

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

Giuliano Gabrielli

**Reúso de efluente de esgoto sanitário anaeróbio e
nitrificado em irrigação de roseiras**

**Campinas
2011**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

Giuliano Gabrielli

**Reúso de efluente de esgoto sanitário anaeróbio e nitrificado em irrigação
de roseiras**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Saneamento e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Coraucci Filho

Campinas
2011

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

G114r Gabrielli, Giuliano
Reúso de efluente de esgoto sanitário anaeróbico e nitrificado em irrigação de roseiras / Giuliano Gabrielli. -
-Campinas, SP: [s.n.], 2011.

Orientador: Bruno Coraucci Filho.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Água - Reutilização. 2. Águas residuais no solo.
3. Macronutrientes. I. Coraucci Filho, Bruno. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Reuse of anaerobic and nitrified wastewater effluents for irrigation of roses

Palavras-chave em Inglês: Water - Reuse, Wastewater into the soil, Macronutrients

Área de concentração: Saneamento e Ambiente

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: José Marques Júnior, Francisco Anaruma Filho

Data da defesa: 28/02/2011

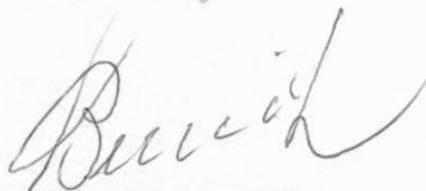
Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

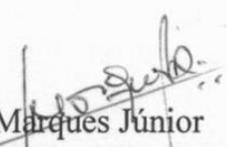
**Reúso de efluente de esgoto sanitário anaeróbio e nitrificado em
irrigação de roseiras**

Giuliano Gabrielli

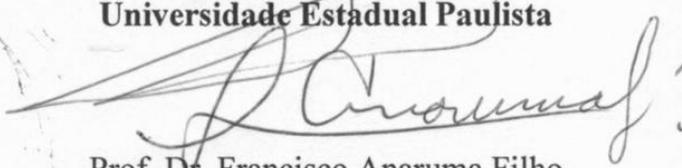
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora constituída por:



**Prof. Dr. Bruno Coraucci Filho
Presidente e Orientador/Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dr. José Marques Júnior
Universidade Estadual Paulista**



**Prof. Dr. Francisco Anaruma Filho
Universidade Estadual de Campinas**

Campinas, 28 de Fevereiro de 2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Bruno Coraucci Filho pela acolhida no projeto, amizade e confiança.

Agradeço ao professor Francisco Anaruma Filho pelos conselhos e momentos de descontração.

Agradeço a professora Eglé Teixeira Novaes pela ajuda e ensinamentos sobre metodologia.

Agradeço ao Luccas Marinho pela companhia numa parte do projeto.

Agradeço ao senhor Miguel, proprietário do sítio Esperança, da cidade de Holambra, por ter cedido as mudas e permitir visitas a sua propriedade.

Agradeço ao Gildo, funcionário do sítio esperança, pela boa vontade em ajudar e ensinar sobre roseiras.

Agradeço aos técnicos do laboratório de saneamento, Enelton e Lígia, pela ajuda com as análises.

Agradeço a primeira geração de estagiárias (Luciana, Cristina, Tânia e Natália) e a segunda (Suelen e Milena) pela ajuda na manutenção da estufa.

Agradeço a Danila Torres pela amizade e ajuda providencial na parte final do mestrado.

Agradeço ao Mateus por ter me orientado e ajudado nas análises químicas e pelo monte de coisas que ajudou a fazer sempre com boa vontade.

Agradeço a Luana pela ajuda com o inglês e pelas dicas durante o mestrado.

Agradeço a Dani Tonon pela ajuda no projeto e acima de tudo, pela amizade.

Agradeço ao Jorge, o Paixão, por ter aguentado as minhas conversas furadas e por perder as partidas de tênis.

Agradeço a Capes pela concessão da bolsa de mestrado e a Fapesp pelo auxílio à pesquisa.

RESUMO

GABRIELLI, G. **Reúso de efluente de esgoto sanitário anaeróbio e nitrificado em irrigação de roseiras**. 2011. 61 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2011.

Efluentes de estações de tratamento de esgotos com nível de tratamento secundário podem ainda conter nutrientes em quantidades prejudiciais ao ambiente. O lançamento desses efluentes podem causar eutrofização dos corpos d'água, tornando a água inapropriada para usos previstos, como abastecimento para consumo humano, atividades de lazer, etc. Além do problema da eutrofização, há a dificuldade de se atender a resolução 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA 357 –, que estabelece padrões de qualidade dos corpos d'água com relação a concentração de nitrogênio e fósforo. Assim, uma das maneiras de diminuir o afluxo de nutrientes para os corpos d'água seria pelo reúso agrícola, que ainda leva a economia no uso de fertilizantes. Porém o reúso de esgoto tratado em irrigação pode trazer alguns problemas, entre os quais salinização e sodificação do solo e excesso de nitrato na solução do solo. Por isso é necessário que haja monitoramento das características químicas do solo da área irrigada. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade de irrigação de rosas por gotejamento com efluente de esgoto anaeróbio e nitrificado, analisando o grau de salinização e de sodificação do solo, do teor de nitrato e potássio da solução do solo e da produtividade da cultura e parâmetros das hastes florais em comparação com o cultivo tradicional com uso de fertilizantes e irrigação com água. A maior produção foi obtida no tratamento com efluente nitrificado, de 15.000 dz ha⁻¹. Não houve diferença estatística dos parâmetros das hastes (comprimento e diâmetro da haste; comprimento e diâmetro do botão floral; e massa fresca do botão) entre os tratamentos. A condutividade elétrica no extrato de saturação do solo foi maior no tratamento com efluente anaeróbio mais adubação, chegando a 0,69 dS m⁻¹. A RAS máxima foi de 5,65 mmol_c L⁻¹ no tratamento com efluente nitrificado. A concentração de N-NO₃⁻¹ nos tratamentos com efluentes ficou em torno de 20 mg L⁻¹. A aplicação de efluentes tratados em roseiras se mostrou viável.

Palavras chave: Água – Reutilização; Águas residuais no solo; Macronutrientes

ABSTRACT

GABRIELLI, G. **Reuse of anaerobic and nitrified wastewater effluents for irrigation of roses. 2011.** 61 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2011.

Wastewater secondary treatment plants effluent may contain, yet, nutrients in amounts harmful to the environment. These effluents discharging can cause eutrophication in receiving waters, making it unsuitable for intended uses, such as provision for human consumption, leisure activities, etc. Besides the problem of eutrophication, there is the difficulty to make it appropriate to patterns recommended by resolution nº 357, 2005 from National Council on the Environment - CONAMA - which establish the quality standards for receiving waters about nitrogen and phosphorus concentration. Thus, a way to decrease the influx of nutrients to receiving waters would be agricultural reuse, which still leads savings in fertilizer use. But treated wastewater reuse in irrigation can bring some problems, including salinity and sodicity in soil and nitrate excess in soil solution. Therefore, it is necessary soil chemical characteristics monitoring of the irrigated area. So, the aim of this study was to evaluate the feasibility of drip irrigation of roses with anaerobic and nitrified wastewater effluents, analyzing the degree of salinity and sodicity of the soil, content of nitrate and potassium in the soil solution, yield of the crop and parameters of the flowers in comparison to traditional cultivation with fertilizer and freshwater irrigation. The highest production was in the nitrified effluent treatment, that was 15,000 dozen ha^{-1} . There was no statistical difference among treatment in flowers' parameters (stem diameter and length, bud length and diameter, fresh button mass). Electrical conductivity in saturation extract of soil was 0.69 dS m^{-1} in anaerobic effluent with fertilization treatment. Maximum SAR was 5.65 ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$) in nitrified effluent treatment. Concentration of $\text{NO}_3^- \text{N}$ in all treatments was around 20 mg L^{-1} . The application of treated effluent in roses is shown to be viable.

Palavras chave: Water – Reuse; Wastewater into the soil; Macronutrients

LISTA DE FIGURAS

	página
Figura 4.1 Vista frontal da estufa	32
Figura 4.2 Vista dos canteiros	32
Figura 4.3 Plantas em estágio produtivo	33
Figura 4.4 Curva de retenção de água no solo.....	34
Figura 4.5 Detalhe da bomba e filtro acoplados a caixa de irrigação.....	37
Figura 4.6 Tensímetro analógico de punção.....	37
Figura 4.7 Esquema do sistema de irrigação	38
Figura 4.8 Esquema da distribuição dos canteiros e tratamentos na estufa e da localização de tensiômetros e extratores	39
Figura 4.9 Madeirite pintada com marcações principais a cada 10 cm subdivididas em cm.....	42
Figura 4.10 CH sendo medido. No meio da tábua riscos a cada um cm	42
Figura 4.11 Balde com água e potes de vidro no fundo	43
Figura 4.12 Rosas colhidas.....	43
Figura 4.13 Feixes etiquetados	43
Figura 4.14 Detalhe da etiqueta com barbante	43
Figura 4.15 Folha encarquilhada com presença de micélio branco.....	44

LISTA DE TABELAS

	página
Tabela 3.1 Concentração média de nutrientes em efluentes de sistemas de tratamento	15
Tabela 3.2 Padrões de N e P para corpos d`água doce da Resolução CONAMA 357/2005.....	18
Tabela 3.3 Custo de tratamento com remoção de nutrientes e de tratamentos de disposição do solo	20
Tabela 3.4 Respostas das culturas a salinidade medida em condutividade elétrica do extrato de saturação	24
Tabela 3.5 Correlação exigida entre RAS e condutividade elétrica em efluentes.....	27
Tabela 4.1 Análise granulométrica do solo da área experimental.....	33
Tabela 4.2 Características dos efluentes anaeróbio e nitrificado usados no experimento.....	36
Tabela 5.1 Quantidade de água e efluentes aplicados durante o experimento	46
Tabela 5.2 Produtividade de hastes florais nos diferentes tratamentos	48
Tabela 5.3 Valores médios dos parâmetros das hastes florais.....	49
Tabela 5.4 Condutividade elétrica (CE) na solução do solo, a 25°C, nos diferentes tratamentos	50
Tabela 5.5 Concentração de sódio na solução do solo	51
Tabela 5.6 RAS na solução do solo.....	51
Tabela 5.7 Concentração de K na solução do solo.....	52
Tabela 5.8 Concentração de nitrogênio na forma de nitrato na solução do solo.....	53

SUMÁRIO

	página
RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	8
1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivos gerais	13
2.2 Objetivos específicos	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Nutrientes em efluentes de esgoto tratado e consequências	14
3.1.1 Eutrofização	16
3.1.2 CONAMA 357/05 e dificuldade de enquadramento	17
3.2 Custo da remoção de nutrientes	19
3.3 Reúso de efluente tratado em irrigação	21
3.4 Aporte de nutrientes ao solo pelo reúso agrícola	22
3.5 Principais aspectos limitantes do reúso de efluentes na agricultura	23
3.5.1 Salinidade	23
3.5.2 Sódio, porcentagem de sódio trocável (PST) e razão de adsorção de sódio (RAS)	24
3.5.3 Excesso nutrientes na solução do solo	26
3.6 Características dos efluentes relacionadas à salinização e sodificação	26
3.7 Floricultura	27
3.8 Cultura da rosa	29
4 MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1 Localização do experimento	31
4.2 Estufa e canteiros	31
4.3 Variedade de rosa	32
4.4 Espaçamento e idade das plantas	32
4.5 Solo	33
4.5.1 Textura e curva de retenção de água no solo	33
4.5.2 Preparo do solo	34
4.6 Efluentes	35
4.7 Irrigação	36
4.8 Delineamento experimental e estatística	40
4.9 Análises	40
4.9.1 Solução do solo	40

4.9.2	Hastes florais	41
4.10	Controle de doenças e pragas	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1	Irrigação	46
5.2	Aporte de nutrientes.....	47
5.3	Produtividade.....	48
5.4	Parâmetros das hastes florais	48
5.5	Solução do solo.....	49
5.5.1	Condutividade elétrica (CE)	49
5.5.2	Concentração de sódio e razão de adsorção de sódio (RAS) na solução do solo	50
5.5.3	Concentração de potássio e nitrato na solução do solo.....	52
6	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

Efluentes de estações de tratamento de esgotos com nível de tratamento secundário podem ainda conter nutrientes em quantidades prejudiciais ao ambiente. Portanto, o lançamento desses efluentes em corpos d'água pode levar à eutrofização, que é o aumento da concentração dos nutrientes nitrogênio e fósforo nos corpos d'água, diminuindo a qualidade das águas superficiais, prejudicando a vida aquática e a utilização da água pela população.

Além do problema da eutrofização, há a dificuldade de se atender a resolução 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA 357 –, que estabelece padrões de qualidade dos corpos d'água com relação a concentração de nitrogênio e fósforo que tornam difícil a obtenção, pela maioria dos processos de tratamento de esgoto, de efluentes que não alterem a classificação do corpo d'água (VON SPERLING *et al.*, 2009).

O reúso, portanto, é uma oportunidade de reduzir ou eliminar a descarga de nutrientes nos corpos receptores, visto que aproveita-se os nutrientes do efluente, indesejáveis em excesso nos corpos d'água, para a produção agrícola. Com isso, evita-se a eutrofização dos corpos d'água, promovendo-se a ciclagem de nutrientes de maneira adequada e diminuindo-se a utilização de fertilizantes.

A irrigação com efluente de esgoto tratado deve possibilitar o retorno econômico pelo uso de água e nutrientes na produção de culturas comerciais e por isso o sistema deve ser desenvolvido para promover a absorção de nutrientes pela cultura e aumentar a produção (EPA, 1981).

Porém o reúso de esgoto tratado em irrigação pode trazer alguns problemas, entre os quais salinização e sodificação do solo, excesso de nitrato na solução do solo e contaminação do lençol freático por nitrato. (EPA, 1981; WHO, 2006; TELLES, 2003). Por isso é necessário que haja monitoramento das características químicas do solo da área irrigada ao longo do tempo do reúso para evitar, principalmente, que a salinidade e a sodificação atinjam níveis prejudiciais às plantas, como também é necessário que haja um controle da taxa de aplicação de efluentes, já que dependendo da técnica de irrigação, a maior parte da água evapotranspira em vez de percolar (CORAUCCI FILHO, 1999a), o que ajuda a prevenir problemas de contaminação de lençol freático.

Uma atividade de alto valor econômico é a floricultura, em especial a produção de rosas de corte. Segundo o Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR, 2009a), no mercado interno, avalia-se que a floricultura brasileira movimenta, anualmente, um valor em torno de US\$ 1,2 bilhões por ano. O Estado de São Paulo destaca-se entre os estados produtores de flores no panorama nacional, participando com 71,3% da área cultivada e 74,5% do valor da produção do País (KIYUNA *et al.*, 2001). Assim, o cultivo de roseiras tem potencial de receber irrigação com efluente de esgoto tratado.

Assim, a proposta deste trabalho foi a de irrigar roseiras por gotejamento com efluente de esgoto anaeróbico e nitrificado no segundo ano de aplicação de efluentes na cultura para analisar se a produção de hastes florais compensa a prática de reúso. Este trabalho foi sequência ao trabalho desenvolvido por Marinho (2010) no laboratório de reúso (LABREUSO) da Faculdade de Engenharia Civil. Mudanças de algumas características do solo foram analisadas, relacionando prováveis aumentos ou diminuições de produtividade com as mudanças das características do solo e com o aporte de nutrientes nos diversos tratamentos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade de irrigação de roseiras por gotejamento com efluente de esgoto anaeróbio e nitrificado em comparação com o cultivo tradicional com uso de fertilizantes e irrigação com água.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- avaliar o aporte dos macronutrientes vegetais nitrogênio, fósforo e potássio;
- avaliar as alterações na condutividade elétrica do solo, no teor de sódio e na razão de adsorção de sódio (RAS);
- avaliar o teor de nitrato e potássio na solução do solo; e,
- avaliar os efeitos da irrigação com efluente na produtividade e qualidade de hastes florais de rosas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 NUTRIENTES EM EFLUENTES DE ESGOTO TRATADO E CONSEQUÊNCIAS

Segundo Pinto *et al.* (2009), os sistemas biológicos de tratamento de esgoto para remoção de matéria orgânica geram efluentes com concentrações elevadas de nitrogênio e fósforo. Carey e Migliaccio (2009) também se referem à concentração de nutrientes dos efluentes como inapropriadas para o lançamento em corpos d'água, apesar das estações de tratamento de esgotos serem importantes para aumentar a qualidade dos efluentes antes de serem lançados nos corpos receptores. Na Tabela 3.1 são apresentadas concentrações médias de nutrientes em efluentes de diversos sistemas de tratamento de esgotos domésticos.

Pela Tabela 3.1 é possível observar que a maior parte dos sistemas de tratamento de esgotos produzem efluentes com o mínimo de 20 mg L⁻¹ de N e 4 mg L⁻¹ de P. Apenas sistemas naturais de tratamento (infiltração lenta e rápida no solo, sistemas de lagoas com lagoas de alta taxa e de maturação, reator UASB seguido de lagoa de polimento, e tanque séptico seguido de infiltração no solo) e sistemas projetados especificamente para remoção de nutrientes (lodo ativado e biofiltro aerado submerso com remoção biológica de nutrientes, lodo ativado com filtração terciária, reator UASB seguido de flotação por ar dissolvido) atingem valores menores.

Quando a concentração de nutrientes em efluentes de esgoto tratado é alta, seu lançamento causa poluição dos corpos d'água, conhecida como eutrofização, e dificulta muito o atendimento da legislação atual, a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente –

CONAMA – 357 de 2005, que “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 dá outras providências” (CONAMA, 2010a, p. 280).

Tabela 3.1 Concentração média de nutrientes em efluentes de sistemas de tratamento

Sistema	N total	P total
	mg L ⁻¹	
Lagoa facultativa	> 20	> 4
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa	> 20	> 4
Lagoa aerada facultativa	> 30	> 4
Lagoa aerada de mistura completa + lagoa de sedimentação	> 30	> 4
Lagoa anaeróbia + lagoa facult. + lagoa de maturação	15 - 20	< 4
Lagoa anaeróbia + lagoa facult. + lagoa de alta taxa	10 - 15	3 - 4
Lagoa anaeróbia + lagoa facult. + remoção de algas	> 20	> 4
Infiltração lenta	< 10	< 1
Infiltração rápida	< 15	< 4
Tanque séptico + filtro anaeróbio	> 20	> 4
Tanque séptico + infiltração	< 15	< 4
Reator UASB + lodos ativados	> 20	> 4
Reator UASB + biofiltro aerado submerso	> 20	> 4
Reator UASB + biofiltro anaeróbio	> 20	> 4
Reator UASB + filtro biológico percolador de alta carga	> 20	> 4
Reator UASB + flotação por ar dissolvido	> 30	1 - 2
Reator UASB + lagoas de polimento	15 - 20	< 4
Reator UASB + lagoa aerada facultativa	> 30	> 4
Reator UASB + lagoa aerada mist. compl. + lagoa decant.	> 30	> 4
Reator UASB + escoamento superficial	> 15	> 4
Lodos ativados convencional	> 20	> 4
Lodos ativados – aeração prolongada	> 20	> 4
Lodos ativados – batelada (aeração prolongada)	> 20	> 4
Lodos ativados convenc. com remoção biológica de N	< 10	> 4
Lodos ativados convenc. com remoção biológica de N e P	< 10	1 - 2
Lodos ativados convencional + filtração terciária	> 20	3 - 4
Filtro biológico percolador de baixa carga	> 20	> 4
Filtro biológico percolador de alta carga	> 20	> 4
Biofiltro aerado submerso com nitrificação	> 20	> 4

(continua)

Tabela 3.1 Concentração média de nutrientes em efluentes de sistemas de tratamento (conclusão)

Sistema	N total	P total
	mg L ⁻¹	
Biofiltro aerado submerso com remoção biológica de N	< 10	> 4
Biodisco	> 20	> 4

FONTE: modificado de Von Sperling (2005)

3.1.1 Eutrofização

Eutrofização é o aumento da concentração dos nutrientes nitrogênio e fósforo nos corpos d'água (ESTEVES, 1998; VON SPERLING, 2005). Caracteriza-se pelo aumento de biomassa algal, diminuição da transparência da água, baixos níveis de oxigênio dissolvido, aumento da mortalidade de peixes e incidência mais frequente de fitoplâncton tóxico (BURKHOLDER et al.; CARPENTER, et al. e SMITH, citados por CAREY e MIGLIACCIO, 2009). As modificações causadas pela eutrofização podem tornar a água inaproveitável para abastecimento, geração de energia e atividades de lazer (ESTEVES, 1998).

Segundo Branco (1978), Branco (1979) e Von Sperling (2005), citados por Von Sperling *et al.* (2009), os principais efeitos indesejáveis da eutrofização são:

- redução do uso da água para recreação devido a maus odores, insetos e excesso de vegetação;
- solubilização de ferro e manganês devido a condições anaeróbias na água, trazendo problemas de abastecimento de água;
- elevação dos custos de tratamento de água, devido a necessidade de remoção de alga, de cor, sabor e odor;
- rejeição de água para abastecimento devido à presença de toxinas de cianobactérias;

- redução da navegabilidade e problemas de enchentes devido ao crescimento excessivo de macrófitas aquáticas.

A eutrofização pode ser natural ou artificial. A natural é um processo lento e contínuo resultante do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e pela águas superficiais que passam pela superfície terrestre. A artificial é originária de efluentes domésticos, efluentes industriais e atividades agrícolas (ESTEVES, 1998).

Segundo Von Sperling, 2005, o assoreamento de corpos d'água e a drenagem pluvial em áreas de ocupação urbana também contribuem com a eutrofização, porém em muito menor escala do que os efluentes urbanos.

3.1.2 CONAMA 357/05 e dificuldade de enquadramento

Com relação aos padrões de lançamento de efluentes, a resolução CONAMA 357/2005 só estabelece para nitrogênio amoniacal total, que é de 20 mgN L^{-1} (CONAMA, 2010a). Porém tal padrão foi revogado pela resolução CONAMA 397/08, no Art. 1, parágrafo 7, que diz: “O parâmetro nitrogênio amoniacal total não será aplicável em sistemas de tratamento de esgotos sanitários” (CONAMA, 2010b, p. 320). Portanto, atualmente, não há padrão de lançamento de efluentes sanitários para nitrogênio e fósforo.

Porém para o lançamento de efluentes, a resolução CONAMA 357/2005 estabelece a seguinte condição (CONAMA, 2010a, p. 299):

“Art. 28. Os efluentes não poderão conferir ao corpo de água características em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

§ 3º Na ausência de metas intermediárias progressivas obrigatórias, devem ser obedecidos os padrões de qualidade da classe em que o corpo receptor estiver enquadrado.”

Embora metas intermediárias possam por algum tempo permitir lançamentos de efluentes menos restritivos, haverá a necessidade de se atingir as metas finais para que haja enquadramento do corpo receptor na classe de qualidade pretendida para ele. E se não houver metas progressivas definidas para o corpo receptor, os padrões da classe em que estiver enquadrado já devem ser respeitados, conforme o parágrafo 3º do artigo 28.

Na Tabela 3.2 são apresentados os padrões de nitrogênio e fósforo estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para enquadramento dos corpos receptores em classes.

Tabela 3.2 Padrões de N e P para corpos d'água doce da Resolução CONAMA 357/2005

Parâmetro	Unidade	Águas doces			
		1	2	3	4
N amoniacal total (pH ≤ 7,5)	mgN L ⁻¹	3,7	3,7	13,3	-
N amoniacal total (7,5 ≤ pH ≤ 8,0)	mgN L ⁻¹	2,0	2,0	5,6	-
N amoniacal total (8,0 < pH ≤ 8,5)	mgN L ⁻¹	1,0	1,0	2,2	-
N amoniacal total (pH > 8,5)	mgN L ⁻¹	0,5	0,5	1,0	-
Nitrato	mgN L ⁻¹	10,0	10,0	10,0	-
Nitrito	mgN L ⁻¹	1,0	1,0	1,0	-
P total (ambiente lântico)	mgP L ⁻¹	0,020	0,030	0,050	-
P total (ambiente intermediário(*) e tributário direto de ambiente lântico)	mgP L ⁻¹	0,025	0,050	0,075	-
P total (ambiente lótico e tributário de ambiente intermediário)	mgP L ⁻¹	0,10	0,10	0,15	-

* Ambiente intermediário: tempo de residência entre 2 e 40 dias

FONTE: CONAMA (2010a)

Segundo Pinto *et al.* (2009, p. 406),

“as estações de tratamento de esgoto no Brasil, salvo raras exceções, são concebidas visando ao lançamento do efluente final em corpos d'água naturais. Assim a premissa natural para a escolha de processos e parâmetros de dimensionamento é a capacidade de diluição e assimilação do corpo receptor, tomando por referência a vazão média de esgoto tratado e a vazão mínima do corpo receptor.”

Porém com a nova legislação, a premissa de escolha de um sistema de tratamento pela capacidade de diluição do corpo receptor muitas vezes é inviável, como pode ser percebido pela análise de Von Sperling *et al.* (2009), com base na resolução CONAMA 357/2005, demonstrando a dificuldade de se atender os padrões de nitrogênio e fósforo dos corpos receptores para lançamento de esgoto tratado. Tendo como base os padrões de fósforo para ambiente intermediário e lótico do rio classe 2 (Tabela 3.2) e concentrações de fósforo no efluente entre 1 e 10 mg L⁻¹, os autores demonstraram que a razão de diluição (razão entre a vazão do corpo receptor e a vazão do efluente) requerida chega a ser muita alta, o que é difícil de ser conseguido especialmente em rios urbanos no período da seca. Para ambientes intermediários a razão de diluição necessária é de 20 a 500, e para ambientes lóticos, de 10 a 100. Tendo como base o valor mínimo garantido de 4 mg L⁻¹ de fósforo nos efluentes da maioria dos sistemas de tratamento de esgoto, conforme Tabela 3.1, para ambientes intermediários a razão de diluição requerida é aproximadamente 80 e para ambientes lóticos, aproximadamente 40.

3.2 CUSTO DA REMOÇÃO DE NUTRIENTES

Entre as medidas de diminuição da concentração de nutrientes nos efluentes, Von Sperling (2005) cita o tratamento de esgoto com remoção de nutrientes (nível secundário com remoção de nutrientes e/ou terciário) e infiltração de esgotos no solo.

A remoção de nutrientes é cara, requer tratamento e infraestrutura avançados, o que pode ser economicamente inviável (CAREY e MIGLIACCIO, 2009). E de fato, de acordo com Von Sperling (2005), o tratamento terciário é muito raro em países em desenvolvimento, países com limitações orçamentárias e ainda com déficits de saneamento básico mais elementares.

Na Tabela 3.3 é possível analisar as diferenças de custos de implantação e operação/manutenção entre os sistemas de tratamento com remoção de nutrientes e tratamentos com disposição no solo. Os sistemas foram organizados na tabela em ordem crescente do custo de implantação. Apenas infiltração lenta atinge os níveis mais baixos de N e P (Tabela 3.1) com os menores custos. As estações de lodo ativados com remoção biológica ou físico-química

de nutrientes apresentam custos muito superiores em relação aos tratamentos por infiltração no solo. Para se atingir o mesmo padrão de P ($< 1 \text{ mg L}^{-1}$) do sistema de infiltração lenta, apenas com os sistemas de reator UASB + flotação por ar dissolvido, lodos ativados convencional com remoção biológica de N e P ou filtração terciária, que são, em relação ao sistema infiltração lenta, considerando valores médios, 1,9, 4,0 e 4,0 vezes mais caros, respectivamente, para implantação, e 3,8, 10,0 e 10,0 vezes mais caros, respectivamente, para operação e manutenção.

Tabela 3.3 Custo de tratamento com remoção de nutrientes e de tratamentos de disposição do solo

Sistema	Custos *	
	Implantação R\$/hab.	Operação e manutenção R\$/hab./ano
Infiltração lenta	13,0 - 39,1	0,7 - 2,0
Infiltração rápida	19,6 - 45,6	1,0 - 2,3
Reator UASB + lagoas de polimento	26,1 - 45,6	2,9 - 4,6
Lagoa anaeróbia + lagoa facult. + lagoa de alta taxa	32,6 - 58,7	2,3 - 3,9
Lagoa anaeróbia + lagoa facult. + lagoa de maturação	32,6 - 65,2	1,6 - 3,3
Reator UASB + flotação por ar dissolvido	39,1 - 58,7	3,9 - 5,9
Tanque séptico + infiltração	39,1 - 65,2	2,0 - 3,3
Biofiltro aerado submerso com remoção biológica de N	52,1 - 84,7	5,2 - 9,8
Lodos ativados convenc. com remoção biológica de N	71,7 - 110,8	6,5 - 14,3
Lodos ativados convenc. com remoção biológica de N e P	84,7 - 123,9	9,8 - 16,3
Lodos ativados convencional + filtração terciária	84,7 - 123,9	9,8 - 16,3

* Preços atualizados com o dólar cotado a R\$1,76 (jul. 2010)

FONTE: modificado de Von Sperling (2005)

Os custos ora apresentados confirmam as vantagens do reúso agrícola que Coraucci Filho (1999b) cita: benefício agrícola, baixo investimento, pequeno custo de operação e baixo consumo de energia.

3.3 REÚSO DE EFLUENTE TRATADO EM IRRIGAÇÃO

O reúso por irrigação de culturas com efluente de esgoto tratado é uma das três principais técnicas de disposição controlada de efluentes no solo, denominada infiltração lenta (EPA, 1981; VON SPERLING, 2005), e é projetada para promover a absorção de nutrientes pela cultura e aumentar a produção para que haja retorno econômico pelo uso de água e nutrientes na produção de culturas comerciais EPA (1981), retorno que será tanto maior quanto maior for o valor econômico da cultura, o que pode incentivar produtores rurais a aderirem a programas de reúso.

O reúso é uma oportunidade de reduzir ou eliminar a descarga de nutrientes nos corpos receptores, permitindo uso benéfico da água reciclada e dos nutrientes na agricultura (CAREY e MIGLIACCIO, 2009; QADIR *et al.*, 2008; WHO, 2006; AL SALEM, 1996), diminuindo a necessidade de uso de fertilizantes químicos (ASANO e LEVINE, 1996; WHO, 2006, PAULA *et al.*, 2009), além de ser um método bastante econômico para implantar e operar.

Segundo Coraucci Filho (1999b), o tratamento no solo não pode ser confundido como um despejo indiscriminado e desordenado de resíduos. Um projeto de infiltração de efluentes no solo deve incluir a verificação do efeito prolongado de substâncias no solo e o impacto ambiental.

Segundo Asano e Levine (1996), programas de reúso começaram nos Estados Unidos no começo do século 20, quando as primeiras regulamentações foram promulgadas em 1918. Alguns dos primeiros programas objetivaram o reúso agrícola, implementados no final dos anos 1920 nos estados da Califórnia e Arizona. Em 1965, em Israel, o ministro da saúde emititiu regulamentações para o uso de efluentes na agricultura, exceto para culturas consumidas *in natura*. Em 1972, nos Estados Unidos, foi aprovado o Federal Water Pollution Control Act, com a política de “restaurar e manter a integridade química, física e biológica das águas da nação”, sendo o seu objetivo fundamental a descarga zero de poluentes em águas navegáveis, de pesca e de banho”.

No Estado da Califórnia/ Estados Unidos, aproximadamente 67% do esgoto reciclado é usado na irrigação (CALIFORNIA STATE WATER RESOURCES CONTROL BOARD, 2003, *apud* WHO, 2006). Em Israel, o índice de reciclagem de esgoto aplicado na irrigação atinge aproximadamente 75% (ARLOSOROFF, 2002, *apud* WHO, 2006).

Segundo Asano e Levine (1996) inúmeros fatores tem contribuído para o interesse no reúso da água, entre os quais o aumento do custo de disposição de água residuária municipal e industrial para aumentar a proteção da qualidade da água e diminuir a poluição e, em especial para países em desenvolvimento, a necessidade de métodos confiáveis e de baixa tecnologia de suprimento de água e de proteção de fontes de água da poluição. A European Communities Commission Directive (91/271/EEC), *apud* Asano e Levine (1996), declara que “toda água residuária tratada deve ser reusada sempre que apropriado e que as alternativas de disposição devem minimizar efeitos adversos ao ambiente”.

3.4 APORTE DE NUTRIENTES AO SOLO PELO REÚSO AGRÍCOLA

Alguns trabalhos trazem estimativas da quantidade de nutrientes que o reúso agrícola de efluentes de esgoto tratado disponibiliza. De acordo com Gomes *et al.* (2009), trabalhando em irrigação de cana-de-açúcar por nove meses, houve um aporte de nitrogênio de 163,48 kg ha⁻¹ e de 14 kg ha⁻¹ de fósforo, o que equivale a 217,97 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio e 18,67 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de fósforo. Ainda segundo o mesmo autor, foi verificado que a irrigação com efluente de esgoto tratado desinfetado e não desinfetado supriria completamente a adubação de S, N, Ca, K, e B, sendo que o desinfetado também supriria a de P. Paula *et al.* (2009), irrigando pastagem por 16 meses, estimou um aporte de nitrogênio de 443,1 kg ha⁻¹, que equivale a 332,33 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio. No vale de Tula, no México, a irrigação com efluente disponibiliza 195 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio e 81 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de fósforo (JIMENEZ, *apud* QADIR *et al.*, 2010). WHO (2006), considerando uma taxa de irrigação típica de clima semi-árido de 1500 mm ano⁻¹, estima que a água residuária tratada pode suprir 225 kg de nitrogênio e 45 kg de fósforo por ha⁻¹ ano⁻¹.

3.5 PRINCIPAIS ASPECTOS LIMITANTES DO REÚSO DE EFLUENTES NA AGRICULTURA

Este trabalho enfocará mais o impacto do reúso nas características químicas do solo. Por isso o item Principais aspectos limitantes do reúso de efluentes na agricultura foi dividido em: Salinidade; Sódio, porcentagem de sódio trocável (PST) e razão de adsorção de sódio (RAS); e excesso nutrientes na solução do solo.

3.5.1 Salinidade

Problemas de salinidade têm sido observados em sistemas fertirrigados sob cultivo protegido. Isso se deve à interceptação da precipitação natural pela cobertura da estufa, ao uso excessivo de adubação e ao manejo inadequado do solo e da irrigação (CARRIJO *et al.*, 2004; DIAS *et al.*, 2004).

A salinidade afeta o desenvolvimento das plantas devido ao aumento da pressão osmótica do meio, requerendo maior energia para a água ser absorvida (RAIJ, 1991; DIAS *et al.*; 2004). Huertas *et al.* (2008) citam que, na maioria dos casos de reúso agrícola de efluentes, a salinidade é um parâmetro muito importante a ser monitorado e controlado.

A salinidade é normalmente determinada pela análise de condutividade elétrica, que possibilita uma estimativa rápida e com razoável precisão da concentração de solutos na solução do solo (JANZEN, 1993).

Segundo Richards apud DIAS *et al.* (2004) um solo é considerado salino se apresentar condutividade elétrica acima de 4 dS m^{-1} a 25°C . Na Tabela 3.4 são apresentados os efeitos de diferentes níveis de salinidade nas culturas.

Tabela 3.4 Respostas das culturas a salinidade medida em condutividade elétrica do extrato de saturação

EC (dS m ⁻¹ a 25°C)	Resposta da cultura
0 – 2	Efeitos insignificantes na produtividade
2 – 4	Restrição de produtividade para culturas muito sensíveis
4 – 8	Restrição de produtividade para a maioria das culturas
8 – 16	Somente culturas tolerantes produzem satisfatoriamente
>16	Somente culturas muito tolerantes produzem satisfatoriamente

FONTE: Bernstein (1975) apud Janzen (1993)

3.5.2 Sódio, porcentagem de sódio trocável (PST) e razão de adsorção de sódio (RAS)

A presença de sódio em excesso em solos é um dos problemas da irrigação de culturas com efluente de esgoto tratado. Segundo Loehr *et al.* (1979), o sódio é o íon mais crítico em águas para irrigação, pois afeta o crescimento vegetal diretamente e indiretamente por seus efeitos indesejáveis na estrutura e permeabilidade do solo. O sódio tem efeito antagônico sobre a absorção de outros elementos pela planta, como Ca e K, ou pode se acumular nos tecidos foliares causando queima destes (WHIPKER, 1999 apud GORI *et al.*, 2008).

De acordo com United States Environmental Protection Agency - EPA (1981), a substituição de cátions do solo por sódio aplicado pela água de irrigação causa dispersão das argilas do solo, levando à diminuição da permeabilidade e da resistência a desestruturação e ao aumento da compactação do solo, prejudicando, segundo Raij (1991), suas propriedades de infiltração de água e aeração.

Solos com concentrações altas de sódio são chamados de sódicos. A partir de 15 % de sódio trocável, o solo é considerado sódico (EPA, 1981; RICHARDS, 1954 *apud* DIAS *et al.*, 2004). Em solos de textura argilosa, valores acima de 10 % de sódio trocável já podem prejudicar

seus atributos. Solos arenosos suportam até 20 % de sódio trocável sem serem deteriorados (EPA, 1981). A Companhia de Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2006) considera sodificado e inapto à aplicação de efluentes o solo que contenha 6% de sódio trocável. EPA (1981) recomenda manter a porcentagem de sódio trocável (PST) abaixo de 15%. Freire e Freire (2007) argumentam que estabelecer um limite único de PST a partir do qual os solos serão prejudicados não reflete a realidade, visto que textura e mineralogia influem no comportamento do solo ante a PST. Citam um estudo australiano, em que valores de PST acima de 6% já aumentaram a dispersão de argila e reduziram a condutividade hidráulica do solo, e citam também casos do nordeste brasileiro em que aumentos de PST não diminuíram a condutividade hidráulica do solo, apesar de ter havido deterioração dos agregados do solo.

Por isso é fundamental o acompanhamento dos teores de sódio no solo, assim como de outros elementos, especialmente cálcio e magnésio, que atenuam os efeitos adversos do sódio, compondo esses três elementos outro atributo do solo denominado razão de adsorção de sódio (RAS). Segundo Tanji e Kielen (2002), particular cuidado com toxicidade devido RAS e sódio deve ser tido quando a RAS da água de irrigação é alta, pois o efeito tóxico do sódio pode ser aumentado com infiltração deficiente de água. De acordo com Richards (1954), citado por Freire e Freire (2007) e Raij (1991), um solo é sódico se apresentar RAS superior a 13.

Segundo CETESB (2006), a RAS deve ser calculada com a seguinte fórmula:

$$\text{RAS} = \text{Na}^+ / [(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2]^{0.5} \quad (1)$$

De acordo com Freire e Freire (2007), a PST é calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{PST} = (\text{Na}^+ / \text{CTC}) * 100, \quad (2)$$

em que CTC é a capacidade de troca de cátions a pH 7,0.

Solos com altas concentrações de sódio podem ser recuperados com a aplicação de gesso (QADIR *et al.*, 2008).

3.5.3 Excesso nutrientes na solução do solo

De acordo com Kiziloglu *et al.*(2008), a irrigação contínua com efluentes causa acúmulo de nutrientes no solo, o que pode prejudicar a qualidade e a produtividade das culturas. “Diversas culturas são sensíveis ao nitrogênio em excesso, que pode provocar queda da produção e/ou qualidade do produto” (TELLES, 2003). Segundo Bastos (1999), *apud* Telles (2003), irrigação com uso de corpos d`água contendo esgoto sanitário em beterraba e algodão levou a aumento de produtividade, mas a qualidade do produto caiu, assim como levou ao aumento da produtividade do girassol, mas a maturação foi mais lenta.

Marecos Do Monte (1998) *apud* Hamilton *et al.* 2005 também chamam a atenção para o problema de atraso de maturação na cultura do girassol devido ao excesso de nitrogênio aplicado pelo reúso de efluente com altas concentrações de nitrogênio ($30,2 \text{ mg L}^{-1}$). Ayers e Westcot, 1976) citam que concentrações maiores de 30 mg L^{-1} de nitrogênio na água de irrigação causam danos às plantas sensíveis. Hamilton (2005) destaca que para prevenir essa sobre-fertilização e retirar o excesso de nutrientes possa ser necessário a rotação de culturas ou a irrigação com uma mistura de efluentes com água.

Casarini (2004), estudando doses de nitrogênio e potássio em cultivo de rosas, chegou a conclusão de que altas doses de nitrogênio causaram diminuição do comprimento das hastes e botões florais, e altas doses de potássio levaram a diminuição de produção. Segundo Huertas *et al.* (2008), o potássio é um dos elementos que pode afetar negativamente as plantas com o reúso de efluentes.

3.6 CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES RELACIONADAS À SALINIZAÇÃO E SODIFICAÇÃO

Em relação ao efluente, segundo CETESB (2006), a condutividade elétrica deverá estar abaixo de $2,9 \text{ dS m}^{-1}$ para diminuir o risco de salinização do solo. A RAS máxima permitida no

efluente será de 12 para limitar o risco de sodificação do solo e ainda esta tem de manter correlação com a condutividade elétrica do efluente, conforme Tabela 3.5, para minimizar problemas de permeabilidade dos solos. E a concentração de sódio no efluente não deve exceder 69,0 mg L⁻¹.

Tabela 3.5 Correlação exigida entre RAS e condutividade elétrica em efluentes

RAS	Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	
	Mínima	Máxima
0 - 3	0,2	2,9
3 - 6	1,2	2,9
6 - 12	1,9	2,9

FONTE: FAO/ONU (2005) apud CETESB (2006)

3.7 FLORICULTURA

A floricultura abrange o cultivo de plantas ornamentais, desde flores de corte e plantas envasadas, floríferas ou não, até a produção de sementes, bulbos e mudas de árvores de grande porte. É um setor altamente competitivo, que exige a utilização de tecnologias avançadas, grande conhecimento técnico pelo produtor e um sistema eficiente de distribuição e comercialização (SILVEIRA, 1997).

Os principais países produtores de flores de corte como Holanda, Alemanha, Bélgica, França, Estados Unidos, Itália e Israel têm limitações decorrentes das condições climáticas ou dos custos de mão-de-obra e de energia, elevando o custo final de produção. O Brasil apresenta condições edafoclimáticas favoráveis para produzir durante todos os meses do ano, especialmente nas épocas de escassez nos principais mercados do exterior. Além das vantagens climáticas para uma floricultura diversificada, existem as econômicas, tais como a grande rentabilidade por área, o rápido retorno do capital e a utilização de pequenas propriedades e áreas marginais (CAMARGO, 2001). No Brasil, esse é um dos segmentos do agronegócio que merece destaque,

uma vez que tem tido alto investimento em tecnologia, pois o país tem potencial para competir no mercado internacional.

O fluxo de comércio internacional dos produtos da floricultura está estimado em US\$ 9,4 bilhões anuais sendo que desse total, uma parcela de 49,5% advém do comércio de flores e botões cortados frescos (JUNQUEIRA e PEETZ, 2008). Segundo o Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR, 2009a), no mercado interno, avalia-se que a floricultura brasileira movimente, anualmente, um valor em torno de US\$ 1,2 bilhões por ano. Consumo esse que dá uma média de US\$ 6,50 per capita por ano. Entretanto, esses valores estão ainda muito abaixo se comparados com outros países como Suíça, Noruega, Alemanha, Estados Unidos que são os maiores consumidores per capita. Estima-se que o potencial de consumo brasileiro seja de pelo menos o dobro do atual desde que sejam superadas restrições geradas por aspectos econômicos e culturais, entre os quais o da concentração da demanda apenas em datas festivas e comemorativas, como o dia das mães, dos namorados, das mulheres. A produção de flores e plantas ornamentais gera uma receita entre R\$ 50 mil a R\$ 100 mil por hectare, sendo responsável pela criação e manutenção de 3,8 empregos diretos ha⁻¹, o que representaria um total de 14 empregos gerados em uma fazenda dedicada a floricultura visto que no Brasil as mesmas possuem uma área de 3,5 hectares.

No ano de 2007, o Brasil bateu recorde nas exportações de flores e plantas ornamentais. Naquele ano as vendas referentes a exportações alcançaram a marca de US\$ 35,28 milhões, esse quase 10% maior que o correspondente obtido no ano anterior (IBRAFLOR, 2009b).

O Estado de São Paulo destaca-se entre os estados produtores de flores no panorama nacional, participando com 71,3% da área cultivada e 74,5% do valor da produção do País (KIYUNA *et al.*, 2001). Este resultado foi favorecido e impulsionado pelos seguintes fatores: a) proximidade dos centros de comercialização e consumo, com disponibilidade de escoamento rápido, como rodovias e aeroportos; b) condições edafo-climáticas da região, como temperatura e precipitação pluviométrica e disponibilidade de energia e água para irrigação; e c) disponibilidade e adoção das tecnologias modernas (FRANCISCO *et al.*, 2003).

3.8 CULTURA DA ROSA

O gênero *Rosa* pertence à Classe das Angiospermas, Subclasse Dicotiledônea, Ordem *Rosales* e Família *Rosaceae* (URCULLU, 1953, *apud* CASARINI, 2004). Acredita-se que ela tenha surgido na Pérsia e conquistadores árabes a tenham levado para outras partes do mundo.

A roseira é uma planta arbustiva, perene, com hábito de crescimento ereto, caule lenhoso e normalmente espinhoso. As folhas são pinadas, caducas e compostas de cinco a sete folículos ovalados. Os ramos basais são mais grossos permitindo a formação do esqueleto da planta e a produção de hastes florais. As flores se desenvolvem no ápice das hastes contendo normalmente cinco sépalas com lóbulos laterais e fruto tipo carnosos (BÃNON ARIAS *et al.*, 1993, *apud* CASARINI, 2004). Ao todo, 126 espécies silvestres deram origem a mais de 30 mil híbridos espalhados pelo mundo. Calcula-se que no País existam aproximadamente mil híbridos.

A estufa é peça fundamental na atividade e tem como função proteger as flores contra as intempéries climáticas, permitindo a produção de flores com qualidade o ano inteiro, mesmo em regiões mais frias. O cultivo protegido de rosas tem se constituído em uma realidade na produção de rosas, apresentando as seguintes vantagens: maior rendimento por área; melhor qualidade do produto; menor incidência de pragas e doenças; maior facilidade de execução dos tratamentos culturais; melhor programação da produção; ciclos mais curtos, em decorrência de melhor controle ambiental; redução de perdas de nutrientes por lixiviação, escoamento, volatilização e fixação, resultando inclusive no uso mais racional dos fertilizantes. Como desvantagem deve-se considerar o custo mais elevado de implantação do sistema.

Na cultura da roseira em ambiente protegido, o sistema de irrigação por gotejamento é o mais utilizado devido a inúmeras vantagens: economia de água e energia; baixa vazão; possibilidade de aplicação de água salina, evita o molhamento das folhas; maior rendimento e qualidade; operação simples com redução de mão-de-obra; possibilidade da aplicação de fertilizantes diretamente na zona efetiva do sistema radicular (FOLEGATTI, 1999).

Segundo Salinger *apud* Casarini, (2004), a faixa ótima para o crescimento da roseira está entre 17 e 26°C. Temperaturas acima de 25°C aceleram o florescimento, deixando as flores pequenas e de coloração pálida. Já temperaturas baixas podem atrasar o crescimento e floração.

De acordo com Banõn Arias *et al.* (1993) *apud* Casarini (2004), a umidade relativa do ar ideal para o cultivo de rosas está entre 70 – 75 %, sendo que para o período de brotação as gemas e crescimento dos brotos é aconselhável entre 80 – 90 %. A permanência de alta umidade relativa do ar no interior da estufa pode provocar doenças como podridão de *Botrytis* e a baixa umidade relativa do ar (inferior a 60%) pode provocar distúrbios fisiológicos.

A quantidade de água a ser aplicada é normalmente determinada pela necessidade hídrica da cultura, que pode ser estimada através da evapotranspiração ou por meio da tensão de água no solo.

É fundamental suprir as plantas com fertilizantes que não conduzam a um aumento excessivo da condutividade elétrica do solo. A aplicação excessiva de fertilizantes pode causar salinização do solo devido ao acúmulo de sais na região do sistema radicular, principalmente em ambiente protegido, onde não há lixiviação natural do excesso de sais pelas chuvas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado em ambiente protegido (estufa) localizado nas proximidades do hospital das clínicas da UNICAMP, em área experimental do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, no campus da Unicamp, no município de Campinas-SP. As coordenadas geográficas da estufa são 22° 49' latitude sul, 47° 03' longitude oeste e altitude de 617 m. De acordo com a CEPAGRI (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura) a temperatura anual média do ar é de 22,4°C, com média de precipitação de 1424,5 mm ano⁻¹ e umidade relativa do ar entre 47 e 73%.

4.2 ESTUFA E CANTEIROS

A estufa é do tipo Arco, com cobertura de polietileno de baixa densidade (Figura 4.1). As laterais são fechadas com sombrite. É equipada com dispositivo de controle de umidade através de sistema de nebulização. As dimensões das estufas são de 16,0 m (8,0 + 8,0 m) de largura; 33,0 m de comprimento e 4,5 m de altura máxima do pé-direito. A área total é de 528 m². No interior foram construídos 28 canteiros em alvenaria com dimensões de 3 x 3 m de comprimento e 0,4 m de profundidade (Figura 4.2).



Figura 4.1 Vista frontal da estufa



Figura 4.2 Vista dos canteiros

4.3 VARIEDADE DE ROSA

A variedade de *Rosa* spp utilizada no experimento foi a *Ambiance*. As mudas foram adquiridas de um produtor do município de Holambra-SP, Sr. Miguel Renato Esperança, da empresa Rosas Esperança - Sítio Santo Antônio.

4.4 ESPAÇAMENTO E IDADE DAS PLANTAS

O espaçamento entre as plantas foi de 0,15 m por 1,25 m, totalizando 16 plantas por linha. Cada canteiro era composto por três linhas de plantas, sendo que as duas linhas laterais foram consideradas bordadura. No início deste trabalho as plantas tinham um ano e meio de idade. Portanto, já estavam em estágio produtivo (Figura 4.3).

Desde o plantio até o início desse trabalho, um período de aproximadamente um ano e meio, as rosas foram adubadas conforme recomendações de Malavolta *et al.* (2002) e irrigadas com os mesmos efluentes utilizados no trabalho desenvolvido por Marinho (2010), que avaliou a viabilidade de irrigação de rosas com efluentes no primeiro ano de cultivo.



Figura 4.3 Plantas em estágio produtivo

4.5 SOLO

4.5.1 Textura e curva de retenção de água no solo

Foi realizada no laboratório de Hidrologia da FEC (Unicamp) análise textural do solo por meio de uma amostra composta dos canteiros pelo método de densimetria. A análise foi feita em triplicata e os resultados estão representados na Tabela 4.1. O solo foi classificado como argilo - arenoso.

Tabela 4.1 Análise granulométrica do solo da área experimental

Amostras	Argila	Silte	Areia
	%		
1	31,97	13,83	54,20
2	33,94	13,86	52,20
3	33,19	14,51	52,30
Média	33,70	14,07	52,90

Para determinação da curva de retenção de água no solo (Figura 4.4) foram coletadas 8 amostras deformadas de pontos diferentes na estufa e posteriormente misturadas formando uma amostra composta. O ensaio foi realizado no laboratório de Hidrologia da Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp e o método utilizado foi o de câmaras de pressão de Richards.

Os valores de umidade na capacidade campo (0,1 bar) e no ponto de murcha permanente (15 bar) são $26,13 \text{ g g}^{-1}$ e $17,18 \text{ g g}^{-1}$, respectivamente. A umidade de saturação média do solo é $0,36 \text{ g g}^{-1}$. Foi determinada em três amostras de 400g de solo seco ao ar, às quais foi sendo adicionada água destilada até que a pasta saturada apresentasse as características desejadas, como superfície brilhosa, movimento lento em posição inclinada e fácil deslizamento sobre a espátula (DIAS *et al.*, 2004).

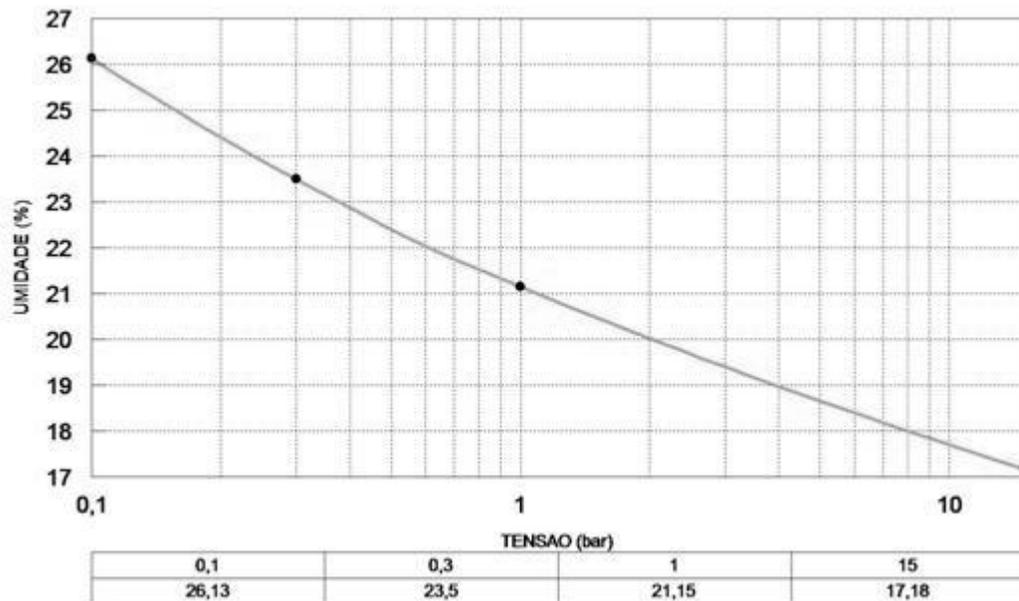


Figura 4.4 Curva de retenção de água no solo

4.5.2 Preparo do solo

A calagem e a adubação foram realizadas de acordo com recomendação de Malavolta *et al.* (2002) para o segundo ano de cultivo da roseira. A dose de calcário foi de 150 g m^{-2} , aplicado

localizado na linha de plantio dia 13/08/2010. A adubação NPK necessária para o segundo ano é de 150, 150 e 180 kg ha⁻¹, dividida em quatro parcelas de 37,5, 37,5 e 45 kg ha⁻¹. A primeira parcela foi feita dia 18/08/2010 e a segunda 14/10/2010. Os adubos utilizados foram: sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio.

4.6 EFLUENTES

O efluente sanitário tratado utilizado na irrigação foi proveniente de um sistema simplificado de tratamento de esgoto doméstico composto por filtro anaeróbio com recheio de bambu seguido de filtro de areia (TONETTI, 2008).

O esgoto bruto empregado era derivado de uma região da Universidade na qual circulam aproximadamente 10 mil pessoas por dia. Nesta localidade estão situados os seguintes órgãos: Hospital das Clínicas, Creche da Área de Saúde, Escola Estadual “Físico Sérgio Pereira Porto”, Almoxarifado Central, Centro de Engenharia Biomédica, Banco Santander, Centro de Assistência Integral à Saúde da Mulher (CAISM), Gastrocentro, Hemocentro, Ambulatório de Primeiro Atendimento, Centro Integrado de Pesquisas na Infância e Centro de Saúde da Comunidade (CECOM) (TONETTI, 2008).

Algumas características dos efluentes anaeróbio e nitrificado são apresentadas na Tabela 4.2, em valores médios.

Os dois efluentes, em relação a concentração de Na e condutividade elétrica (CE), estão em acordo com o recomendado por CETESB (2006). Já a correlação entre RAS e condutividade elétrica não está conforme o indicado (Tabela 3.5) na mesma norma, que estabelece condutividade elétrica mínima de 1,2 dS m⁻¹ para a faixa de RAS entre 3 e 6 (mmol_c L⁻¹)^{0,5} para evitar risco de sodificação do solo.

Tabela 4.2 Características dos efluentes anaeróbio e nitrificado usados no experimento

	NTK	N Amon.	N- Nitrato	P	DBO	Na	K	pH	RAS (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	Cond. Elétrica (dS m ⁻¹)
				(mg L ⁻¹)						
Efluente anaeróbio	50	48,2	0,9	2,0	159	50	15	6,9	3,4	0,80
Efluente nitrificado	25	23,5	32,5	1,6	37	56	167	6,7	4,2	0,85

FONTE: TONON (2011)

4.7 IRRIGAÇÃO

O sistema de irrigação existente era composto por dois reservatórios de 1000L para armazenar os efluentes anaeróbio e nitrificado produzidos pela estação de tratamento. Destes dois reservatórios os efluentes eram bombeados para as caixas de irrigação, com capacidade de 320 L cada uma. Duas eram enchidas com efluente anaeróbio, duas com efluente nitrificado e duas com água de abastecimento, totalizando seis caixas de irrigação (Figura 4.7).

Em cada canteiro foram instaladas três linhas de gotejadores, conforme (Figura 4.8). Cada linha de gotejador continha onze emissores com vazão de 1,15 L h⁻¹. O sistema de irrigação era composto de um painel eletrônico de automação que acionava as bombas até 12 vezes ao dia, com tempos pré-determinados de irrigação. Em cada caixa de irrigação estava acoplada uma bomba com filtro (Figura 4.5).

A tensão de água no solo era medida por tensiômetros a cada dois dias para verificar se permanecia próxima a -10 kPa, conforme recomendado por Casarini (2004) para roseiras. As leituras de tensão eram feitas por um tensímetro de punção analógico (Figura 4.6). Em um canteiro de cada tratamento foram instalados dois tensiômetros na parte central do canteiro, um a profundidade de 0,10 m e outro, a de 0,30 m, a 10 cm do tubo gotejador (Figura 4.8), como recomendado por Marouelli *et al.* (2009). Ainda de acordo com os mesmos autores, foram feitas manutenções periódicas dos tensiômetros para evitar mal funcionamento



Figura 4.5 Detalhe da bomba e filtro acoplados a caixa de irrigação



Figura 4.6 Tensímetro analógico de punção

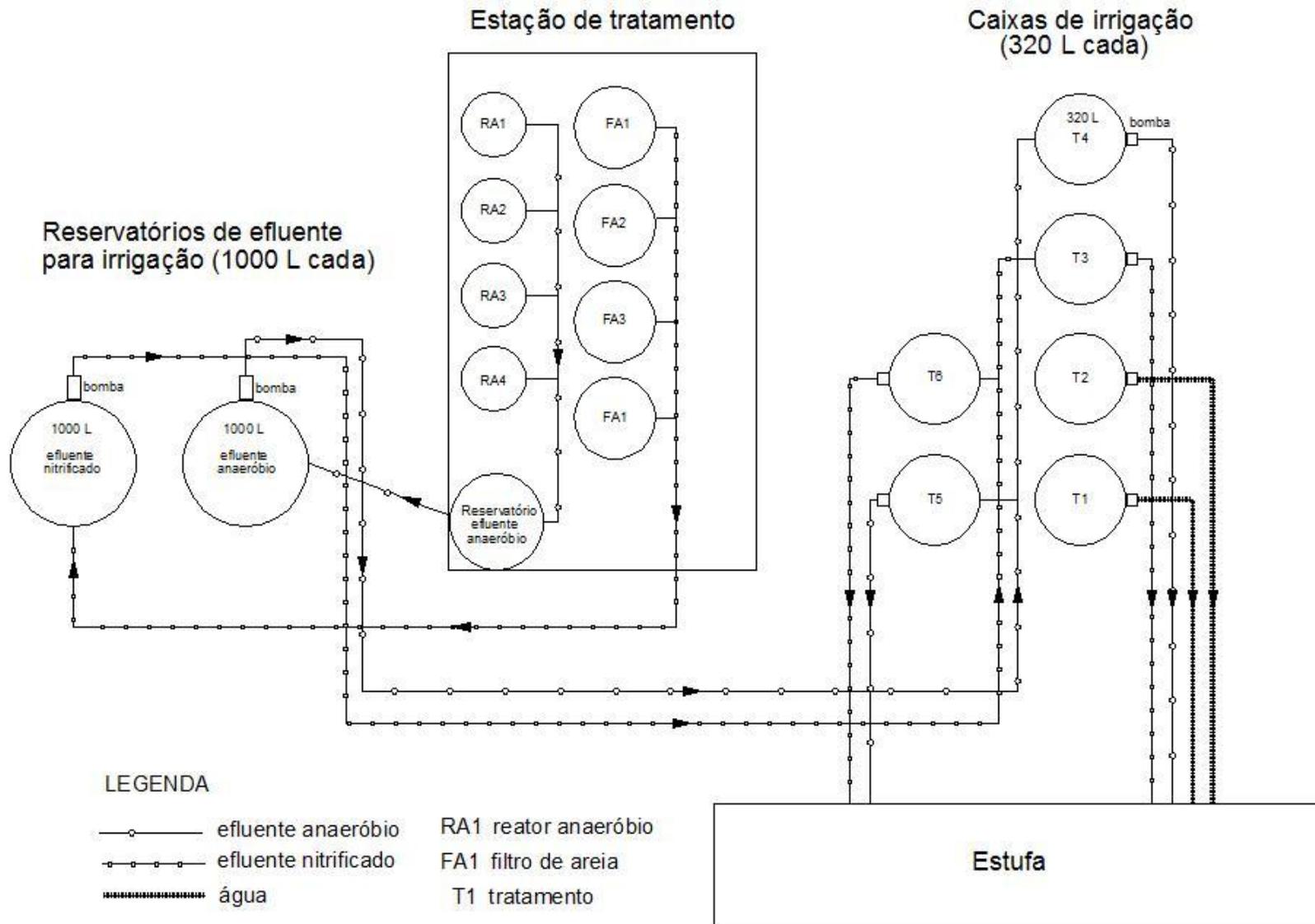
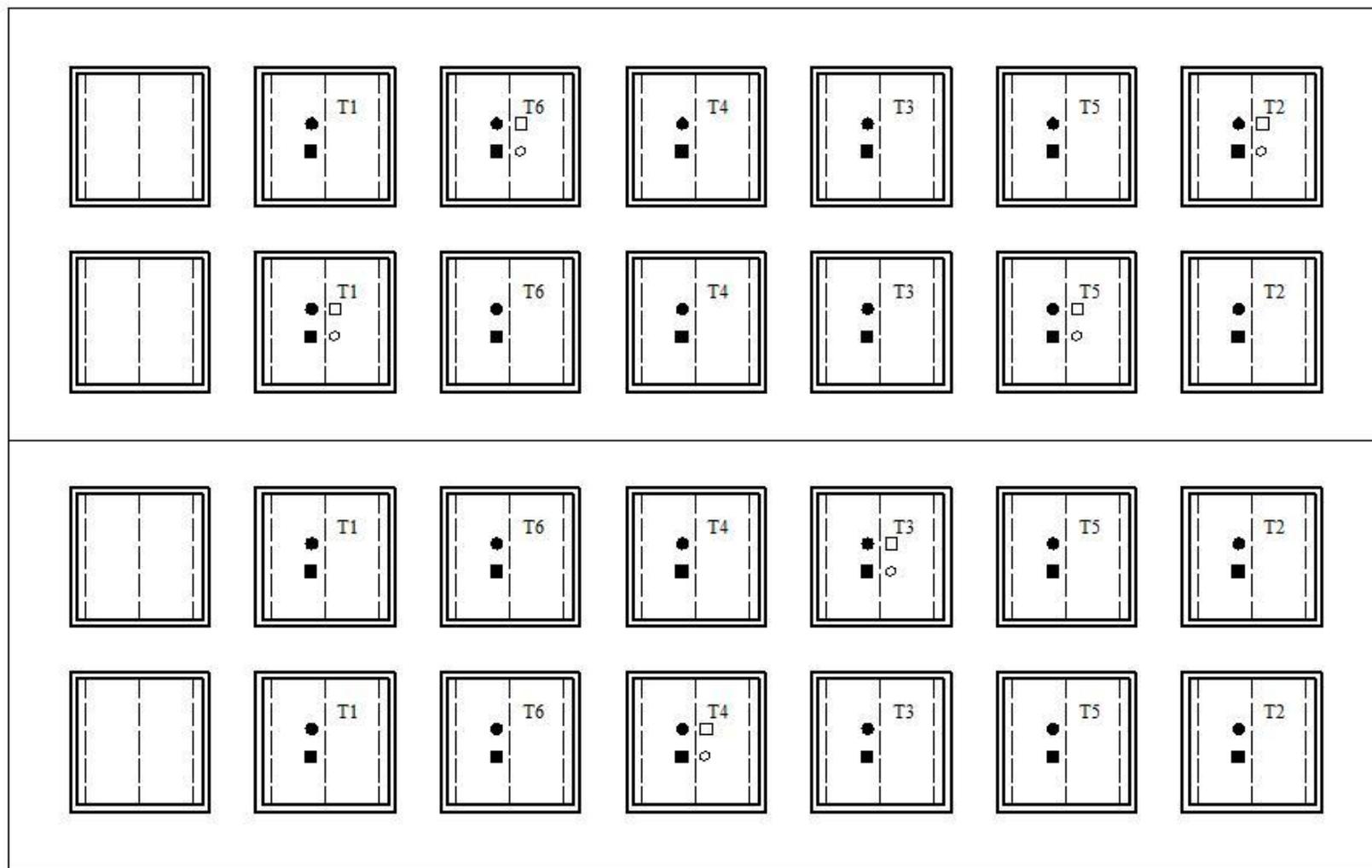


Figura 4.7 Esquema do sistema de irrigação



TRATAMENTOS: T1-Água sem adubação; T2-Água com adubação; T3- Efl. anaeróbio sem adubação; T4- Efl. anaeróbio com adubação; T5-Efl. nitrificado sem adubação; T6-Efl. nitrificado com adubação.

LEGENDA: ● extrator 10 cm □ tensiômetro 30 cm — gotejadores
 ■ extrator 30 cm ○ tensiômetro 10 cm

Figura 4.8 Esquema da distribuição dos canteiros e tratamentos na estufa e da localização de tensiômetros e extratores

4.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi com 4 repetições e 6 tratamentos, totalizando 24 parcelas:

- a) T1: água limpa sem adubação convencional(A);
 - b) T2: água limpa com adubação convencional (A+ad)
 - c) T3: efluente anaeróbio sem adubação convencional (EA);
 - d) T4: efluente anaeróbio com adubação convencional (EA+ad);
 - e) T5: efluente nitrificado sem adubação convencional (EN); e
 - f) T6: efluente nitrificado com adubação convencional (EN+ad).
- (obs.: Ti = tratamento na linha i da estufa)

A comparação dos tratamentos para as variáveis do solo e das plantas foi realizada pela análise de variância pelo teste F e comparação das médias pelo teste de Tukey, ambos com nível de significância de 5%.

4.9 ANÁLISES

4.9.1 Solução do solo

A solução do solo foi monitorada quanto a condutividade elétrica, Na, Ca, Mg, K, NO_3^- e RAS por meio de extratores de ponta porosa. Os extratores ficaram a 10 cm do tudo gotejador, do lado oposto do gotejador em que foram instalados os tensiômetros, conforme recomendação de DIAS *et al.* (2004). Em cada canteiro foram instalados dois extratores, um a 10 cm de profundidade e outro a 30 cm, totalizando 48 extratores (Figura 4.8).

Para a extração foi utilizado uma bomba a vácuo manual. A pressão era feita um dia antes da coleta. No momento da pressão também era medida a tensão nos tensiômetros para saber a umidade do solo, que era determinada na curva de retenção de água no solo (Figura 4.4). Assim, era possível estimar os valores de condutividade e concentrações de elementos no extrato de saturação pela equação 3 (DIAS *et al.*, 2004).

$$CEes = \frac{CEscp \times Uscp}{Us}, \quad (3)$$

em que:

CEes = condutividade elétrica ou concentração de íons do extrato de saturação (dS m⁻¹ ou mg L⁻¹);

CEscp = condutividade elétrica ou concentração de íons da solução do solo obtida com extrator de cápsula porosa (dS m⁻¹ ou mg L⁻¹);

Uscp = umidade do solo no momento da retirada da solução com o extrator (g g⁻¹)

U = umidade do solo na pasta saturada.

Os elementos Na e K foram determinados por fotometria por emissão de chama, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (RAIJ *et al.*, 2001) e NO₃⁻ por espectrofotometria com um kit de análise da Hach.

4.9.2 Hastes florais

Foram avaliadas a produtividade de hastes (número de hastes), comprimento das hastes (CH), diâmetro das hastes (DH), diâmetro do botão floral (DB), comprimento do botão floral (CBF) e massa fresca dos botões florais (MFB), conforme Casarini (2004). A medição do CH foi feita em um madeirito pintado de branco e graduado em centímetros (Figura 4.9 e Figura 4.10). O DH era medido na metade do comprimento da haste com paquímetro. A tábua graduada era usada para achar o meio da haste. O DB também era medido com paquímetro, na região mais larga próxima a base. Para obter a MFB, o DB era retirado da haste com torção manual.

As colheitas foram realizadas pela manhã. Foram utilizados baldes com um pouco de água de no fundo para evitar a murcha das flores. No fundo do balde também eram colocados três potes de vidro como lastro para evitar que as hastes florais tombassem no balde (Figura 4.11 e Figura 4.12).

A poda para o roseiral entrar em produção foi realizada dia 11/08/2010, uma semana antes da primeira parcela de adubação.



Figura 4.9 Madeirite pintada com marcações principais a cada 10 cm subdivididas em cm



Figura 4.10 CH sendo medido. No meio da tábua riscos a cada um cm

Para identificar de qual canteiro foram colhidas as hastes, foram feitas vinte e quatro etiquetas com a identificação de cada canteiro. A etiqueta era presa por um barbante, com o qual amarrava-se o feixe de hastes depois de colhidas (Figura 4.13 e Figura 4.14). Depois de colhidas, as hastes eram levadas ao laboratório de reúso para serem analisadas.



Figura 4.11 Balde com água e potes de vidro no fundo



Figura 4.12 Rosas colhidas



Figura 4.13 Feixes etiquetados



Figura 4.14 Detalhe da etiqueta com barbante

4.10 CONTROLE DE DOENÇAS E PRAGAS

Durante todo o cultivo das rosas houve ataque severo de oídio, doença causada pelo patógeno *Oidium leucoconium* e caracterizada pela presença de micélio cotonoso branco-acinzentado nas duas faces da folha (Figura 4.15), ramos novos e botões florais. Em ataques severos as folhas atacadas encarquilham e caem (Figura 4.15) e botões florais infectados não abrem. Por isso, provoca grandes prejuízos, principalmente em cultivo protegido (FREITAS-ASTÚA *et al.*, 2005). O controle foi feito com pulverizações com pulverizador costal. No começo do controle foram aplicados fungicidas a base de clorotalonil e mancozebe, que não se

mostraram eficientes. Em conversas em lojas agrícolas de Holambra, foram recomendados fungicidas mais modernos, um a base boscalida + cresoxim - metílico e outro a base de metiram + piraclostrobina. Além da mudança de fungicidas, a frequência de aplicação passou de uma para duas vezes por semana, conforme recomendado por (FREITAS-ASTÚA *et al.*, 2005) para doenças de ataque explosivo. A incidência da doença foi controlada, mas vez ou outra voltava forte caso fosse feita apenas uma aplicação por semana. Para diminuir o uso de agroquímicos e tentar aumentar o controle da doença, foi pulverizado leite de vaca com água a 5%, como recomendado por Takane *et al.*(2007). Então, na semana, uma pulverização era feita com fungicida e outra com leite. O leite foi eficaz, porém era necessário grande quantidade. Assim, depois de algum tempo, voltou-se a aplicações só com agroquímicos. Além das pulverizações, o sistema de aspersão foi programado para ligar oito vezes por dia durante 3 minutos para manter as folhas molhadas o máximo de tempo possível para ajudar no controle da doença, pois de acordo com Freitas-Astúa *et al.* (2005), água livre na superfície da folha inibe o desenvolvimento da doença. Essa conjunção de ações manteve a doença controlada satisfatoriamente.



Figura 4.15 Folha encarquilhada com presença de micélio branco

Também houve ataque de insetos, principalmente a vaquinha das solanáceas e pulgões. A cada 10 ou quinze dias, dependendo da infestação de pulgões ou vaquinhas, eram pulverizados inseticidas a base de alfa-cipermetrina e imidacloprid, havendo alternância entre eles para evitar o desenvolvimento de resistência dos insetos.

Para tornar as pulverizações mais ágeis, o pulverizador costal foi modificado com a substituição da lança original de um bico por uma de três bicos de pulverização.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 IRRIGAÇÃO

O período monitorado foi de 28/06 a 27/11 de 2010. Nesse período houve descontinuidade na irrigação com efluentes devido a problemas ocorridos na estação de tratamento de esgoto. Na maior parte do tempo a irrigação foi feita quatro dias da semana, com três aplicações de dez minutos na parte da manhã. Eventualmente fez-se quatro aplicações nos períodos de maior demanda hídrica, monitorada por meio de tensiômetros. Na Tabela 5.1 é apresentado um resumo dos períodos de aplicação e quantidade de água e esgoto aplicados. O cálculo da lâmina de aplicação foi feito considerando a área molhada de solo pelo tubo gotejador de 25%.

Tabela 5.1 Quantidade de água e efluentes aplicados durante o experimento

Período	Fonte de água	Nº dias do período	Volume aplicado/ canteiro (L)	Lâmina aplicada (mm d ⁻¹)
28/06-20/07	Água	22	227,70	4,26
21/07-26/07	Efluente	6	75,90	5,21
27/07-20/08	Água	25	265,65	4,37
21/08-08/09	Efluente	19	189,75	4,11
09/09-01/10	Água	23	227,70	4,07
02/10-28/10	Efluente	27	335,23	5,11
29/10-08/11	Água	11	126,50	4,73
09/11-27/11	Efluente	19	234,03	5,07

5.2 APORTE DE NUTRIENTES

Considerando que a quantidade de nitrogênio em ambos os efluentes é de aproximadamente 50 mg L^{-1} e de fósforo é de 2 mg L^{-1} (Tabela 4.2), e que a quantidade de efluente aplicado no período de 28/06 a 27/11 foi de 834,91 L (Tabela 5.1) em cada canteiro, o qual mede $2,7 \times 2,7 \text{ m}$, tem-se que a quantidade de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo foi de 42 e $1,7 \text{ g canteiro}^{-1} 152 \text{ dias}^{-1}$ respectivamente, ou 57 e $2,3 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} 152 \text{ dias}^{-1}$. Mesmo tendo descontinuidade na aplicação de efluentes, a quantidade de nitrogênio aplicada via efluente foi a 76 % da necessidade da cultura para o período de 152 dias, que foi de duas parcelas de adubação ou 75 kg N ha^{-1} . A quantidade de P fornecida pelos efluentes foi inexpressiva.

No caso do potássio, os efluentes eram bastante diferentes, pois filtro de areia era adicionado bicarbonato de potássio para impedir o pH de baixar muito e prejudicar a nitrificação. Portanto, o efluente nitrificado apresentou alta concentração de K, com média de 167 mg L^{-1} (Tabela 4.2). Portanto, a quantidade de K aplicada ao solo pelo efluente nitrificado foi de $191 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} 152 \text{ dias}^{-1}$ e ultrapassou a necessidade da cultura para o período, que foi de duas parcelas de adubação ou 90 kg K ha^{-1} . Considerando o efluente anaeróbio, a quantidade de K aplicada ao solo seria de 17 kg K ha^{-1} , 19 % da necessidade da cultura.

Se não houvesse tido interrupções na aplicação de efluentes, o total aplicado teria sido de $1682,46 \text{ L canteiro}^{-1}$ no período de 152 dias. Assim as quantidades de N, P e K adicionadas ao solo seriam de 115, 4,6 e 385 kg ha^{-1} , sendo a quantidade de K calculada considerando o efluente nitrificado. Nessa situação, a quantidade de N fornecida seria 53% maior que a necessidade da cultura e a quantidade de K mais de quatro vezes maior. Considerando o efluente anaeróbio, a quantidade de K adicionada seria de 35 kg ha^{-1} , 40% da necessidade da cultura. A quantidade de P fornecida continuaria inexpressiva.

5.3 PRODUTIVIDADE

Na Tabela 5.2 são apresentadas as quantidades de hastes colhidas nos diferentes tratamentos. As colheitas foram feitas em dois períodos, de 29/09 a 04/10 e de 12/11 a 22/11, ano 2010.

Tabela 5.2 Produtividade de hastes florais nos diferentes tratamentos

Nº Hastes	Tratamentos					
	A	EN+ad	EA+ad	EA	EN	A+ad
	22a	31ab	24a	52b	54b	32ab

*Médias com mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Na Tabela 5.2 observa-se que as maiores produtividades foram nos tratamentos com os efluentes anaeróbico (EA) e nitrificado (EN) e sem adubação, embora não tenham diferido estatisticamente dos tratamentos com água e adubação (A+ad) e com efluente nitrificado mais adubação (EN+ad). Isso mostra que a irrigação com efluentes supriram a necessidade de adubação das roseiras. Tais resultados seguem a mesma tendência dos obtidos por Marinho (2010), que analisou as roseiras até 18 meses após o plantio. Em seu trabalho, as médias de todos os tratamentos com efluente foram maiores e não diferiram estatisticamente entre si e diferiram dos tratamentos com água. Assim, da mesma forma, foi demonstrado que os efluentes supriram as necessidades de nutrientes.

Transformando a produtividade em dúzias por ha, o tratamento A e o EA apresentaram produtividade de 6.000 e 15.000 dz ha⁻¹, respectivamente.

5.4 PARÂMETROS DAS HASTES FLORAIS

Na Tabela 5.3 são apresentados os valores médios dos parâmetros das hastes florais, que são: comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), diâmetro do botão floral (DB), comprimento do botão floral (CB) e massa fresca do botão floral (MFB).

Tabela 5.3 Valores médios dos parâmetros das hastes florais

Parâmetros	Tratamentos					
	A	EN+ad	EA+ad	EA	EN	A+ad
CH (cm)	32a*	35a	33a	35a	33a	33a
DH (mm)	3,2a	3,4a	3,3a	3,4a	3,1a	3,1a
DB (mm)	30a	31a	31a	32a	31a	30a
CB (mm)	42a	44a	42a	43a	43a	42a
MFB (g)	8,9a	10,4a	9,7a	10,3a	9,9a	8,8a

*Médias com mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Todos os parâmetros das hastes florais não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, mostrando que não houve interferência dos efluentes sobre eles. Esses mesmos parâmetros foram avaliados por Casarini (2004), que aplicou diferentes doses de nitrogênio e potássio em roseira. Houve variação de poucos parâmetros. Na primeira colheita, somente CB diferiu estatisticamente com doses de nitrogênio e MFB com interação entre doses de nitrogênio e potássio. Na segunda colheita esses parâmetros não diferiram, enquanto que o CH diferiu. Rodrigues *et al.* (1999), estudando cobertura plástica em cultivo hidropônico de duas variedades de roseira, verificaram que o aumento de produção em cultivo com substrato coberto não alterou a massa média das flores nem o comprimento da haste (exceto para classe II de uma cultivar). Portanto, tais trabalhos mostram que as características das hastes florais não variam consistentemente com mudanças de disponibilidade de nutrientes e umidade do substrato.

5.5 SOLUÇÃO DO SOLO

A solução do solo foi extraída dia 26/10/2010 e todas as análises mostradas a seguir foram realizadas.

5.5.1 Condutividade elétrica (CE)

Na Tabela 5.4 observa-se que os tratamentos com efluentes apresentaram as maiores valores de condutividade, tanto a 10 cm quanto a 30 cm. O aumento de condutividade em solos

irrigados com efluentes é esperado, visto que apresentam CE maiores as águas dos mananciais. Apesar do aumento, a condutividade ainda ficou baixa, na faixa de 0 – 2 dS m⁻¹, conforme Tabela 3.5, condição que não causa efeitos adversos na produtividade. Segundo Howard e Hanan (1978), CE acima de 1,8 dS m⁻¹ já causam perda de produtividade da ordem de 15%. Já Cabrera (2000) observou diminuição da produtividade somente quando a CE do solo chegou a 4,0 dS m⁻¹.

Tabela 5.4 Condutividade elétrica (CE) na solução do solo, a 25°C, nos diferentes tratamentos

Profundidade	Tratamentos					
	A	EN+ad	EA+ad	EA	EN	A+ad
	CE (dS m ⁻¹ a 25°C)					
10 cm	0,15a*	0,52b	0,69b	0,30ab	0,55b	0,13a
30 cm	0,11a	0,42c	0,32bc	0,36bc	0,37bc	0,21ab

*Médias com mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

O maior motivo para esses baixos valores talvez deve-se a descontinuidade de aplicação dos efluentes devido a problemas operacionais na estação de tratamento. Há que se destacar também que os valores de CE dos efluentes são baixos comparados a outros trabalhos que utilizaram efluentes, como 3,1 dS m⁻¹ em efluente usado por Candela *et al.* (2007). Souza *et al.* (2006) usaram efluente de reator UASB e de lagoa de polimento em pimentão com de CE, 1,5 e 1,6 dS m⁻¹, respectivamente. Para um ciclo da cultura, o solo não foi prejudicado em relação a CE.

5.5.2 Concentração de sódio e razão de adsorção de sódio (RAS) na solução do solo

Na Tabela 5.5 observa-se a elevação dos teores de sódio no solo nos tratamentos com efluentes. O acúmulo de sódio no solo é um dos problemas da irrigação com efluentes de esgoto tratado, os quais têm altos teores de sódio comparado a fontes de água convencionais. Leal *et al.* (2009), irrigando cana-de-açúcar por 16 meses com efluente com 121 mg L⁻¹ de Na, obtiveram concentração de Na de aproximadamente 3,5 mmol_c L⁻¹ na camada de 0-20 cm de solo e de 5,0 mmol_c L⁻¹ na camada de 20-40 cm. Tais resultados foram obtidos após interrupção de 40 dias de

irrigação com efluentes para a maturação da cana, período no qual também houve chuva. Portanto, interferências parecidas com o presente trabalho em roseiras, em que, a julgar pela baixa concentração de sódio nos efluentes de 50 mg Na L^{-1} , houve um acréscimo substancial de sódio na primeira camada de solo, chegando a mais de $3 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ nos tratamentos EN+ad e EN. Já na profundidade de 30 cm, o aumento foi menor, ficando bem abaixo do obtido por Leal *et al.* (2009), de aproximadamente $5,0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$. Nesse caso, tanto a concentração de sódio menor dos efluentes como o fato do experimento ter sido desenvolvido em estufa, que intercepta precipitações, e com irrigação por gotejamento, que provê água em baixa vazão, devem ter contribuído para diminuir a lixiviação de sódio para a camada de 30 cm.

Tabela 5.5 Concentração de sódio na solução do solo

Profundidade	Tratamentos					
	A	EN+ad	EA+ad	EA	EN	A+ad
	Na ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)					
10 cm	0,55a*	2,73c	3,11c	1,85b	3,05c	0,55a
30 cm	0,51a	1,94c	1,55c	1,54c	1,78c	0,58a

*Médias com mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

A RAS, por ser um parâmetro diretamente proporcional à concentração de sódio, apresentou mesmo padrão de aumento nos tratamentos com efluentes (Tabela 5.6), ficando, na profundidade de 10 cm, em torno de $3 (\text{mmol}_c \text{ L}^{-1})^{0,5}$, exceto o tratamento EN, que apresentou o maior valor, de $5,65 (\text{mmol}_c \text{ L}^{-1})^{0,5}$. Tais resultados ficaram aquém de 13, valor que, de acordo com Rajj (1991), torna um solo sódico, e que pode trazer as consequências deletérias de desestruturação do solo e perda de permeabilidade (LOEHR *et al.*, 1979; EPA, 1981).

Tabela 5.6 RAS na solução do solo

Profundidade	Tratamentos					
	A	EN+ad	EA+ad	EA	EN	A+ad
	RAS ($(\text{mmol}_c \text{ L}^{-1})^{0,5}$)					
10 cm	0,92a*	3,56b	2,36b	3,1b	5,65c	0,94a
30 cm	1,16a	2,13b	1,89ab	2,33b	2,20b	1,12a

*Médias com mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Na profundidade de 30 cm a RAS foi inferior a da RAS de 10 cm nos tratamentos de com efluentes, conforme a concentração de sódio. Já Leal *et al.* (2009) obtiveram RAS em torno de $7 \text{ (mmol}_c\text{L}^{-1})^{0,5}$ na camada de 0-20cm e de $12 \text{ (mmol}_c\text{L}^{-1})^{0,5}$ na camada de 20-40 cm.

5.5.3 Concentração de potássio e nitrato na solução do solo

A concentração de K na solução do solo aumentou significativamente nos tratamentos com efluente nitrificado nas duas profundidades (Tabela 5.7) devido sua alta concentração de K, consequência da adição de bicarbonato de potássio no filtro de areia (filtro de nitrificação). De acordo com Malavolta (1980), altas concentrações de potássio podem causar diminuição da absorção de Ca e Mg. Torre *et al.* (2001) citam trabalhos nos quais foi observado que efeitos de deficiência de Ca foram mais pronunciados devido a grande quantidade de K fornecido às plantas, o que os motivaram a estudar relações de K/Ca no desenvolvimento e pós-colheita de rosas. Verificaram que não houve influência significativa no desenvolvimento e aparência das plantas, mas houve na durabilidade pós-colheita, que foi menor em alta relação K/Ca (12/1), que causou necrose e clorose das bordas das folhas e necrose das pétalas, o que se deve a deficiência de Ca, que acelera a senescência e a degradação da clorofila, sendo tais problemas acentuados pela alta concentração de K. O aumento de concentração de K não alcançou valores que pudessem deprimir a produção. Já Casarini (2004) constatou diminuição dos teores de Ca e Mg nas folhas e queda de 26,54% de produção em fertirrigação de roseiras com altas doses de K.

Tabela 5.7 Concentração de K na solução do solo

Profundidade	Tratamentos					
	A	EN+ad	EA+ad	EA	EN	A+ad
	K (mmol _c L ⁻¹)					
10 cm	0,03a*	1,76b	0,28a	0,20a	1,84b	0,11a
30 cm	0,05a	0,80b	0,17a	0,13a	0,58b	0,10a

*Médias com mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

Com relação à concentração de N-NO_3^{-1} , no tratamento com água e adubação (A+ad) a concentração foi nula devido ao tempo de 15 dias entre a adução e a coleta da solução

do solo. Nos tratamentos com efluentes, a concentração de N-NO_3^{-1} na solução do solo não diferiu estatisticamente na profundidade de 10 cm. Em 30 cm, os tratamentos com efluentes nitrificados apresentaram concentrações significativamente maiores em relação ao tratamento EA+ad e não significativamente em relação ao tratamento EA (Tabela 5.8). Provavelmente, tal tendência de haver menos nitrato na camada de 30 cm para os tratamentos com efluente anaeróbios deve-se ao fato da maior parte de seu nitrogênio estar na forma amoniacal, que é retida pelo complexo de troca catiônica do solo, impedindo que o nitrogênio acompanhe o fluxo de água para camadas inferiores do solo no momento da irrigação. A retenção de amônio no complexo de troca catiônica talvez possa ser considerado uma vantagem dessa forma de nitrogênio, segundo Vasquez-Montiel *et al.* (1996) como uma forma de armazenamento de N no solo. Porém, como será discutido logo adiante, ocorre a nitrificação do N amoniacal, portanto havendo sua retenção apenas a curto prazo.

As concentrações de N-NO_3^{-1} não afetaram negativamente a produção nem os parâmetros das hastes, apesar das concentrações de nitrogênio nos efluentes estarem acima do desejável para culturas sensíveis, que é de 30 mg N L^{-1} , segundo Ayers e Westcot (1976). Os mesmos autores citam que valores maiores que isso são bons para altas produções de culturas não sensíveis, como aconteceu com as roseiras. Porém, se muito altas, podem influir nas características das hastes florais, conforme Casarini (2004), que observou diminuição do comprimento de botões florais e das hastes em solo com alta concentração de nitrato.

Tabela 5.8 Concentração de nitrogênio na forma de nitrato na solução do solo

Profundidade	Tratamentos					
	A	EN+ad	EA+ad	EA	EN	A+ad
	N-NO_3^{-} (mg L^{-1})					
10 cm	-	24,92a*	34,04a	20,43a	15,45a	-
30 cm	-	25,70b	11,48a	19,54ab	25,07b	-

*Médias com mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Com relação ao amônio contido no efluente anaeróbico, sua concentração no efluente não diminui a produtividade, tal como em Kirkby (1968), que verificou queda de produção de matéria seca em cultivo de mostarda quando a solução nutritiva continha parte do nitrogênio em forma amoniacal. Porém, convém destacar que houve controle contínuo de pH nesse experimento com

mostarda, o que não acontece em condições de campo, onde as formas nitrogênio concorrem para a mudança do pH do solo, alterando a solubilidade dos elementos. Além disso, o amônio é todo convertido em nitrato, como pode ser concluído pela semelhante quantidade de nitrato em todos os tratamentos com efluentes, em torno de 40 mg L^{-1} , somando-se as duas profundidades. Essa conversão ocorreu no máximo em 24 horas, que foi o tempo entre a pressão nos extratores e análise do amostra. Assim, algum possível efeito deletério de amônio possa não ter tido tempo de agir sobre a planta. Bouwer e Chaney (1974) relatam que é comum a completa conversão do nitrogênio para a forma nítrica quando a aplicação de efluentes é curta e frequente. Citam Robeck, que usou frequência de aplicação curtas entre 3 e 6 vezes por dia, tal como neste trabalho, que utilizou uma frequência de 4 vezes por dia a cada 2 dias.

6 CONCLUSÕES

Os efluentes apresentaram alto valor nutricional como fonte de N e K, porém o efluente nitrificado contendo K em excesso.

A condutividade elétrica aumentou nos tratamentos com efluentes, mas não atingiu níveis prejudiciais ao cultivo de rosas.

O teor de Na e a RAS aumentaram principalmente na camada de 10 cm, mas sem atingir níveis que limitam o uso de efluentes.

O teor de K aumentou principalmente nos tratamentos com efluente nitrificado, mas não a níveis que pudessem deprimir a produção de rosas.

A concentração de N-NO_3^{-1} foi igual nos tratamentos com efluentes e nenhum efeito sobre as hastes florais foi observado.

A produção foi maior nos tratamentos com efluente sem adubação, mostrando seu potencial de uso na irrigação de roseiras. Os parâmetros das hastes florais (CH, DH, CB, DB, MFB) não diferiram entre os tratamentos.

REFERÊNCIAS

AL SALEM, S. S. Environmental considerations for wastewater reuse in agriculture. **Water Science and Technology**. v. 33, n. 10-11, p. 345-353, 1996.

ASANO, T. e LEVINE, A .D. Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present and, future. **Water Science and Technology**, v. 33, n. 10-11, p. 1-14, 1996.

AYERS, R. S. e WESTCOT, D. W. Water quality for agriculture - Irrigation and drainage paper 29. Roma: Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO), 1976. 97 p.
Disponível em: <http://www.calwater.ca.gov/Admin_Record/C-110101.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2010, 11h 59 min.

BOUWER, H. e CHANEY, R. L. Land treatment of wastewater. **Advances in Agronomy**. v. 26, p. 133-176, 1974.

CAMARGO, M.S. **Nutrição e adubação de *Aster ericoides* (White Master) influenciando produção, qualidade e longevidade**. 2001. 100 f.Tese (Doutorado em agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2001.

CABRERA, R. I. Evaluating yield and quality of roses with respect to nitrogen fertilization and leaf nitrogen status. **Acta Horticulture**, n. 511, p. 133-141, 2000.

CANDELA, L. *et al.* Assessment of soil and groundwater impacts by treated urban wastewater reuse. A case study: Application in a golf course (Girona, Spain). **Science of the total Environment**. v. 374, p. 26-35, 2007.

CAREY, R. O. e MIGLIACCIO, K. W. Contribution of wastewater treatment plants effluents to nutrient dynamics in aquatic systems: a review. **Environmental Management**, n. 44, p. 205-217, 2009.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. Fertirrigação de Hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças Circular Técnica. Embrapa Hortaliças, n. 32, 2004. 13 p.

CASARINI, E. **Doses de N e K aplicados via fertirrigação na cultura da roseira (*Rosa sp.*) em ambiente protegido.** 2004. 102 f. Tese (Doutorado em agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Instrução técnica nº 31. Aplicação de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura.** São Paulo, 2006.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.** Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 29 jul 2010a, 13h 15min

_____. **Resolução CONAMA nº 397, de 3 de abril de 2008.** Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=563>> Acesso em: 29 jul. 2010b, 13h 40min

CORAUCCI FILHO, B. *et al.* Tecnologia do tratamento de águas residuárias no solo: infiltração rápida, irrigação e escoamento superficial. In: CAMPOS, J. R. (coord.) Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999a. 464p. cap. 14, p. 357-407. PROSAB – Programa de pesquisa em saneamento básico.

CORAUCCI FILHO, B. *et al.* Bases conceituais da disposição controlada de águas residuárias no solo. In: CAMPOS, J. R. (coord.) Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999b. 464p. cap. 13, p. 321-356. PROSAB – Programa de pesquisa em saneamento básico.

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; FOLEGATTI, M. Manejo da fertirrigação utilizando extratores de solução do solo. Piracicaba, SP: ESALQ – Divisão de Biblioteca e Documentação, 2004. 23p. Série Produtor rural, n. 25.

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Process design manual - Land treatment of municipal wastewater. Cincinnati, OH: U. S. Environmental Protection Agency; Center for Environmental Research Information, 1981.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

FOLEGATTI, M. V. (Coord.) Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças. Guaíba-RS: **Agropecuária**, 1999. 460p.

FRANCISCO, V. L. F. S.; PINO, F. A.; KIYUNA, I. Floricultura no Estado e São Paulo. Instituto de Informações Econômicas. Informações Econômicas, SP, v.33, n. 3, 2003.

FREIRE, B. G. S. e FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. cap. XVI, p. 929-954.

FREITAS-ASTÚA; CALDARI JR., P.; GIÓRIA. Doenças das plantas ornamentais. In: KIMATI *et al.* Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas (v. 2). 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. 663 p.

GOMES, T. M.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R.; SILVA, E.; SUNDEFELD JÚNIOR, G. C.; DEON, M. D.; PIVELLI, R. P. Aporte de nutrientes e estado nutricional da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto com e sem desinfecção. **Revista DAE**, n. 180, p. 17-23, 2009.

GORI, R.; LUBELLO, C.; FERRINI, F.; NICESE, F. P.; COPPINI, E. Reuse of industrial wastewater for the irrigation of ornamental plants. **Water Science & Technology**, p. 883-889, 2008.

HAMILTON, A.J.; BOLAND, A.M.; STEVENS, D.; KELLY, J.; RADCLIFFE, J.; ZIEHRL, A.; DILLON, P.; PAULIN, B. Position of the Australian horticultural industry with respect to the use of reclaimed water. **Agricultural Water Management**. v. 71, n. 3, p. 181-209, Feb. 2005.

HOWARD, E. H. e HANAN, J. J. Effect of salinity in water supplies on greenhouse rose production. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v. 103, n. 5, p. 694-699, 1978.

HUERTAS, E.; SALGOT, M. HOLLENDER, J.; WEBER, S.; DOTT, W.; KHAN, S.; SCHÄFER, A.; MESSALEN, R., BIS, B.; AHARONI, A.; CHIKUREL, H. Key objectives for water reuse concepts. **Desalination**, n. 218, p. 120-131, 2008.

IBRAFLOR - INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. In: floricultura no brasil: apontamentos mais relevantes sobre o papel sócio-econômico recente da atividade. Disponível em: <<http://www.ibraflor.org/userfiles/file/Balana%20Comercial%20Floricultura%202007.pdf>> Acesso em: 09/07/2009a

IBRAFLOR - INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. In: Exportações de flores e plantas ornamentais superam US\$ 35 milhões em 2007: Records e novos desafios para o Brasil. Disponível em: <<http://www.ibraflor.org/userfiles/file/Balana%20Comercial%20Floricultura%202007.pdf>> Acesso em: 09/07/2009b

JANZEN, H. H. Soluble salts. In: CARTER, M. R. (ed.) Soil Sampling and methods of analysis. Washington, D.C.: Lewis Publishers, 1993. 823 p. cap. 18, p. 161-166

- JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância socioeconômica recente. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**. v.14, n.1, p. 37-52, 2008.
- KIRKBY, E. A. Influence of ammonium and nitrate nutrition on the cation-anion balance and nitrogen and carbohydrate metabolism of White mustard plants grown in dilute nutrient solutions. **Soil Science**. v. 105, n. 3, p. 133-141, March 1968.
- KIZILOGLU, F. M.; TURAN, M.; SAHIN, S.; KUSLU, Y.; DURSUN, A. Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. rubra) grown on calcareous soil in Turkey. **Agricultural Water Management**, n. 95, p. 716-724, 2008.
- KIYUNA, I.; ASSUMPÇÃO, R.; ALVES, H. S. Mercado De Flores: O Caso Das Rosas Em São Paulo. Instituto de Economia Agrícola. Texto n° 125. 2001.
- LOEHR, R. C.; JEWELL, W. J.; NOVAK, J. D.; CLARKSON, W. W.; FRIEDMAN, G. S. Land application of wastes - Volume II. 1st ed. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1979. 431p.
- LEAL, R. M. P. *et al.* Sodicity and salinity in a Brazilian Oxisol cultivated with sugarcane irrigated with wastewater. **Agriculture Water Management**. v. 96, n. 2, p. 307-316, Feb. 2009.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE Adubos e Adubações. São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.
- MARINHO, L. E. O. **Uso de efluente sanitário de complexo hospitalar na irrigação de roseira** . 2010. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- MARQUELLI, W. A.; DA SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C.; CARRIJO, O. A. Tensiômetros para manejo da irrigação em hortaliças. EMBRAPA HORTALIÇAS. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/public/folders/tensiometro.html>> Acesso em: 02 ago. 2009, 10h 00min
- PAULA, A. M.; NOGUEIRA, S. F.; FONSECA, A. F.; CARDOSO, E. J. B. N.; MELFI, A. J. Aporte de carbono e nitrogênio e atividade microbiana de solo sob pastagem irrigada com esgoto tratado. **Revista DAE**, n. 180, p. 10-16, 2009.

PINTO, M. T.; FORESTI, E.; PIVELI, R.; JÚNIOR MARQUES, J.; VON SPERLING, M. Elementos para decisão acerca do reúso ou lançamento do esgoto tratado. In: MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. (coord.) Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 428 p. cap. 12, p. 406-425. PROSAB – Programa de pesquisa em saneamento básico 5, tema 2 – Esgoto.

QADIR, M.; WICHELNS, D.; RASCHID-SALLY, L.; MCCORNICK, P. G.; DRECHSEL, P.; BAHRI, A.; MINHAS, P. S. The challenges of wastewater irrigation in developing countries. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 4, 561-568, April 2010.

RAIJ, B. VAN. Fertilidade do solo e adubação. 1. ed. Piracicaba, SP: Agronômica Ceres Ltda, 1991. 343 p.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. 1. ed. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 2001. 284 p.

RODRIGUES, E. J. R.; MINAMI, K.; FARINA, E. Cobertura do substrato com filme plástico e o cultivo hidropônico da roseira: produtividade, consumo de água, temperatura e salinização. **Scientia Agricola**. v. 56, n. 4, out. 1999. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000400004&lng=en&nrm=iso>

Acesso em: 18 mar. 2009.

SOUZA, J. T. *et al.* Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annum L.*) **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n.1, p. 89-96, 2006.

SILVEIRA, R. B. A. Tentativas de padronização de crisântemos de corte para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.3, n.2, p.10-14,1997.

TAKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V.; CASARINI. Cultivo de rosas. 1. ed. Brasília (DF): LK Editora e Comércio de Bens Editoriais e Autorais Ltda, 2007. 172 p.

TANJI, K. K. e KIELEN, N. C. Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas - FAO irrigation and drainage paper 61. Roma: Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO), 2002. 188p. Disponível em:

<<http://www.fao.org/docrep/005/y4263e/y4263e00.htm>> Acesso em: 07 jan. 2010, 11h30min.

TELLES, D. D. Aspectos da utilização de corpos d'água que recebem esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. In: NUVOLARI, A (coord.). Esgoto sanitário – Coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. cap. 11, p. 461-483

TONETTI, A. L. **Tratamento de esgotos pelo sistema combinado filtro anaeróbio e filtros de areia**. 2008. 187 p. Tese (Doutorado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2008.

- TONON, D. D. **Tratamento de efluente anaeróbio: condicionamento em filtros de areia visando lançamento e reúso.** 2011. Tese (Doutorado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2011.
- TORRE, S.; FJELD, T.; GISLERØD, H. R. Effects of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses. **Scientia Horticulturae**, v. 90, p. 291-304, 2001.
- VAZQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N. J.; MARA, D. D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. **Water Science and Technology**. v. 33, n. 10-11, p. 355-362, 1996.
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1.
- VON SPERLING, M.; ANDRADE NETO, C. O.; VOLSCHAN JÚNIOR, I. FLORÊNCIO, L. Impacto dos nutrientes do esgoto lançado em corpos de água. In: MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. (coord.) Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 428 p. cap. 2, p. 26-51. PROSAB – Programa de pesquisa em saneamento básico 5, tema 2 – Esgoto.
- WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 2: Wastewater use in Agriculture.** Genebra, Suíça: WHO, 2006. 196 p.