

## II-464 - AVALIAÇÃO DE SALINIDADE E RAS DE EFLUENTE SANITÁRIO TRATADO VISANDO APLICAÇÃO EM CULTURA DE ROSAS

### **Daniele Tonon Dominato<sup>(1)</sup>**

Química com atribuições tecnológicas pela Universidade Estadual Paulista – UNESP. Mestre em Engenharia Civil - Departamento Saneamento e Ambiente - pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Doutoranda em Engenharia Civil na FEC - UNICAMP pelo departamento de Saneamento e Ambiente.

### **Bruno Coraucci Filho**

Professor Titular da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC/UNICAMP Departamento de Saneamento e Ambiente.

### **Luana Mattos de Oliveira Cruz**

Graduada em Tecnologia em Saneamento Ambiental no Centro Superior de Educação Tecnológica - CESET/UNICAMP. Mestre em Engenharia Civil – FEC – UNICAMP. Doutoranda em Engenharia Civil na FEC - UNICAMP.

### **Jorge Luiz da Paixão Filho**

Graduado em Tecnologia em Saneamento Ambiental no CESET/UNICAMP. Mestrando em Engenharia Civil na FEC - UNICAMP pelo departamento de Saneamento e Ambiente.

### **Thalita Aparecida Rissi**

Graduada em Tecnologia em Saneamento Ambiental no CESET/UNICAMP. Mestranda em Engenharia Civil na FEC - UNICAMP pelo departamento de Saneamento e Ambiente.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Carlos Chagas, 135 – Vila Loyola – São João da Boa Vista - SP - CEP: 13870-610 - Brasil - Tel: 55 (19) 3623-1799 ou 55 (19) 9610-3970 – e - mail: [daniele\\_tonon2005@yahoo.com.br](mailto:daniele_tonon2005@yahoo.com.br)

## **RESUMO**

A escassez cada vez maior de água doce devido ao crescimento demográfico, a urbanização e, provavelmente, as mudanças climáticas, tem dado lugar ao uso crescente de águas residuárias na agricultura. Atualmente, essa prática é uma realidade, principalmente na região sudeste de São Paulo, onde os conflitos pelos usos múltiplos da água são constantes. Frente a essa situação, o objetivo desse trabalho foi avaliar a salinidade através da RAS e realizar um comparativo com a Condutividade em função do diagrama recomendado pela da US Dept. of Agriculture (1995) para um efluente sanitário tratado através de filtros anaeróbios (com recheio de cavacos de bambu e cascas de coco verde) e pós-tratamento por filtros de areia (com espessura de 0,75 m) aplicando-se taxas hidráulicas que variaram de 300 a 800 L m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup> visando aplicação em uma cultura de roseiras. Utilizou-se a rosa, como planta teste, pois é considerada uma das plantas ornamentais mais sensíveis ao estresse ambiental e também porque a rosa é uma das flores mais vendidas em todo o Brasil e, no Estado de São Paulo, é a quarta cultura mais desenvolvida, estando à frente da cultura do café. Este estudo fornecerá subsídios para o reúso de efluentes em parques e jardins. A classificação do efluente final para a utilização deste na agricultura foi C3S1, estando apto a ser utilizado com um grau moderado de restrição. Como os resultados foram satisfatórios, comprova-se que é possível a aplicação de maiores taxas hidráulicas nos leitos de areia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rosas, Reúso Agrícola, Efluente Sanitário, Altas Taxas.

## **INTRODUÇÃO**

De acordo com dados publicados pela Organização Mundial da Saúde, atualmente cerca de 1,1 bilhões de pessoas em todo o mundo não possuem acesso a fontes seguras de água potável e 2,4 bilhões não tem acesso a nenhum tipo de instalações adequadas de saneamento. Esses dados alertam para o fato de que cerca de 2,0 milhões de pessoas, a maioria crianças menores de cinco anos, morrem todos os anos devido a enfermidades diarreicas causadas pela falta de saneamento (WHO, 2010).

Segundo relatório desenvolvido pela Organização Pan-americana de Saúde (OPAS) que retrata a “Situação da Saúde nas Américas através de Indicadores Básicos” (2009), o Brasil em 2006 possuía uma população total de aproximadamente 193 milhões de habitantes, dentre os quais, cerca de 90 % da população possuía acesso a

fontes de água potável. Porém, quando a questão é o saneamento apenas 77 % do total tinha acesso a instalações seguras.

A escassez cada vez maior de água doce devido ao crescimento demográfico, a urbanização e provavelmente, às mudanças climáticas, tem dado lugar ao uso crescente de águas residuárias na agricultura. Em alguns casos, a água residuária é o único recurso hídrico que as comunidades pobres possuem para garantir sua subsistência através da agricultura, sendo assim, seu uso deve ser feito de maneira consciente para garantir apenas as vantagens da técnica (WHO, 2010).

Em 1989, a OMS publicou um guia sobre o uso seguro de águas residuárias na agricultura que teve uma repercussão significativa em muitos países que fazem desta prática um meio para resolver, em parte, seu problema de escassez de água. Em consonância a isso, no Brasil a CETESB (2006) publicou uma instrução normativa (número 31) que sugere orientações para a aplicação de água de reúso na agricultura, pois, atualmente essa prática é uma necessidade, principalmente em regiões onde há estresse hídrico. Portanto, é necessário o desenvolvimento de pesquisas em sistemas de tratamento eficientes e com manutenção e operação simplificada para que seja possível a acessibilidade dos grupos sociais menos favorecidos e que garanta a sustentabilidade econômica e ambiental.

Algumas pesquisas vêm sendo desenvolvidas desde 1996, na Unicamp, visando atender pequenas comunidades, dentre elas, o tratamento de esgotos domésticos por filtros anaeróbios com recheio de Anéis de Bambu e cascas de Coco Verde. Este método possui baixo custo, consome pouca energia e produz uma pequena quantidade de lodo, sendo extremamente viável para as regiões que possuem disponibilidade deste tipo de vegetação. Porém, apenas essa etapa de tratamento não atende aos padrões da Legislação Brasileira (CONAMA, 357, 2005), demandando um pós-tratamento.

Os filtros de areia com taxas de aplicação diárias de até  $200 \text{ L m}^{-2}$  obtiveram resultados satisfatórios em relação à produção de efluente adequados aos padrões de lançamento em corpos receptores (CONAMA 357/05). Por outro lado, verificou-se que o efluente produzido nesse sistema poderia ter uma aplicação agrícola, visto que, ao final do processo possuía concentrações satisfatórias de nutrientes como nitrogênio, fósforo, entre outros. Por essa razão altas taxas de aplicação hidráulica diárias, que variaram de 300 a  $800 \text{ L m}^{-2}$ , foram estudadas.

Portanto, é possível a construção de um sistema de tratamento de esgoto doméstico, com manutenção e operação simplificada, desde que haja uma quantidade suficiente de efluente produzido para a irrigação e que o mesmo obedeça aos padrões de lançamento e/ou ao reúso.

## OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar a concentração de sais de sódio, cálcio e magnésio através da RAS (razão de adsorção de sódio) e a condutividade de efluente sanitário tratado através de filtros anaeróbios e pós-tratamento em filtros de areia com altas taxas de aplicação visando aplicação em uma cultura de rosas.

## MATERIAL E MÉTODOS

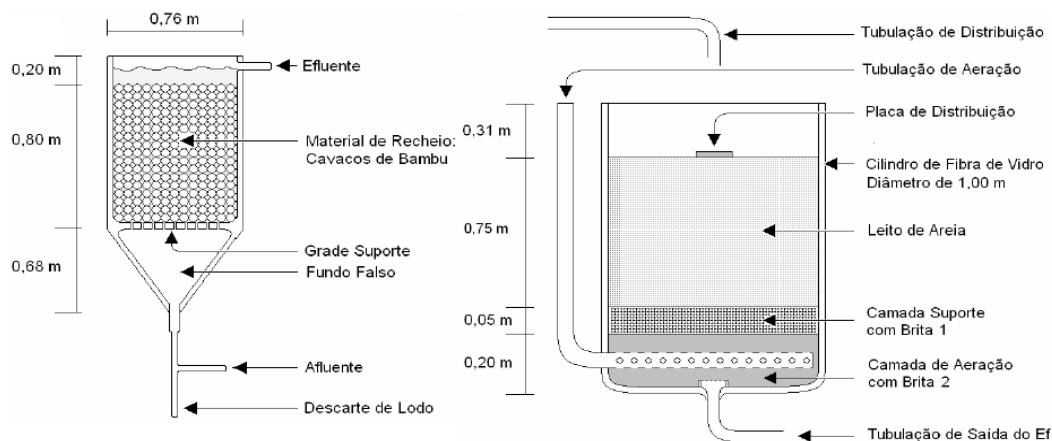
O projeto foi instalado no terreno ao lado do Laboratório de Protótipos Aplicados ao Tratamento de Águas e Efluentes (LABPRO) da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. Sendo que o efluente bruto captado para o projeto possui características de esgoto doméstico e engloba toda a água residuária do Hospital das Clínicas, Escola e Creche. No local de captação, o esgoto passa inicialmente por um tratamento preliminar para a retirada do material grosseiro (gradeamento). Em seguida, por meio de uma bomba submersa, parte do esgoto é enviada para uma caixa de armazenamento que redireciona o fluxo de esgoto aos reatores anaeróbios para o início do tratamento. A Figura 1 apresenta a vista geral da área das instalações de pesquisa.



**Figura 1** – Vista geral da área das instalações de pesquisa

É no reator anaeróbico que ocorre a degradação das matérias presentes no esgoto por meio de bactérias que se fixam ao material de suporte, neste caso o material suporte empregado foi o cavaco de bambu (*Bambusa tuldoidea*) e as cascas de coco verde (*Cocos nucifera*). Nesses filtros, é mantida constantemente a vazão de  $110 \text{ mL.s}^{-1}$ , com tempo de detenção hidráulica em 9 horas.

O líquido afluente é enviado para a caixa de armazenamento e posteriormente enviado a 4 filtros de areia (conforme as taxas de aplicações diárias predefinidas), com a intenção de se completar a remoção da matéria orgânica, de nutrientes e de organismos patogênicos. Na Figura 2 está apresentado um esquema geral dos filtros anaeróbios e dos filtros de areia.



**Figura 2** – Esquema geral dos filtros anaeróbios e dos filtros de areia, respectivamente.

### Taxas hidráulicas

O líquido proveniente dos reatores foi aplicado de segunda às sextas-feiras sobre a superfície dos leitos de areia em cargas de  $50 \text{ L.m}^{-2}\text{d}^{-1}$ . Para cada um dos filtros, este valor foi disposto em diferentes frequências de aplicações. Taxas hidráulicas de 300, 400, 500, 600, 700 e  $800 \text{ L. m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  foram testadas, afim de se obter resultados mais expressivos sobre o funcionamento dos filtros de areia.

### Monitoramento da Condutividade e da RAS

Uma fração de efluente de cada etapa do sistema foi coletada e preparada conforme recomendado por AWWA/APHA/WEF (2005) para análise dos metais sódio, cálcio, magnésio e potássio. Esse monitoramento foi necessário para que o controle da RAS (razão de adsorção de sódio) em virtude da utilização deste efluente na cultura de roseiras.

As roseiras foram dispostas em parcelas e uma parte delas era irrigada com o efluente anaeróbico e a outra parcela irrigada com o efluente da saída dos filtros de areia, por essa razão, o controle dos metais era uma etapa imprescindível no processo. A equação 1 é utilizada para o cálculo da RAS.

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

RAS - Razão de adsorção de sódio

$Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  - correspondem aos valores das concentrações dos elementos (valores em miliequivalente-grama).

Com os valores obtidos o efluente final foi classificado de acordo com o Diagrama da US Dept. of Agriculture (1995) que estabelece uma relação entre a RAS e a condutividade elétrica e classifica o efluente para o uso na agricultura (vide figura 3).

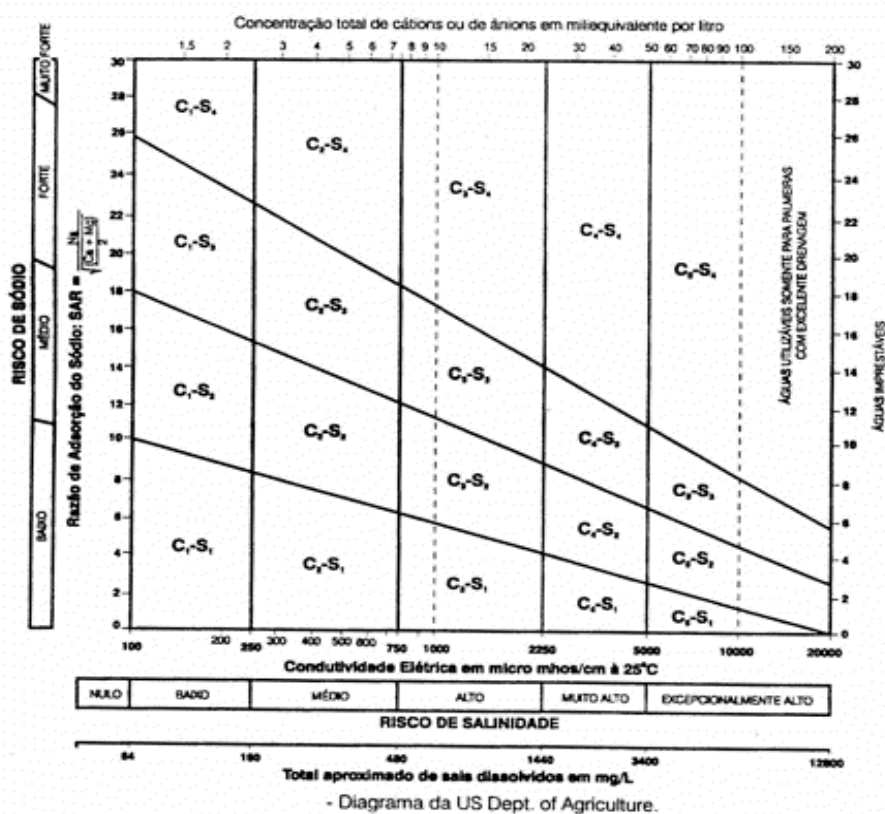


Figura 3 - Limites de RAS em função da condutividade elétrica do efluente.

Fonte: CETESB (2005).

### Aplicação na Agricultura

No mesmo local onde está implantado o sistema de tratamento, uma estufa do tipo Arco foi construída, com cobertura de polietileno de baixa densidade transparente, as laterais foram fechadas com telas de sombreamento (sombrite). 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, tendo uma área total de 528m<sup>2</sup>.

A cultura escolhida foi a *Rosa* sp., variedade Ambiance. As mudas foram doadas pela empresa Rosas Esperança - Sítio Santo Antônio localizada no Holambra-SP. A Figura 4 apresenta uma vista geral da estufa de plantio e a variedade da rosa plantada.



**Figura 4** - Vista geral da estufa de plantio e a variedade Ambiance utilizada no experimento.

### Coleta de Amostras e Análises Laboratoriais

A coleta das amostras foi realizada semanalmente, sempre as terças-feiras. Foram colhidas amostras do efluente bruto, do efluente após passagem pelos filtros anaeróbios e nos efluentes resultantes após a passagem pelos quatro filtros de areia.

As amostras coletadas foram analisadas a partir de testes de pH, alcalinidade, condutividade elétrica, concentração de sais (Sódio, Potássio, Magnésio e Cálcio), série de nitrogênio, fósforo total, bactérias do Grupo Coliformes, turbidez, DQO, DBO, COT, entre outras. Análises essas realizadas no laboratório de saneamento da FEC/UNICAMP de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - AWWA/APHA (2005). O período de monitoramento do sistema aconteceu de março de 2008 a outubro de 2010.

### Avaliação dos Resultados

Os resultados obtidos nas análises laboratoriais de cada um dos parâmetros foram submetidos à análise estatística e confrontados com os limites apresentados nas legislações pertinentes. Deste modo, utilizou-se a CONAMA 357 (2005) para avaliar a conformidade do efluente quanto ao seu lançamento em corpos receptores.

Em relação à possibilidade de reúso do efluente obtido, foi realizada uma comparação com a recomendação da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 1994), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2006) e Organização Mundial da Saúde (OMS, 2000).

### Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos ao tratamento estatístico fazendo-se uso do Programa Bioestat 5.0 (AYRES, 2008). Os dados foram analisados quanto à variância e as médias comparadas por meio do teste não paramétrico de Kruskal - Wallis (Teste Dunn) ao nível de 5% ( $p \leq 0,05$ ). Além da análise estatística, os resultados obtidos foram representados em gráficos gerados pelo programa Microsoft Office Excel.

## RESULTADOS

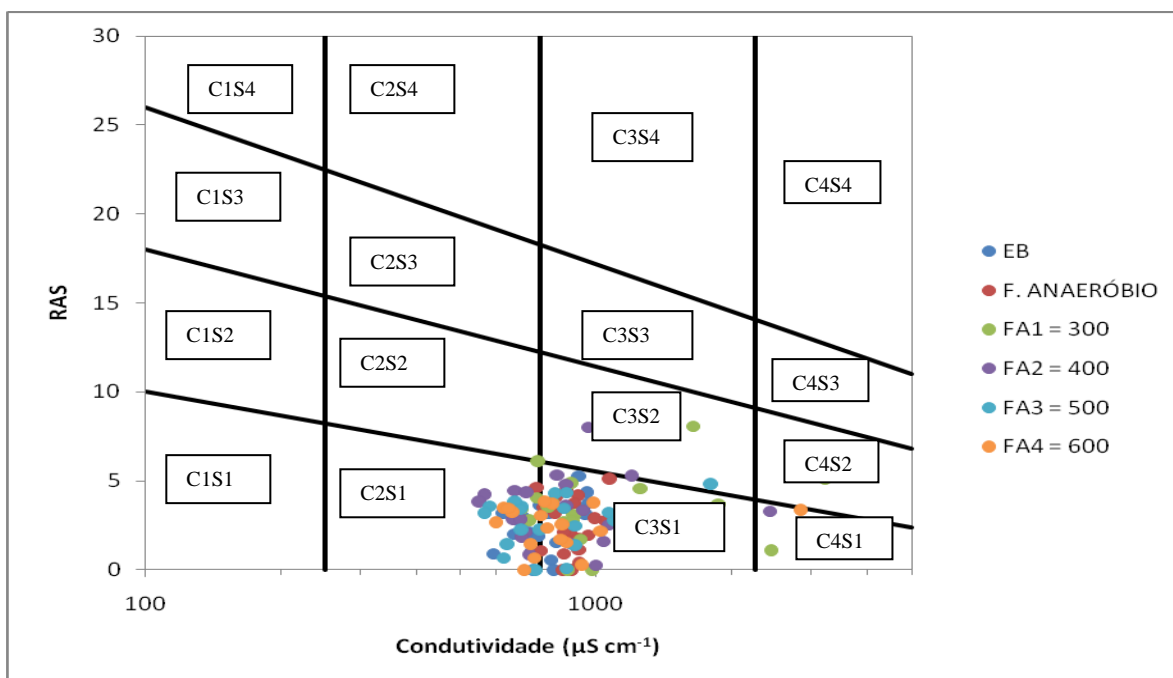
Ao longo de todo o trabalho foram registradas as temperaturas ambiente e a do leito de areia, a média obtida para o ambiente do local da instalação do projeto foi de  $24,2 \pm 5,1$  °C, enquanto que no interior do leito de areia, a média chegou a  $21,9 \pm 4,6$  °C.

### Monitoramentos dos Sais e Classificação do Efluente quanto ao seu Uso na Agricultura

A relação RAS X Condutividade classifica o efluente quanto ao seu uso na agricultura, de acordo com o Diagrama recomendado pelo Departamento de Agricultura Norte Americano e que atualmente serve de base para a CETESB (2005) classificar o efluente quanto aos limites de aplicação do efluente para irrigação (veja figura 3).

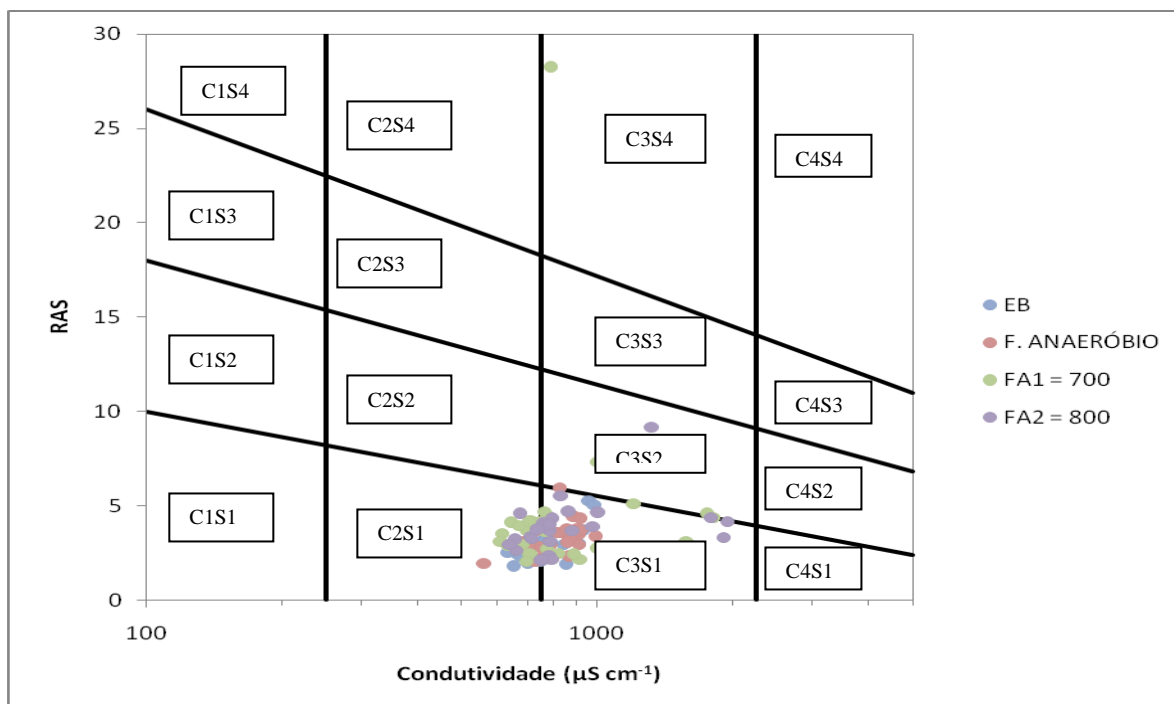


A instrução normativa nº 31 da CETESB (2005) classifica as águas para fins agrícolas, em consonância a essas informações e também fazendo-se uso de ferramentas do Excel (Pacote Office 7) alguns diagramas foram confeccionados, confrontando os dados obtidos para a RAS e para a Condutividade. A Figura 5 apresenta o diagrama da RAS X Condutividade para classificar o efluente dessa pesquisa quanto ao seu uso na agricultura na 2ª Fase do Projeto onde as taxas de aplicação hidráulica nos filtros de areia variaram de 300, 400, 500 e 600  $\text{L m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ .



**Figura 5** - Diagrama da RAS X Condutividade para classificar o efluente quanto ao seu uso na agricultura na 2ª Fase do Projeto.

Ao analisar a Figura 5 verificou-se que independente das taxas de aplicação hidráulicas terem aumentado na 2ª Fase do Projeto, a classificação do efluente quanto ao seu uso na agricultura permaneceu na faixa C2S1 e C3S1. Ao realizar a análise estatística (Kruskal-Wallis 5 %) verificou-se que para os diferentes tipos de efluentes estudados não houve diferença estatística. A Figura 6 apresenta o diagrama da RAS X Condutividade para classificar o efluente dessa pesquisa quanto ao seu uso na agricultura na 3ª Fase do Projeto onde as taxas de aplicação hidráulica nos filtros de areia variaram de 700 e 800  $\text{L m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ .



**Figura 6** - Diagrama da RAS X Condutividade para classificar o efluente quanto ao seu uso na agricultura na 3ª Fase do Projeto.

Ao analisar a Figura 6, verifica-se que a classificação do efluente final na 3ª Fase do Projeto também permaneceu entre as faixas C2S1 e C3S1. Houve alguns resultados que ficaram em C3S2, mas que não foram recorrentes.

Portanto, ao se considerar a Instrução Técnica proposta pela CETESB (2005) verificou-se que o efluente dos filtros de areia dessa pesquisa foram classificados quanto aos valores de Condutividade como C2 ou C3 que significa que, possuem salinidade considerada de média a alta, e podem ser utilizados em solos bem drenados e que haja controle contra a salinização.

Quanto o quesito relativo à sodicidade, a classificação do efluente ficou em S1 que significa que as águas são fracamente sódicas, podendo ser utilizadas para quase todos os solos com fraco risco de formação de teores nocivos de sódio, prestando-se ao cultivo de quase todos os vegetais.

## CONCLUSÕES

A partir dos objetivos propostos nesse trabalho conclui-se que:

- O efluente final, após sua avaliação, em relação à concentração de sais, foi classificado, como C3S1, portanto, apto a sua utilização na agricultura, em especial, na cultura de roseiras;

## AGRADECIMENTOS

CNPq – Edital CT – Hidro - pela concessão da bolsa de doutorado.

Aos bolsistas de Iniciação Científica que contribuem com a parte experimental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETESB. Instrução técnica nº 31. **Irrigação com Água de Reúso Proveniente de Esgoto Sanitário Tratado**. São Paulo. 2005. 17p.
2. CETESB. Instrução técnica nº 31. **Aplicação de água de reúso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura**. São Paulo. 2006.
3. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução número 357**. 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. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 2005.
4. EATON, A.D; et al. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21 ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005. 1082p, 2005.
5. OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE . **Directrices sanitárias sobre el uso de águas residuales em agricultura e aquicultura**. *Séries de reportagens técnicas*. 778. OMS, Genebra, 1989.
6. OPAS (2009). **Situação da Saúde nas Américas – Indicadores Básicos 2009**. Organizado por Organização Panamericana da Saúde em conjunto com a Organização Mundial da Saúde (OMS).
7. WHO (2010). **O abastecimento de água, o saneamento e o uso de águas residuárias**. Em: <http://www.who.int>. Acessado em 26/07/2010 às 10:32h.