, 2006) (Tabela 14), verifica-se que os valores encontram-se abaixo do estipulado, não apresentando qualquer restrição ao reúso agrícola. A resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005b) preconiza o máximo de 500 mg L^{-1} .

A concentração média de sólidos totais (Tabela 14) esteve sempre abaixo daqueles estipulados por Von Sperling (2005) citou uma faixa de 700 e 1.350 mg.L^{-1} , para esgoto bruto, enquanto Souza (2005) obteve concentração média de sólidos totais na faixa de 528 mg.L^{-1} para a mesma água residuária.

A contagem de coliformes totais excedeu os limites permitidos pela legislação brasileira para reúso agrícola, que é de, no máximo, $10^3 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$, sugerindo possível contaminação do rabanete devido à irrigação por AR. Além disso, a portaria CVS/SP nº 21/91 (BRASIL, 1991) estipula, em seu artigo 1º que, “A água usada para a irrigação de plantações de hortaliças e frutas rasteiras não poderá conter uma concentração superior a 1000 coliformes fecais em 100 mL de amostra”.

ABREU et al., (2010) observaram que 100% das amostras da água de irrigação aplicadas na alface pesquisada estavam fora dos padrões permitidos para o parâmetro de coliformes a 45 °C, uma vez que a norma do CONAMA nº 20/1986 (BRASIL, 1986) estabelece o limite de tolerância zero para coliformes fecais em água de irrigação de hortaliças consumidas cruas.

5.7 Análise sanitária do solo e do rabanete

A contaminação sanitária de alimentos por microrganismos contidos na AR é o principal risco do reúso agrícola, se a eficiência dos sistemas de tratamento não é alcançada.

Microbiologicamente, as bactérias do gênero *Escherichia* configuram-se num parâmetro indicativo mais específico, pois são restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

Estas, juntamente com coliformes totais e fecais, vêm sendo empregados na avaliação da qualidade microbiológica de alimentos por serem grupos ou espécies de microrganismos que, presentes em um alimento, podem informar sobre a ocorrência de contaminação de origem fecal, sobre a presença de patógenos ou deteriorantes no alimento, além de se associarem a condições sanitárias inadequadas durante o processamento, armazenamento ou comercialização (FRANCO & LANDGRAF, 2005).

A resolução ANVISA nº 12/01 (BRASIL, 2001), determina o máximo de 10^2 coliformes termotolerantes por grama para raízes, tubérculos e similares consumidos *in natura*. Assim, a sua presença em amostras de rabanete de ambos os tratamentos (Tabela 16), indicou poluição fecal não podendo, portanto, ser comercializada e/ou consumida sem um tratamento complementar.

Tabela 16. Perfil microbiológico de rabanete e solo, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Coliformes totais	<i>E. coli</i>	Coliformes totais	<i>E. coli</i>
	rabanete		solo	
AB	$3,16 \times 10^2$ a ¹	$86,07 \times 10^6$ a	$15,49 \times 10^2$ a	$28,82 \times 10^6$ a
AR	$3,91 \times 10^2$ a	$55,91 \times 10^6$ a	$2,91 \times 10^2$ a	$41,83 \times 10^6$ a
Dms	5,22	140,66	26,53	72,71
CV %	85,24	114,53	166,64	118,97
Valor de F	0,12 ^{ns}	0,27 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,19 ^{ns}

Onde: Coliformes totais: NMP g⁻¹; *E. coli*: UFC g⁻¹.

¹ Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

* e^{ns} – significativo a 0,01 e não significativo, respectivamente.

Resultados distintos foram obtidos por Oliveira et al. (2013) que registraram a presença de coliformes totais em níveis abaixo dos limites mínimos admitido pela legislação sanitária irrigando moranga, a qual tinha contato com esgoto tratado via irrigação por gotejamento.

Dentre a provável causa da contaminação, pode-se sugerir a água de irrigação decorrente de eventual deficiência no sistema de tratamento, visto que as etapas de tratamento na ETE não foram efetivamente projetadas para a remoção de patógenos. Quanto à condição sanitária do solo, inúmeros fatores interferem na sobrevivência dos patógenos, tais como tempo de contato solo-efluente (ROCHA et al., 2003); sistema de irrigação (SOUZA et al., 2006); luz solar, pH, temperatura, concentração de matéria orgânica e consumo dos substratos por outros micro-organismos (CHERNICHARO, 1997) e umidade relativa do ar.

Constatou-se que o solo de ambos os tratamentos apresentaram elevados níveis de coliformes totais e *E. coli*, apresentando-se na mesma ordem de grandeza. Estes resultados são discordantes com ABREU et al., (2010) que, seguindo recomendação de APHA (2005), compararam diferentes fontes de adubação orgânica com a adubação mineral e não verificaram contaminação por coliformes termotolerantes em amostras de solo, atribuindo tal fato à água de irrigação. Por outro lado, Lima et al., (2005) encontraram em solo submetido à AR níveis variantes de $1,80 \times 10^2$ a $4,50 \times 10^4$ NMP 100 g⁻¹ de *E. coli* e de $2,68 \times 10^3$ a $9,27 \times 10^5$ NMP100 g⁻¹ de coliformes termotolerantes.

6. CONCLUSÕES

1. O uso de AR não comprometeu a composição nutricional e a produção do rabanete, não havendo diferença significativa entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

2. O efluente tratado elevou a fertilidade, a razão de adsorção de sódio e porcentagem de sódio trocável do solo, mas sem risco de sodificação.

3. A AR enquadrou-se nos padrões legais vigentes para a agricultura, exceto os sanitários.

4. O rabanete apresentou contaminação microbiológica em termos de coliformes totais e *E. coli*, em desacordo com a legislação sanitária vigente quando adotada água de abastecimento e de reúso.

7 REFERENCIAS

ABREU, I. M. de O.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R.; OLIVEIRA, S. A. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 108-118, 2010. Suplemento 1.

AL-NAKSHABANDI, G. A.; SAQQAR, M. M.; SHATANAWI, M. R.; FAYYAD, M.; AL-HORANI, H. Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.34, p.81-94, 1997.

AMORIM, J. R. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção do alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 167 – 176, 2002.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21.ed. Washington, D.C.: APHA, 2005. 1082p.

ARAUJO, A. et al, Reuso indireto de esgotos na irrigação de colunas experimentais de solo cultivadas com alface (*Lactuca sativa*, L). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 20, 2000. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária**, Rio de Janeiro - RJ: ABES, 2000, p. 272-83.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1. 2 ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

AZEVEDO, L.P.; OLIVEIRA, E.L. Efeitos da aplicação de efluentes de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.253-263, 2005.

BAKSH. K & HASSAN, S. Use of sewage water for radish cultivation: A Case Study of Punjab, Pakistan / **J. Agri. Soc. Sci.**, Vol. 1, No. 4, 2005.

BAKSH, K., **Economics of growing winter vegetables in Multan district**. 2002. Unpublished *M. Sc. Thesis*, Department of Agricultural Economics, University of Agriculture, Faisalabad-Pakistan, 2002.

BARRETO, A. N.; NASCIMENTO, J. J. V. R. do; MEDEIROS, E. P. de; NÓBREGA, J. A. da; BEZERRA, J. R. C. Changes in chemical attributes of a Fluvent cultivated with castor bean and irrigated with wastewater. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.5, p.480–486, 2013.

BASTOS, R.K.X (Coord.). Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 267 p. Projeto PROSAB.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa, Impr. Universitária, 2006. 625p.

BITTON, G. **Wastewater microbiology**. New York: Willey-liss, 1994.

BRASIL. CONSELHO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DA BAHIA (CONERH/BA). Resolução nº. 75, de 29 de julho de 2010. Estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal. **Diário Oficial do Estado da Bahia**. Salvador – BA, 2010.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS/CNRH. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Brasília: **Diário Oficial da União**; p. 1-3, 2005a.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasil, 23 p, 2005b.

BRASIL. Resolução ANVISA - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 1-67, 2001.

BRASIL. Portaria ANVISA nº 451, de 22 de setembro de 1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 182, p. 21005-21012, 1997. Seção 1.

BRASIL. PORTARIA CVS nº 21, de 19.12.91. Dispões sobre a qualidade da água de irrigação para hortaliças e frutas rasteiras no estado de São Paulo. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, p. 1-1, 1991.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº. 20, de 18 de junho de 1986. Dispõe sobre a classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional, e, dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasil, 1986.

CAMARGO, G.A.; CONSOLI, L.; LELLIS, I.C.S.; MIELI, J.; SASSAKI, E.K. Bebidas naturais de frutas perspectivas de mercado, componentes funcionais e nutricionais. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, p. 181-195, 2007.

CAMPOS, A.T.; DAGA, J.; RODRIGUES, E.E.; FRANZENER, G.; SUGUY, M.M.; SYPERRECK, V.I.G. Tratamento de águas residuárias de fecularia por meio de lagoas de estabilização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.235-242, 2006.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de água residuárias**: tratamentos anaeróbios. Belo Horizonte: DESA/UFMG, v.5, 1997. 246p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Org.: Carlos Jesus Brandão et al. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Orientação para apresentação de projeto visando à aplicação de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura**. São Paulo, 2006. 11p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Qualidade da água. São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/água/rios/curiosidades.asp>. Acesso em: 20 out. 2005.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976. **Regulamenta a lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 1976, 8 p.

COSTA, D. M. A.; MELO, H. N. S.; FERREIRA, S. R.; DANTAS, J. A. Conteúdo de N, P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ no amaranto (*Amaranthus* spp) sob estresse salino e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 209 - 216, 2008.

DUARTE, A. S.; AIROLDI, R. P. S.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.3, p.302–310, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; MATOS, A.T. et al. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.467-477, 2010.

FRAVET & CRUZ (2007) - Qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu - **Rev. Irriga**, Botucatu, v.12, n.2, p. 144-155, abril-junho, 2007

FALKINER, R.A.; SMITH, C.J. Changes in soil chemistry in effluent- irrigated *Pinus radiata* and *Eucalyptus grandis*. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, p.131-147, 1997.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Roma: FAO, 1992. 125p. Irrigation and Drainage, 47.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa-MG: UFV, 2003. p. 289-290.

FILHO, J. M.; KIKUTI, A. L. P. **Vigor de sementes de rabanete e desempenho de plantas em campo**. Revista Brasileira de Sementes, vol. 28, nº 3, 2006. p.44-51.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. Microbiologia de alimentos. São Paulo: **Atheneu**, 182p., 2005.

HAYAT, S.; AHMAD, I.; AZAM, Z.M.; AHMAD, A.; INAM, A.; SAMIULLA, H. Effect of long-term application of oil refinery wastewater on soil health with special reference to microbiological characteristics. **Bioresource Technology**, v. 84, p. 159-163, 2002.

HOLANDA, J. S. de; AMORIM, J. R. A. de. Qualidade da água para irrigação In.: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. (ed.) **Manejo e controle da salinidade na cultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.137-169.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. CENSO AGROPECUÁRIO 1995/96 e 2006 - Brasil. 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/agropecuaria/censoagro/2006/>. Acesso em: 8/07/2012.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Situação do Saneamento no Brasil. 2013. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/situacao-do-saneamento-no-brasil.>> Acesso em: 8/10/2013.

ITO, H.; HORIE, H.A. A Chromatographic Method for Separating and Identifying Intact 4-Methylthio-3-Butenyl Glucosinolate in Japanese Radish (*Raphanus sativus* L.). **Japan Agricultural Research Quarterly**, v. 42, n. 2, p. 109-114, 2008.

KHURANA, M. P. S.; SINGH, P. Waste Water Use in Crop Production: A Review- Resources and Environment. 2(4): 116-131, 2012.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LEITE IC. **Estudos ecológicos de *Raphanus sativus* L. cv. Crimson Giant no efeito do comportamento térmico do solo**. Monografia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 122 f. 1976.

LEON SUEMATSU, G.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Tradução de: H.R. Gheyi, A. König, B.S.O. Ceballos, F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1999. 109p.

LOPES, E.S.; PERON, S.C.; PORTUGAL, E.P.; CAMARGO, O.A. & FREITAS, S.S. Atividade respiratória de solo tratado com vinhaça e herbicida. **Rev. Bragantia**, 45:205-210, 1986.

LUCENA, A. M. A. et al. Influência da natureza do substrato e da água de irrigação no crescimento de mudas de flamboyant (*Delonix regia*). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 112-120, 2007.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. Viçosa: UFV. 2009. 355p.

MATOS, A. T.; SEDIYAMA, M. A. N. Riscos potenciais ao ambiente pela aplicação de dejetos líquidos de suínos ou compostos orgânicos no solo. **In:** Seminário Mineiro Sobre Manejo e Utilização de Dejetos de Suínos, 1, Ponte Nova. Anais... Viçosa: EPAMIG, 1995. p.45-54.

MATOS, A. T. de; ABRAHÃO, S. S.; LO MONACO, P. A. V.; SARMENTO, A. P.; MATOS, M. P. de. Capacidade extratora de plantas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias de laticínios. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.12, p.1311–1317, 2010.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T & SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 9, n. 4, p. 603-612, 2005.

MONTES, C. R.; FONSECA, A. F.; MELFI, A. J.; SANTOS, A. P. R.; GLOAGUEN, T.; FORTI, M. C.; PIVELLI, R. Agricultural use of stabilization pond effluent: a case study in the city of Lins (SP, Brazil). In: International Meeting of International Humic Substances Society, 12, 2004, São Pedro. Resumos... São Pedro: EMBRAPA, 2004. v.1. p.732-734.

NEILSEN, G.H.; STEVENSON, D.S.; FITZPATRICK, J.J.; The effect of municipal wastewater irrigation and rate of N fertilization on petiole composition, yield, and quality of Okanalgran Riesling grapes. **Can. J. Plant Sci.** 69:1285-1294. 1989a.

NEILSEN, G.H.; STEVENSON, D.S.; FITZPATRICK, J.J.; BROWNLEE, C.H. Nutrition and yield of young apple trees irrigated with municipal waste water. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 114(3):377-383. 1989b.

OLIVEIRA, C. A. F.; GERMANO, P. M. L. Estudo da ocorrência de enteroparasitas em hortaliças comercializadas na região metropolitana de São Paulo – SP, Brasil. II – Pesquisa de protozoários intestinais. **Revista de Saúde Pública**, S. Paulo, v. 26, n. 5, p. 332-335, 1992.

OLIVEIRA, E. L. ; LEOPOLDO, P. R. ; PEREIRA, R. A. C. B. . Reúso de efluente de tratamento de esgoto em irrigação por subsuperfície.. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001, João Pessoa. Saneamento Ambiental: Desafio Para o Século 21. Rio e Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. v. I. p. 402-402. Disponível em: < <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/brasil/ii-103.pdf> > acesso em: 15 set. 2013.

OLIVEIRA, P. C. P.; GLOAGUEN, T. V.; GONÇALVES, R. A. B.; SANTOS, D. L. Produção de moranga irrigada com esgoto doméstico tratado. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.8, p.861–867, 2013.

ORON, B.G.; DEMALACH, J.; HOFFMAN, Z.; CIBOTARU, R. Subsurface microirrigation with effluent. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v.117, n.1, p.115-26, Jan/Feb., 1991.

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

PEREIRA, E. R.; PIEDADE, S. M. S. Crescimento do rabanete em túneis baixos cobertos com plástico perfurado em diferentes níveis de perfuração. **Thesis**, São Paulo, ano I, v. 2, p. 32- 44, 2004.

PIZARO F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. Madrid: EdicionesMundi-Prensa,2ed, 1990. 417p.

PULSCHEN, A.A.; GOMES, M.P.M.; URBANO, V.R.; BASTOS, R.G.; SOUZA, C.F. Tratamento biológico de efluentes sanitários em ETE mista. **In: III Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, Anais...São Pedro: SBERA, 2013. CD Rom.**

RAIJ, B. VAN.; CANTARELLA, H.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B.VAN.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLAN, A.M.C. **Recomendações para adubação e calagem no Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p.97-101 (Boletim Técnico, 100).

REBEQUI, A. M.; CAVALCANTE, L. F.; NUNES, J. C.; DINIZ, A. A.; BREHM, M. A. S.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. Produção de mudas de limão cravo em substrato com biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 32, n. 2, p.219 – 228. 2009.

RIBEIRO, E. A.; SANDRI, D.; BOÊNO, J. A. Qualidade da água de córrego em função do lançamento de efluente de abate de bovino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.4, p.425–433, 2013.

RICHARDS L. A. **Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils**. USDA. 1954. 160 p. (Agriculture Handbook nº 60).

ROCHA, R. E. M.; PIMENTEL, M. S.; ZAGO, V. C. P.; RUMJANEK, N. G.; DE-POLLI, H. Avaliação de biofóssido de águas servidas domiciliares como adubo em couve. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1435-1441, 2003.

ROLIM, H. M. V.; TORRES, M. C. L. Ocorrência de coliformes fecais e *Escherichia coli* em alface comercializada em Goiana-GO. **Anais Esc. Agron. e Vet.**, Goiás, v.22, n.1, p.47-53, 1992.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.775-764, 2009.

SANTOS, M. H. V. dos; ARAÚJO, A. C. de; SANTOS, D. M. R. dos; LIMA, N. da S; LIMA, C. L. C. de; SANTIAGO, A. D. Uso da manipueira como fonte de potássio na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em casa-de-vegetação. **Acta Sci., Agron.** (Online) vol.32 no.4 Maringá Oct./Dec. 2010. Maringá, v. 32, n. 4, p. 729-733, 2010a

SANTOS, J. D. dos; **Análise parasitológica de esgotos tratados utilizados na agricultura.** São Paulo. USP. 2010 b. 135 p. Dissertação Mestrado.

SANTOS, S. S. dos; SOARES, A. A.;MATOS, A. T. de;MANTOVANI, E. C.; BATISTA, R. O.; MELO, J. C. de; Contaminação microbiológica do solo e dos frutos de cafeeiros fertirrigados com esgoto sanitário. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.14, n.1, 16-22, Jan/Mar, 2006.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software Assitat-Statistical attendance. In: World Congress on Computers in Agriculture, 7, Proceedings... American Society of Agricultural and Biological Engineers, Reno-NV-USA, 2009.

SILVA, N.; JUNQUEIRA,V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S.; GOMES, R.A.R. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos.** 3ª edição. São Paulo: Livraria Varela, 2007.

SILVA, A. J. N. **Alterações físicas e químicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob diferentes sistemas de manejo com cana-de-açúcar.** Porto Alegre: UFRS, 2003. 120p. Tese Doutorado.

SIMONETE, M. A., KIEHL, J. C., PLESE, L. P. M., Efeito do lodo de esgoto nas propriedades químicas de um solo podzólico vermelho-amarelo. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Brasília, 1999 (049-2).

SOUZA, J. T.; CEBALLOS, B. S. O.; HENRIQUE, I. N.; DANTAS, J. P.; LIMA, S. M. S. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, mar. 2006.

SOUZA, J. A. R. de; DENÍCULI, W; BATISTA, R. O; VAL, J. C. C.; MATOS, A. T. de Caracterização hidráulica de microaspersor aplicando água limpa, água residuária de avicultura e de bovinocultura. **Rev. Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.13, n.3, 161-172, Jul./Set., 2005.

TANJI, K.K.; KIELEN, N.C., 2002. **Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas**. FAO irrigation and drainage paper 61. FAO, Rome: 135-160, 2002.

TEÓFILO, T. M. S.; FREITAS, F. C. L. de; NEGREIROS, M. Z. de; LOPES, W. de A.; VIEIRA, S. S. Crescimento de cultivares de cenoura nas condições de Mossoró – RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 168-174, 2009.

TRANI, F.E.; PASSOS, F.A.; TAVARES, M.; AZEVEDO FILHO, J.A. Beterraba, cenoura, nabo, rabanete e salsa. In: RAIJ, B.Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (Boletim, 100)**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1997. 285 p.

VARALLO, A. C. T.; CARVALHO, L.; SANTORO, B. L.; SOUZA, C. F. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-amarelo irrigado com água de reúso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.372-377, 2010.

VELOSO, M. E. C. **Efeito de diferentes qualidades de água sobre algumas propriedades físico-químicas de um Brunizem Avermelhado**. Viçosa, UFV: 1991. Dissertação (mestrado).

VITTI M. R.; VIDAL, M. B.; MORSELLI, T. B. G. A.; FARIA, J. L. C. **Resposta do rabanete a adubação orgânica em ambiente protegido**. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.2, n.1, p. 1158-1161, 2007.