

**Universidade de São Paulo**  
**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Avaliação sócio-ambiental do uso de efluente de esgoto tratado na irrigação de  
culturas no Município de Lins – SP**

**Rafael Rodrigues da Silva**

**Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e  
Nutrição de Plantas**

**Piracicaba**

**2008**

**Rafael Rodrigues da Silva**  
**Gestor Ambiental**

**Avaliação sócio-ambiental do uso de efluente de esgoto tratado na irrigação de  
culturas no Município de Lins – SP**

**Orientador:**  
**Prof. Dr. ADOLPHO JOSÉ MELFI**

**Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e  
Nutrição de Plantas**

**Piracicaba**  
**2008**

## DEDICATÓRIA

A todas as pessoas que acreditaram e me apoiaram durante toda esta jornada. Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de deixar aqui expressa a minha imensa gratidão a todos aqueles que me auxiliaram e compartilharam das alegrias e dificuldades enfrentadas durante toda esta etapa de amadurecimento e crescimento pessoal.

Ao Prof Adolpho José Melfi, pela orientação, oportunidade e confiança.

A Prof, Célia pelo envolvimento e solicitude.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) – Universidade de São Paulo e ao CNPq por possibilitar a realização do mestrado.

Aos amigos Dr. André Marcondes Andrade Toledo e ao Daniel Victória, pelos inestimáveis e valiosos auxílios nos SIG's, mapas, imagens, shapes, GPS, buffers, BOVESPA...

Aos funcionários do Núcleo de Pesquisa em Geoquímica e Geofísica da Litosfera (Nupegel) e amigos, Clotilde, Elisete, Paulo e Sérgio.

A amiga Kátia que muito me auxiliou nos trabalhos de campo.

Aos amigos Rafael Leal e Paula. Muito obrigado por todo apoio e atenção.

As amigas Débora e Lílian, pela excelente companhia e ambiente de trabalho.

Aos colegas e amigos de trabalho Uwe, Sandra, Bruno, Lise, Adriel, Nathália, Yuri, Magnus, Alessandra e Julius.

Meu pai, minha mãe, meu irmão e Thais. Sem meias palavras, vocês são tudo na minha vida. Agradeço todo dia por viver em meio a pessoas tão especiais.

A família Borges e a família Rodrigues.

A todos os meus amigos, principalmente aos que fiz durante minha vida em Campinas.

A todos os meus amigos de Piracicaba. Em especial aos integrantes e agregados da República Amendoim. Conviver esses anos próximos de vocês foi um grande prazer.

A família Godinho Ariolli por todo carinho e apoio. Em especial a Daniela. Você me faz ser um homem melhor!

*“A Terra pode oferecer o suficiente para satisfazer as necessidades de todos os homens. Mas não a ganância de todos os homens”.*

Mahatma Gandhi

## SUMÁRIO

RESUMO .....	8
ABSTRACT .....	9
LISTA DE FIGURAS .....	10
LISTA DE TABELAS .....	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 A conservação da água a partir de seu reuso.....	15
2.2 Uso de efluente de esgoto tratado na agricultura.....	17
2.2.1 Uso de efluente de esgoto tratado no mundo.....	19
2.2.2 Uso de efluente de esgoto tratado no Brasil .....	20
2.3 Efeitos observados a partir do uso de efluente de esgoto tratado na agricultura.....	22
2.3.1 Caracterização do efluente de esgoto tratado .....	22
2.3.2 Impactos no solo.....	24
2.3.3 Impactos nas culturas irrigadas.....	27
2.3.4 Impacto nas águas subterrâneas.....	32
2.4 O reuso de água e a opinião pública.....	33
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.1 Área de estudo .....	39
3.1.1 Caracterização do município de Lins .....	39
3.1.2 Área experimental.....	40
3.2 Levantamento bibliográfico dos trabalhos realizados na área experimental.....	41
3.3 Investigação Social .....	41
3.4 Mapa de cobertura do solo de Lins e Mapa de aptidão a irrigação com EETE.....	42
3.4.1 Materiais .....	42
3.4.1.1 Imagem de satélite .....	42
3.4.1.2 Base cartográfica .....	42
3.4.1.3 Sistema de Informação Geográfica.....	44
3.4.2 Mapa de cobertura do solo .....	44
3.4.3 Mapa de declividade no território de Lins.....	46
3.4.4 Mapa de aptidão para a irrigação com EETE.....	47

3.5 Avaliação do uso de EETE para irrigação de culturas .....	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	53
4.1 Revisão dos trabalhos realizados em Lins .....	53
4.1.1 Características da água e do efluente de esgoto tratado de Lins .....	53
4.1.2 Culturas irrigadas com EETE .....	55
4.1.2.1 Impactos da irrigação de café com EETE .....	55
4.1.2.2 Impactos da irrigação de cana-de-açúcar com EETE.....	57
4.1.2.3 Impactos da irrigação de capim com EETE .....	68
4.1.2.4 Impactos da irrigação de milho e girassol com EETE.....	73
4.1.2 Considerações gerais quanto ao uso de EETE para irrigação .....	81
4.2 Aceitação do uso de EETE pelos agricultores do município de Lins.....	83
4.3 Áreas potencialmente irrigáveis com EETE no município de Lins.....	83
4.3.1 Mapa de uso e cobertura do solo de Lins .....	83
4.3.2 Mapa de aptidão para irrigação com EETE por aspersão no município de Lins.....	86
5 CONCLUSÕES .....	90
REFERÊNCIAS .....	91
ANEXOS .....	98

## RESUMO

### **Avaliação sócio-ambiental do uso de efluente de esgoto tratado na irrigação de culturas no Município de Lins – SP**

Em todo o mundo, existe uma crescente competição pelo uso de água entre os diversos setores da sociedade. A agricultura é uma grande consumidora do total de água doce disponível. Neste contexto, é desejável uma realocação dos recursos hídricos usados na agricultura para outros setores, tais como o abastecimento público. Desde que realizada de forma controlada, a irrigação com efluentes de estação de tratamento de esgoto (EETE) é altamente atrativa, pois além de possibilitar a liberação de recursos hídricos de melhor qualidade para outras atividades humanas, serve como uma forma de tratamento complementar do efluente, fornecendo ainda água e nutrientes essenciais aos cultivos agrícolas. No entanto, o uso sustentável dos EETEs na agricultura depende não apenas dos aspectos químicos, físicos e biológicos do sistema solo-planta-água, como também de aspectos sócio-econômicos. Assim, o presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da irrigação com EETE no agrossistema, avaliando a aceitação da prática pelo proprietário rural e mapeando as áreas potencialmente irrigáveis com efluente no município de Lins. Dos 15 proprietários entrevistados, todos se mostraram favoráveis à prática e destinariam, ao menos uma parte da propriedade, para irrigação com o EETE. O fato do resíduo (efluente) originar-se do tratamento de esgoto urbano não influenciou a percepção dos agricultores quanto ao potencial de aproveitamento agrícola do efluente. O principal fator determinante da maior ou menor aceitação da prática diz respeito aos possíveis ganhos econômicos envolvidos (maior produtividade e menor despesa com fertilizantes minerais). Para os proprietários, o maior empecilho à adoção generalizada da prática corresponde aos custos envolvidos no transporte do efluente até as propriedades. Da área total do município de Lins, 73,42% estão cultivados com pastagens e cana-de-açúcar. Considerando-se as instruções técnicas utilizadas para a definição das áreas apropriadas para irrigação com efluente, existe no município um potencial de 112,9 km<sup>2</sup> de áreas aptas, ou seja, 19,82% da área total do município passível de receber EETE via irrigação por aspersão. A inexistência de bases legais que regulamentem o uso deste subproduto, se apresenta como o principal fator limitante para a irrigação de culturas no município de Lins.

Palavras-chave: Efluente de estação de tratamento de esgoto; Viabilidade ambiental; Aceitação agrícola; Uso e cobertura do solo; Aplicação de resíduos na agricultura; Aspectos sócio-ambientais; Aptidão para a irrigação; Entrevistas semi-estruturadas

## ABSTRACT

### **Socioenvironmental assessment of the use of treated sewage effluent in the irrigation of crops in Lins - SP**

Worldwide, there is an increasing competition for the use of water between different sectors of society. The agriculture is a major consumer of the total fresh water available. In this context, it is desirable a reallocation of water resources used in agriculture to other sectors, such as public supply. Since done in a controlled way, irrigation with effluent from sewage treatment plants (TSE) is highly attractive, enabling the release of better water quality sources for other human activities, serving as a complementary treatment of the effluent, also providing water and essential nutrients to agricultural crops. However, the sustainable agricultural use of TSE depends not only of chemical, physical and biological aspects of the soil-plant-water system, but also of socioeconomic aspects. Thus, this study aimed to investigate the effects of TSE irrigation in the agrosystem, evaluating the acceptance of the practice by the rural owners and mapping the potentially effluent irrigable areas in the city of Lins. Of the 15 rural owners interviewed, all were in favor of the practice and could reserve, at least a part of the property, for the irrigation with TSE. The fact that the waste (effluent) originates from the treatment of urban sewage has not influenced the perception of farmers about the potential agricultural use of the effluent. The main determining factor of greater or lesser acceptance of the practice relates to the possible economic gains involved (greater productivity and lower expenses with mineral fertilizers). For the rural owners, the biggest drawback to a widespread adoption of the practice corresponds to the costs involved in transporting the sewage to the properties. Of the total area of the municipal district of Lins, 73.42% are cultivated with grassland grass and sugarcane. Considering the technical instructions employed to define the suitable areas for effluent irrigation, there is a local potential of 112.9 km<sup>2</sup> of suitable areas, or 19.82% of the total area of the municipality may receive STE via sprinkler irrigation. The lack of legal basis regulating the use of this byproduct represents the main restriction for the crops irrigation in the municipality of Lins.

**Keywords:** Treated sewage effluent; Environmental suitability; Agricultural acceptance; Land use and cover; Agricultural use of residues; Socioenvironmental aspects; Suitability for irrigation; Semistructured interviews

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - (a) ETE de Lins (Lagoas de estabilização) e (b) Área experimental .....	40
Figura 2 - Imagem orbital do município de Lins proveniente do satélite indiano IRS, com 5 metros de resolução .....	43
Figura 3 - (a) Modelo digital de elevação do terreno (MDET) e (b) mapa declividade para o município de Lins .....	48
Figura 4 - Etapas da elaboração do mapa de áreas aptas a irrigação com EETE por sistema de aspersão.. .....	50
Figura 5 - Efeito dos diferentes tratamentos na produtividade da cana-de-açúcar (1º corte). Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.....	66
Figura 6 - Mapa de uso e cobertura do solo do município de Lins gerado a partir da interpretação visual da imagem de satélite (Figura 2).....	84
Figura 7 - Mapa das áreas aptas e inaptas a irrigação com EETE por aspersão.....	90

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Desafios e oportunidades encontradas pelos profissionais de reuso de água nos EUA (HARTLEY, 2006).....	36
Tabela 2 - Cartas planialtimétricas obtidas gratuitamente através do sítio da biblioteca digital do IBGE ( <a href="http://biblioteca.ibge.gov.br/">http://biblioteca.ibge.gov.br/</a> ). .....	44
Tabela 3 - Classes de declividade (CD), expressa em porcentagem. ....	47
Tabela 4 - Restrições quanto a área a ser disposta o EETE via irrigação por aspersão. ....	49
Tabela 5 - Coberturas permitidas para irrigação com EETE via aspersão. ....	49
Tabela 6 - Limites das áreas de preservação permanente (APP) para rios, lagoas e represas, de acordo com a Resolução Conama nº 002 .....	51
Tabela 7 - Resultados das análises químicas do EETE e da água potável de lins e comparação com valores de referência disponíveis na literatura especializada .....	54
Tabela 8 - Aporte médio de nutrientes ocorrido durante o período experimental (LEAL, 2007)...	61
Tabela 9 - Efeitos das diferentes fontes de irrigação (água potável e EETE) e taxas de fertilização de nitrogênio mineral aplicados no solo sobre a massa seca e a proteína bruta anual do capim-Tifton 85.....	71
Tabela 10 - Classes de uso e cobertura do solo e suas respectivas proporções para a área total do município de Lins a partir da interpretação da imagem de satélite apresentada na Figura 2 (ano de 2005).. .....	85
Tabela 11 - Área ocupada pelas classes pasto, cultura perene, cultura anual e mata para o município de Lins no de acordo com o LUPA 2006.....	85
Tabela 12 - Área que cada mapa gerado no passo b da Figura 4 restringiu da área total do município de Lins para a irrigação com EETE pelo sistema de aspersão.. .....	87

Tabela 13 - Área apta e inapta a receber o EETE para irrigação utilizando o sistema de aspersão  
.....88

## 1 INTRODUÇÃO

Recurso finito e essencial à vida, a garantia da disponibilidade da água limpa para atender as necessidades humanas e manter processos ecológicos será um dos grandes desafios no decorrer do século 21.

Atualmente a escassez de água em algumas regiões já é responsável pela pobreza, condições precárias de saneamento e proliferação de doenças. Com aumento da demanda por água potável em centros urbanos e para a agricultura, em função do crescimento populacional no mundo, este cenário tende a se agravar. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) está previsto um aumento de mais de dois bilhões de habitantes até a metade deste século e não há sinais de redução do consumo dos recursos naturais (PALMER et al., 2004) e, conseqüentemente, do volume de resíduos despejados no ambiente.

O esgoto doméstico proveniente dos centros urbanos é responsável por considerável contaminação dos recursos hídricos superficiais quando neles inexitem ou dispõem de sistemas de tratamento parcial dos dejetos. Quando submetidos a Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) dois subprodutos são gerados: o lodo de esgoto e o efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE), geralmente lançado em cursos d'água. Sistemas completos são eficientes e onerosos, mas resultam em boa qualidade na remoção de poluentes. O EETE, portanto, retorna ao ambiente compondo a vazão do corpo d'água sem causar degradação ambiental. Principalmente em países menos desenvolvidos, onde o esgoto dos municípios, ou são dispostos in natura, ou recebem tratamento incompleto, o EETE parcialmente tratado retorna em condição imprópria contribuindo para a contaminação do corpo d'água. A destinação deste resíduo para outro setor que aceite águas com qualidades inferiores é uma alternativa capaz de apoiar a elaboração de políticas públicas e ambientais, e complementar os esforços voltados à melhoria dos recursos hídricos e ambientais. A irrigação de culturas com o EETE vem trazendo resultados interessantes e é considerada como uma boa alternativa para a destinação do resíduo. Não só demonstra ganhos de produtividade, como também atua como um “filtro biológico” constituído pelo sistema solo-planta, promovendo o polimento dos efluentes provenientes das estações de tratamento de esgoto.

O destino de águas residuárias para fins agrícolas não é recente. De tão atrativa, hoje é adotada mesmo em países que não convivem com o problema da escassez de água (MILLER, 2006). Além dos benefícios ambientais, contribui para a nutrição de culturas agrícolas e florestais por conter nutrientes essenciais às plantas. No entanto, como procede de esgoto, não é uma prática

isenta de riscos. A irrigação com EETE requer adequado planejamento e manejo para que seus constituintes indesejados (metais pesados, organismos patogênicos, sódio (Na) e contaminantes orgânicos), não alterem o sistema o solo de forma a prejudicar os agrossistemas.

No Brasil, o reuso de água para a agricultura ainda é incipiente e desassociada da idéia de que o esgoto pode ser utilizado como matéria prima. A inexistência de bases políticas, legais e institucionais para o reuso de água no país, corroboram com a idéia, e justificam a necessidade de estudos para, não só, regulamentar a prática como tornar de conhecimento público as potencialidades e riscos da prática. Os anseios das universidades e órgãos de pesquisa, apoiado pela aceitação, cobrança e participação pública, para a implementação de leis aos gestores municipais, estaduais e nacionais, ficariam facilitados já que todos os esforços, por todas as entidades envolvidas, são voltados primordialmente ao benefício público.

Os efeitos do uso de EETE para a irrigação de culturas de girassol, milho, café, cana-de-açúcar e capim, e seus efeitos nas propriedades químicas, físicas e biológicas do sistema solo-água-planta, vem sendo estudado em área experimental localizada no município de Lins - SP. Mas a viabilidade sustentável do uso agrícola dos EETE depende também de aspectos sócio-econômicos envolvidos. O presente trabalho tem por objetivo (a) fazer um levantamento dos trabalhos realizados no município de Lins; (b) avaliar a aceitação do uso de água tratada e proveniente de estação de tratamento de esgoto pelo proprietário rural de Lins; (c) desenvolver, a partir da elaboração do mapa de uso do solo do município um planejamento das áreas potencialmente irrigáveis, mediante as restrições adquiridas na literatura; (d) integrar as informações obtidas a fim de possibilitar a construção de um quadro geral da sustentabilidade da prática de irrigação com este tipo de água residuária para o município.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A conservação da água a partir de seu reuso**

Equacionar a distribuição de água necessária para atender a demanda humana e concomitantemente manter e preservar as funções químicas, físicas e biológicas dos ecossistemas e dos seres vivos integrados é um desafio que muito dependerá do sucesso das práticas sustentáveis de gestão dos recursos hídricos.

Atualmente nos deparamos com a problemática de um elevado crescimento populacional e de um consumismo exagerado que é impulsionado pelo desenvolvimento de tecnologias descasadas de princípios ecossistêmicos. Esse comportamento marcou a história de uso e ocupação do planeta, agravando-se nos últimos séculos e exercendo enormes pressões sobre o ambiente, mas principalmente nas reservas hídricas próximas as áreas de concentração populacional, onde o consumo de água é elevado assim como a geração e disposição contínua de águas residuárias nos corpos d'água. Muitas regiões atingiram a condição de escassez hídrica (LEAL, 2007), a capacidade assimilativa do ambiente tornou-se mais limitada (FEIGIN et al., 1991) e os cursos d'água não são mais capazes de suportar os efeitos negativos advindos da disposição de dejetos (FONSECA, 2005).

Neste contexto e apoiado pelas recentes formas de pensar o uso do ambiente, todo esforço que consista em aliviar cargas poluidoras dos recursos hídricos promoverá por consequência o desenvolvimento de modelos sustentáveis e atenderá as exigências preconizadas na Agenda 21 (1996). Com um capítulo inteiramente dedicado a proteção da qualidade das fontes de águas de abastecimento, o documento também mencionou a importância do reuso, recomendando a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção da saúde pública de grupos de risco, com práticas ambientais adequadas (HESPANHOL, 2003).

O reuso de água é uma prática crescente em muitas regiões do mundo, inclusive em países que apresentam problemas de escassez de água (MILLER, 2006). Mesmo as regiões com recursos hídricos abundantes experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo para satisfazer suas demandas quando excessivamente elevadas (HESPANHOL, 2003).

O aproveitamento de águas residuárias está diretamente ligado à qualidade dessa água disponível. Ayers e Westcot (1985) definem qualidade da água como a adaptabilidade das

características físicas, químicas e biológicas da água de um reservatório para o seu uso específico, logo, a água pode ser apropriada para determinado uso, mas estar poluído para outro. Para a agricultura, por exemplo, é conveniente que o ambiente aquático seja rico em nutrientes, o que é indesejável para a água destinada ao abastecimento. A água com elevado teor salino é imprópria para uso agrícola, não havendo, no entanto, restrições para seu uso na geração de energia ou mesmo para navegação. Elevadas concentrações de ferro podem comprometer seu uso na geração de energia (deposição em turbinas), mas não afetam sua utilização em navegação ou recreação. Portanto, observa-se que determinados usos da água exigem um padrão de qualidade mais elevado, ao passo que outros não apresentam restrições neste sentido. Assim, é possível estabelecer de forma aproximada uma gradação de usos, em função da qualidade da água, abrangendo desde as utilizações mais nobres (abastecimento, irrigação) até aquelas menos exigentes (navegação, controle de cheias) (VON SPERLING, 1997, apud TRENTIN, 2005).

No setor agrícola, por sua vez, é onde se encontram potencialidades de uso de água com qualidades inferiores para irrigação capaz de expressar significativos benefícios sócio-econômico-ambientais e com impactos controlados. A agricultura é o maior consumidor da totalidade de água doce utilizando 70% das reservas hídricas (POSTEL; VICKERS, 2004). Também possui no complexo solo-planta capacidade de remover poluentes e organismos patogênicos presentes em resíduos e águas residuárias (FEIGIN et al., 1991). Portanto, sob forma controlada, é possível integrar economia de água de boa qualidade para consumo direto e auxiliar a descontaminar o ambiente, promovendo, por consequência, ganhos agrônômicos. O desenvolvimento da agricultura sustentável depende, dentre outros aspectos, da conservação da terra e melhor manejo dos insumos agrícolas (AGENDA 21, 1996), priorizando a utilização de recursos renováveis (CONWAY; BARBIER, 1990). Neste sentido, a aplicação de águas residuárias na agricultura, principalmente daquelas provenientes de esgoto doméstico com tratamento prévio, pode contribuir para a promoção do desenvolvimento rural e sustentável. A aplicação de resíduos orgânicos na agricultura tem recebido atenção considerável devido ao aumento sempre crescente, do requerimento de energia para produção de fertilizantes minerais e em virtude dos custos e problemas ambientais associados aos métodos alternativos de disposição de resíduos (CHAE; TABATABAI, 1986).

Políticas e planejamentos efetivos de controle do uso dos corpos de água somada a uma eficiente fiscalização se fazem necessários em curto prazo. Somente com devido gerenciamento

dos usos da água, atendendo as necessidades dos ecossistemas (CHRISTOFIDS, 2003), que será garantida água de boa qualidade as futuras gerações.

## **2.2 Uso de efluente de esgoto tratado na agricultura**

Dentre os vários métodos de tratamento de esgoto municipal, o sistema de lagoas de estabilização tem sido amplamente utilizado no mundo (FONSECA, 2001). Esse sistema é particularmente interessante por tratar os esgotos sanitários e os efluentes de forma mais eficientes, em termos de remoção de microrganismos patogênicos e de nutrientes eutrofizantes (PAGANINI, 1997), além de ser uma opção tecnológica de baixo custo (FONSECA, 2001). No entanto, o subproduto líquido originado a partir deste tratamento normalmente não apresenta padrões de qualidade para o lançamento nos cursos d'água (VON SPERLING, 1995) e empregar o sistema de tratamento terciário não é recomendável em diversas situações considerando seu elevado custo, podendo ultrapassar a casa dos milhões de dólares, dependendo do volume de esgoto tratado (FONSECA, 2005).

A aplicação de efluentes na agricultura para a irrigação de plantas cultivadas tem sido uma das alternativas de mais baixo custo para a disposição deste resíduo no ambiente (ASANO et al., 1996). E mais, a substituição de água de melhor qualidade por águas residuais tratadas na irrigação, possibilita a economia de água doce, aumentando assim a disponibilidade de recursos hídricos para finalidades que requerem padrões de qualidade mais exigentes, como o abastecimento domiciliar e industrial (TRENTIN, 2005).

Muitos países já adotaram essa prática e tem o uso de efluentes fazendo parte de programas governamentais de irrigação e gestão de recurso hídricos, como é o caso de Israel, Egito, Arábia Saudita, Tunísia e Chile (PESCOD, 1992).

A prática tem ganhado popularidade pela sua capacidade de gerar benefícios ambientais associados a vantagens agronômicas. Conseqüentemente, tem sido empregada tanto em regiões secas, onde a escassez é mais evidente, como nas regiões úmidas. Justifica-se o seu uso devido aos seguintes fatores:

- A disposição de efluentes nas águas superficiais, mesmo com prévio tratamento, pode acelerar os processos de eutroficação em águas naturais (BOND, 1998);
- Como há flexibilidade quanto à qualidade de água requerida para a irrigação, algumas culturas podem receber água de baixa qualidade sem maiores riscos. Além disso, alguns

problemas de qualidade d'água podem ser superados com práticas agronômicas sustentáveis (BOUWER; IDELOVITCH, 1987);

- Em regiões áridas e semi-áridas, por exemplo, a escassez dos recursos hídricos faz dos efluentes uma importante fonte para a agricultura irrigada, que, além de requerer grandes quantidades de água, pode representar grande parte de sua demanda total (BOUWER; IDELOVITCH, 1987);
- Ainda assim, as águas residuárias, dentro de certos limites, podem beneficiar a agricultura com outros recursos presentes, tais como incremento de matéria orgânica e aporte de nutrientes minerais interessantes às culturas manejadas (BOUWER; IDELOVITCH, 1987).

Hespanhol (2003) acrescenta que durante as duas últimas décadas o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou significativamente. O autor atribui a esse aumento a: dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação; custo elevado de fertilizantes; a segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas; os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores; a aceitação sócio-cultural da prática do reuso agrícola; e, finalmente, o reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

Leal (2007) menciona a importância da agricultura irrigada, atualmente responsável por 40% da produção de alimentos (TILMAN et al., 2002), como uma prática carente da adoção de cultivos e tecnologias mais eficientes no uso da água, assim como de investimentos maciços na prevenção de poluição dos corpos d'água (TILMAN et al., 2002; POSTEL et al., 1996). Neste contexto, o autor ressalta a importância do reuso de água na agricultura ligada, não somente ao sucesso de sua viabilidade técnica para promoção de melhorias agronômicas e ambientais, como também à melhoria das condições sociais mundiais, visto que essa alternativa para irrigar emerge como um potencial indispensável para garantir a segurança e incremento da produção mundial de alimentos.

No entanto, a eficiência do sistema solo-planta em receber o EETE como uma prática viável e capaz de utilizar os nutrientes contidos nesta água residuária depende de diversos fatores relatados por Fonseca et al. (2007b). São eles: a qualidade microbiológica e características

químicas do efluente, incluindo o risco de salinidade, sodicidade, elementos traço e concentrações de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ); disponibilidade das fontes de água e condições ambientais; adequação da tecnologia de irrigação com a qualidade do efluente, assim como a topografia da área; a quantidade do efluente e a frequência da aplicação do mesmo; a concentração de nutrientes no efluente e a quantidade de fertilizante mineral aplicada; as características físicas, químicas e microbiológicas do solo, assim como sua fertilidade natural; tipo e produtividade alvo da cultura em questão; e as condições sócio-econômicas e nível tecnológico dos fazendeiros locais.

### **2.2.1 Uso de efluente de esgoto tratado no mundo**

O uso de EETE na irrigação de culturas é uma prática antiga e bastante utilizada em todo mundo (FEIGIN et al., 1991). Os primeiros relatos de uso de efluente para irrigação em fazendas foram datados de 1531 em Bunzlau, na Alemanha, e 1650 em Edimburgo, na Escócia. Posteriormente, muitas outras fazendas usuárias de efluente para irrigação foram estabelecidas (FEIGIN et al., 1991). A seguir, alguns exemplos de áreas com tradição em irrigação com efluente estão relatadas:

EUA: Especificamente em Bakersfield, Califórnia, a irrigação com efluente de esgoto tratado para cultivo de algodão, cereais e pastagens permanentes têm sido feita por mais de 65 anos, durante todo o período do ano devido à falta de chuva na região (AYERS; WESTCOT, 1985). Na região de Tuolumne, Califórnia, mais de 500 ha pertencentes a proprietários agrícolas produtores de feno e pasto são irrigados com efluente de esgoto tratado coletado em área urbana (AYERS; WESTCOT, 1985). No município de Santa Rosa, Califórnia, a distribuição de efluente esgoto tratado promove a irrigação de 1600 ha de terra sob cultivo de maisena, aveia, capim e culturas de inverno para alimentação de animais domésticos (AYERS; WESTCOT, 1985). Em Tucson, Arizona, os trabalhos e os experimentos obtidos com a aplicação de efluente de esgoto tratado na agricultura demonstraram que a irrigação de aveia, cevada, algodão, sorgo, alfalfa, alface e pastagens foram bem sucedidos (DAY; TUCKER, 1959; DAY et al., 1963), com aumento na produtividade constatado para todas as culturas. A irrigação com efluente de esgoto tratado vem sendo feita por mais de 33 anos em Roswell, Novo México, sob cultivo de milho, sorgo e alfafa, distribuídos ao longo desse período de tempo (KOERNER; HAWS, 1979, apud FEIGIN et al.,

1991). Na Florida, a aplicação de água residuária municipal ao solo iniciou-se na cidade de Tallahassee, em 1966 (ALLHANDS; OVERMAN, 1995).

Alemanha: Por mais de 100 anos o efluente de esgoto tratado vem sendo utilizado para irrigação de culturas em Braunschweig. Atualmente o efluente, conduzido para diversas propriedades através de tubulações enterradas, é responsável pela irrigação de mais de 3000 ha de terra sob cultivo de batatas, cevada, aveia, capim, trigo e beterraba para produção de açúcar (AYERS; WESTCOT, 1985). Fato interessante ocorreu a partir de 1954, quando foi estabelecido o sistema de irrigação vigente e muito mais áreas puderam ser irrigadas, que resultaram num grande aumento da população local de Braunschweig (FEIGIN et al., 1991).

México: Em Mesquita, ao norte da Cidade do México, efluente de esgoto vem sendo disposto no solo para irrigação de culturas desde 1886. Os principais cultivos irrigados são pasto, alfafa, milho, aveia, cevada, feijão, vegetais, pimenta malagueta e tomate (FEIGIN et al., 1991).

Austrália: Estudos na Fazenda Warrabee, em Victória, sobre os efeitos da irrigação com efluente de esgoto incluem culturas florestais, oleaginosas, cereais, grãos, forrageiras, vegetais e pasto. É uma das áreas mais antigas mantida com irrigação via efluente, estabelecida em 1897, e sua principal atividade produtiva é a criação de gado (boi e ovelha) (FEIGIN et al., 1991). Em Frankston, estudos sobre vegetais irrigados com efluente de esgoto demonstraram bons resultados para as culturas e sem problemas com contaminação (KADDOUS et al., 1986, apud FEIGIN et al. 1991).

China: O uso de esgoto na agricultura desenvolveu-se rapidamente a partir de 1958 e com isso, mais de um milhão de hectares vem sendo irrigados com efluente de esgoto tratado (PESCOD, 1992).

Israel: Em 1953, Israel elaborou os primeiros critérios para o reuso de água de esgoto, e a reciclagem dos efluentes passou a compor um dos elementos centrais da política de águas domésticas israelenses (TAL, 2006). A irrigação com efluente de esgoto tratado no país passa dos 50 anos de uso (FONSECA, 2001) e vem contribuindo para o alívio da constante pressão nas

reservas de água potável (HOTHMAYER-TOKICH; KLIOT, 2006). No início da década de 1990, cerca de 67% do total de EETE gerado era utilizado na irrigação de pastagens e culturas agrícolas, principalmente no algodão ou na recarga de aquíferos (FEIGIN et al., 1991).

### **2.2.2 Uso de efluente de esgoto tratado no Brasil**

O uso de EETE para irrigação de culturas no Brasil ainda é recente (FONSECA et al., 2007b), havendo, pois falta de tradição na reciclagem dos resíduos gerados (MEDEIROS, 2008). Este fato implica na inexistência de bases legislativas que regulamentem e estabeleçam critérios e parâmetros adequados as condições ambientais locais. Aproveitando da carência de informações sobre os efeitos da irrigação com efluente de esgoto tratado, trabalhos estão sendo elaborados em algumas regiões do país buscando a partir do conhecimento adquirido sanar essa debilidade legal existente.

O desenvolvimento das fossas sépticas biodigestoras pela EMBRAPA possibilitou a implementação de pequenos projetos de irrigação de hortas e pomares com efluentes originários desse sistema, conciliando segurança sanitária, diminuição de riscos a saúde e economia de fertilizantes para os moradores da zona rural. No entanto, a prática vislumbra muito mais a remediação do precário sistema de saneamento básico nas comunidades rurais. A irrigação em maior escala é estudada principalmente em culturas de grande importância para a agricultura brasileira. Na Universidade Federal do Ceará, Mota (2000) utilizou o efluente tratado pelo processo de filtro biológico para irrigação em pequenas áreas plantadas com sorgo e algodão. Para o autor a utilização do esgoto tratado, além de ser uma alternativa para a escassez de água, resultou em melhoria para as culturas em questão, pois acelera seu crescimento, reduz a utilização de fertilizantes e das despesas com os métodos convencionais de irrigação. No Rio Grande do Norte o efluente de um sistema de tratamento anaeróbio (tanque séptico e filtro anaeróbio) foi utilizado via escoamento subsuperficial para irrigação de milho que apresentou boa eficiência na remoção de coliformes fecais e a produção de biomassa foi de 17 a 24 % maior (LUCAS FILHO et al., 2001). Em Viçosa, Minas Gerais, a irrigação com efluente de esgoto tratado em culturas de café tem contribuído com resultados positivos a prática, constatada melhoria do estado nutricional do cafeeiro em relação à irrigação comum (MEDEIROS, 2008). Contudo, é conveniente o monitoramento constante dos atributos do solo, a fim de se identificar possíveis contaminações decorrentes da aplicação de água residuária (MEDEIROS, 2008).

Desde 1996, com a constituição da rede de pesquisas PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico), diversas instituições brasileiras vem se dedicando, de forma articulada, à pesquisa em técnicas de tratamento de esgoto sanitários e, a partir do Edital 3 (2000), à visão integrada do tratamento e utilização de efluentes para diversos fins. No Edital 4 este tema foi aprofundado envolvendo pesquisas realizadas em quinze universidades brasileiras, provenientes de doze estados e do Distrito Federal, abrangendo todas as regiões brasileiras. Foram desenvolvidos quarenta e três sub-projetos de pesquisa, abordando temas relacionados com o reuso das águas de esgoto sanitário, incluindo o aprimoramento de tecnologias de tratamento que resultassem em efluentes com qualidade compatível com as exigidas para sua aplicação, com segurança do ponto de vista sanitário, econômico e ambiental (SANTOS, 2006).

## **2.3 Efeitos observados a partir do uso de efluente de esgoto tratado na agricultura**

### **2.3.1 Caracterização do efluente de esgoto tratado**

A qualidade e produtividade das culturas, a fertilidade do solo, as propriedades das águas subterrâneas e o ambiente são susceptíveis a alterações conforme a qualidade da água de irrigação utilizada, o que é mais do que uma verdade quando se trata do uso de águas residuárias. Alguns constituintes do efluente de esgotos tratado como sais, nutrientes, elementos traço, componentes orgânicos e organismos patogênicos, podem ser danosas as produções agrícolas, ocasionando efeitos imediatos ou em longo prazo devido gradual acumulação no solo e nas águas subterrâneas (FEIGIN et al., 1991).

Fonseca (2001) levantou aspectos que diferenciam o efluente de esgoto tratado da água convencional a partir da literatura consultada (BOUWER; CHANEY, 1974; FEIGIN et al., 1991) listados a seguir:

- Apresentam uma variedade de compostos orgânicos naturais e sintéticos, geralmente não identificados individualmente. Normalmente são materiais orgânicos biodegradáveis, expressos em índices DBO e DQO. Os compostos orgânicos mais comuns existentes nos efluentes são: éter extraível, proteínas, carboidratos, taninos, ligninas, diferentes ácidos orgânicos (fúlvicos, húmicos e hematmelânicos), aminoácidos e surfactantes. O efluente também pode conter traços de substâncias tóxicas como pesticidas. No entanto, as

informações disponíveis não indicam ocorrência de problemas de saúde relatado pela presença de certos compostos orgânicos na água municipal reciclada;

- O uso municipal causa invariavelmente aumento na concentração de sais inorgânicos solúveis na água. A princípio, os íons são  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{HCO}_3^-$ . Esses íons geram um aumento no conteúdo total de sais (salinidade) e na sodicidade da água. Os  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  podem aumentar o risco de sodicidade da água por ocasionar precipitação do carbonato de cálcio. Em pH menor que 8,4 predomina  $\text{HCO}_3^-$  e em pH maior que 8,4 predomina  $\text{CO}_3^{2-}$ . A concentração de  $\text{HCO}_3^-$  no EETE tem sido muito maior que no suprimento de água original (em Israel, por exemplo, é duas vezes maior). Diferentemente de compostos orgânicos, os sais inorgânicos não são facilmente removidos durante os processos convencionais de tratamento e reciclagem, exceto para alguns carbonatos precipitados;
- Os efluentes contém diferentes teores de macronutrientes, especialmente N e P. O nitrogênio ocorre sob as formas: N-orgânico,  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NO}_2^-$ . O  $\text{N-NO}_2^-$  e raramente apresenta concentrações superiores a  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  devido à fácil oxidação para  $\text{N-NO}_3^-$  na presença de  $\text{O}_2$ . O  $\text{N-NO}_3^-$  varia de  $0-10 \text{ mg L}^{-1}$ . No entanto, a maior parte do N nos efluentes municipais encontra-se na forma reduzida, principalmente  $\text{N-NH}_4^+$ . Os efluentes contém várias formas de P: P-orgânico, fosfatos condensados (piro, meta e polifosfatos) e ortofosfato. O P-orgânico é resultante de processos biológicos e os fosfatos condensados são adicionados pela disposição de produtos químicos de lavanderias (detergentes) na água de esgoto;
- Elementos essenciais ou não às plantas podem estar presentes nos efluentes, principalmente nas águas residuárias industriais. Os teores de As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, F, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, V e Zn nos efluentes de esgoto (inclusive efluente secundário) são determinados pelas propriedades químicas do esgoto bruto, da origem dos efluentes e do método de tratamento utilizado. Esses elementos são universalmente encontrados na água, mas em concentrações desprezíveis. No tratamento secundário do esgoto, mediante a decantação dos sólidos suspensos, esses elementos, principalmente os metais, podem ter suas concentrações reduzidas em até 70-90%, pelo fato serem fortemente adsorvidos e precipitados juntamente com sólidos orgânicos e inorgânicos. Como resultado, estabilizam-se durante o tratamento nas lagoas, sedimentando-se junto ao lodo de esgoto.

No entanto, certos metais pesados podem ocorrer nas águas residuárias como quelatos solúveis de baixo peso molecular;

- Microrganismos patogênicos (bactérias e vírus) estão presentes nas águas residuárias, apesar de suas concentrações nos efluentes serem fortemente reduzidas durante o processo normal de tratamento. Protozoários, como *Endamoeba histolytica*, parasitos e helmintos também podem estar presentes nos efluentes de esgoto. As bactérias patogênicas comumente encontradas nas águas residuárias são *Salmonella*, *Shigella*, *Mycobacterium* e *Vibrio comma*. Quanto às viroses, geralmente, incluem enterovírus e adenovírus. Desde que o teor de sólidos suspenso não seja muito alto, a cloração tem sido eficiente no controle de patógenos e ainda, esta técnica tem sido amplamente utilizada na agricultura irrigada com efluente de esgoto tratado.

Toze (2006) diz que muito pouco é mencionado sobre a presença de contaminantes orgânicos traço e compostos farmacêuticos, e que há uma preocupação quanto o potencial impacto na saúde e no ambiente caso estes compostos sobrevivam aos processos de tratamento, pois são capazes de se acumular no ambiente e fazer parte da cadeia alimentar.

Conhecer os componentes existentes no EETE e suas concentrações torna-se imprescindível na elaboração dos projetos de irrigação que se preocupam com a não contaminação do ambiente e com a viabilidade econômica da prática.

### **2.3.2 Impactos no solo**

A umidade do solo bem como os valores de pH tem sido aumentados em solos irrigados com efluentes de esgoto tratado que apresentam maior relação carbono/nitrogênio (MAGESAN et al., 2000). Diversos trabalhos na literatura relatam ligeiros aumentos (menor que uma unidade) no pH dos solos irrigados com EETE (JOHNS; MCCONCHIE, 1994; FONSECA, 2001). Este aumento pode ocorrer devido: (i) ao alto pH do efluente (STEWART et al., 1990); (ii) à adição de cátions trocáveis e de ânions oriundos do efluente (FALKINER; SMITH, 1997); (iii) à alteração na ciclagem de nutrientes mediante adição deste subproduto, ocasionando incremento na redução do  $\text{NO}_3^-$  para  $\text{NH}_4^+$  e desnitrificação do  $\text{NO}_3^-$ , produzindo íons  $\text{OH}^-$  (SCHIPPER et al., 1996).

Trabalhos reportam diferentes resultados para as concentrações de carbono total (CT) e nitrogênio total (NT) via irrigação com EETE. Enquanto o aumento N e C pode ser observado em

experimentos conduzidos em longo prazo, a diminuição dos teores de CT e NT são reportados mediante os seguintes fatores: predominância do N a partir do efluente na forma mineral; rápida mineralização da fração N do efluente orgânico, constituindo predominantemente de algas mortas; manutenção das condições ideais para a mineralização da matéria orgânica como a umidade, temperatura, suprimento de O<sub>2</sub>; baixa relação C/N do efluente; aumento da atividade microbiana favorecendo a decomposição da matéria orgânica do solo associado ao problemático efeito “priming” devido ao elevado aporte de N a partir do efluente (FONSECA et al., 2007b). Aumento das concentrações de N na forma mineral, particularmente de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, foi determinado em soluções de solos após a aplicação de EETE para a irrigação de culturas anuais, pomares e silviculturas (FONSECA et al., 2007b).

A maior parte dos trabalhos que relatam aumento nos teores de macro e micronutrientes no solo via irrigação com EETE referem-se a experimentos de longo prazo (RAMIREZ- FUENTES et al., 2002; WANG et al., 2003; RATTAN et al., 2005). Os teores de Ca<sup>2+</sup>, por exemplo, mostraram aumento com a aplicação de EETE (QUIN; WOODS, 1978; JOHN; MCCONCHIE, 1994; FONSECA, 2001), mas para Mg e K, os resultados encontrados na literatura tem sido divergentes. Falkiner e Smith (1997) mostraram que os teores de Mg apresentaram acréscimos, enquanto que Wang et al. (2003) relataram decréscimos. Assim como para o K, aumentos nos teores de K trocável foram relatados por Al-Nakshabandi et al. (1997) e Falkiner e Smith (1997), e Karlen et al. (1976) observaram que a aplicação de efluente resultou no aumento do teor de Na e, em consequência, redução dos teores de K. Os mesmos autores evidenciam que para efluentes que possuam uma elevada concentração de Na e baixa de K, sua adequada reciclagem (via solo) requer que se faça uso de adubação suplementar de K. Segundo Feigin et al. (1991), a exigência das culturas pelo K é tão grande que mesmo com o elevado aporte via irrigação há geralmente a necessidade de complementação do elemento através da adubação mineral. O aporte de P no solo, via irrigação com EETE, geralmente não ocorre em excesso, mas casos de aumento da concentração de P disponível foram observados tanto em camadas superficiais como em camadas subsuperficiais, sendo mais pronunciada em experimentos conduzidos por mais de cinco anos (FONSECA et al., 2007b).

Para os micronutrientes, Ramirez-Fuentes et al. (2002) não observaram alterações na disponibilidade de Fe no solo, discordando de Mohammad e Mazahreh (2003) que verificaram aumentos nas concentrações do Fe disponível no solo irrigado com EETE. Para o Cu e Zn,

Mohammad e Mazahreh (2003) também não verificaram alterações na disponibilidade destes elementos nos solos irrigados com EETE. Poucos estudos foram conduzidos a fim de relacionar a dinâmica do S, B e Cl com solos irrigados com EETE (FONSECA et al., 2007b). Os autores relatam insignificantes alterações na disponibilidade de S após irrigação com EETE, mas aumento nas concentrações de Cl principalmente em áreas onde o processo de tratamento do efluente é acompanhado por cloração. Falkiner e Smith (1997) e Mohammad e Mazahreh (2003), em estudos de campo, observaram decréscimos nas concentrações de Mn disponível no solo, associando este efeito à alcalinidade do EETE e a adição de cátions no sistema via EETE o que proporcionou um aumento no pH do solo.

Muitos estudos sobre os impactos dos metais pesados no sistema solo-planta após a irrigação com EETE revelam divergências entre o aumento, diminuição e não alteração na biodisponibilidade de Cd, Cr, Cu, Fé, Mn, Ni, Pb e Zn (FONSECA et al., 2007b). Apesar de ser bastante incomum a presença de metais pesados nos EETE's, visto que são facilmente e eficientemente removidos durante os processos comuns de tratamento, estes devem ser considerados e monitorados, pois tendem a se acumular no solo com potencial de se tornarem biodisponíveis para as culturas irrigadas (TOZE, 2006).

O aumento nos teores de  $\text{Na}^+$  trocável corresponde a uma das alterações mais características da utilização de EETE na agricultura, sendo amplamente relatados em diferentes sistemas de cultivo (KARLEN et al., 1976; FEIGIN et al., 1991), e principalmente em experimentos de longa duração (QUIN; WOODS, 1978; BALKS et al., 1998). No entanto, o aporte e a dinâmica do  $\text{Na}^+$  em solos irrigados com EETE depende de certos fatores, tais como: concentração do elemento no efluente; magnitude da absorção pelas plantas; intensidade do processo de lixiviação que ocorre no sistema solo; permeabilidade do solo; dinâmica dos outros íons, como cálcio, magnésio, carbonatos e bicarbonatos (SANTOS, 2004). O nível de sódio relativo aos outros cátions na água de irrigação é quantificado a partir da razão de adsorção de sódio (RAS). A partir da combinação da salinidade elevada relativa e a RAS espera-se causar um aumento na porcentagem de sódio trocável (PST, a porcentagem de cátion trocável ocupado por sódio) no solo. Com o aumento da PST aumenta o risco de deterioração das propriedades físicas do solo, especificamente a dispersão de argila com subsequente desestruturação do solo a partir da quebra dos agregados, bloqueando os poros, e diminuindo a permeabilidade do solo. Esse

processo ocorrendo periodicamente pode acumular água no solo prejudicando o crescimento das plantas, diminuir a lixiviação, e promover a salinização do solo (BOND, 1998).

Aumento na salinidade do solo também tem sido reportado após o uso de EETE para irrigação de culturas, pasto e sistemas florestais. Sendo mais pronunciada no topo do solo onde a evaporação é maior, proporcionando maior acúmulo dos sais (FONSECA et al., 2007b).

### **2.3.3 Impactos nas culturas irrigadas**

O uso de águas residuárias na agricultura pode afetar a produtividade de culturas reduzindo a necessidade do uso de fertilização mineral (SANTOS, 2004). Fonseca (2001) e Fonseca et al. (2007b) reuniram trabalhos envolvendo a irrigação de diversas culturas com o efluente de esgoto tratado. Segue descritos alguns resultados da irrigação em culturas anuais, culturas perenes e forrageiras:

- **Culturas anuais**

#### Algodão

A irrigação por gotejamento de algodão com efluente e esgoto tratado é prática comum em diversos países. Em Israel, por exemplo, estudos indicaram que o aporte de N via efluente de esgoto tratado representava 200 kg há<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> excedendo a quantia de 120 a 180 kg há<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N requerida para sua produção. No entanto, deve-se ter o cuidado de adequar o período de irrigação para evitar o excesso de crescimento das plantas. Foi constatado que nas maiores taxas de aplicação de efluente pode haver maior período vegetativo, excesso de crescimento e diminuição na produção de línter, devido ao excesso de N e à aplicação d'água. O excesso de N pode ser corrigido a partir da mistura (1:1) de água convencional com água residuária. A combinação da quantidade adequada de irrigação e o controle do aporte de N promoveu melhor qualidade das fibras e da produtividade do algodão. O efluente supriu 100% da necessidade da cultura por potássio (K), mas somente para solos que apresentavam concentrações elevadas de K disponível.

## Canola

Uma maior produtividade da canola também foi observada. Esse efeito não somente foi devido ao N, mas também, aos demais nutrientes contidos na água residuária. Para uma produtividade de  $3,78 \text{ t ha}^{-1}$  (MET – máxima eficiência técnica), conseguiu-se economizar  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N mediante a irrigação das plantas com efluente de esgoto.

## Cereais

Os cereais de inverno têm tido bons resultados à aplicação de EETE. As culturas de aveia, cevada e trigo, quando irrigadas somente com efluente, não tiveram seus teores de proteína e produtividades diferentes das plantas fertilizadas e irrigadas com água convencional. Nos estudos de Day et al. (1963) a cevada teve sua produtividade aumentada, mas a qualidade do malte foi reduzida, certamente, devido ao excesso de N colocado pelo efluente. Os autores sugerem que, nessa situação, seria interessante a mistura de água convencional à água residuária. Na cevada estudada por Hussain e Al-Jaloud (1998) a irrigação com EETE levou a uma economia da ordem de 50-75% de fertilizante nitrogenado, mantendo-se o mesmo patamar de produtividade daquelas plantas fertilizadas com adubo nitrogenado mineral (uréia) e irrigadas com água convencional.

## Trigo

As plantas de trigo irrigadas com efluente apresentaram maiores diâmetros de colmos, teor de fibra, produtividade e teor de proteína e ainda, a aplicação de água residuária não teve efeito adverso no perfilhamento. Em outros dois experimentos, verificou-se que a altura das plantas, o número de sementes por espiga, o peso das sementes e os teores de fibra total, proteína e de nucleotídeos ácido-solúveis não foram influenciados pela aplicação de efluente. No entanto, o número de espigas por área e, conseqüentemente, a produção de grãos de trigo fora aumentado. Quando a irrigação combinada de efluente e água na relação 1:1 foi utilizada observou-se maior produção de espigas por área, sementes mais pesadas, maior produtividade de grãos e de matéria seca. Também foi verificada, em duas safras com trigo irrigado somente com efluente de esgoto tratado (teor médio de  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de N-total), que houve maior produtividade das plantas, maior

EUN e ainda, que esse incremento de produção não foi somente devido ao N, mas também, aos demais nutrientes contidos no efluente. Neste último manejo o uso de água residuária na irrigação do trigo levou a uma economia de 1/3 da fertilização nitrogenada mineral. Desse modo, o EETE tem se mostrado efetivo como fonte parcial de nutrientes e água para lavouras de trigo, com o intuito de obtenção de alta produtividade.

### Girassol

Existem poucos estudos analisando os efeitos do EETE nas culturas de girassol. Mas alguns resultados positivos da irrigação já foram constatados. As plantas de girassol irrigadas com EETE apresentaram maiores concentrações de N, Ca, Mg, e Cl nas folhas, aumento na concentração de Zn, Mn e Na nas raízes e aumento e diminuição da acumulação de Na e K nas plantas.

### Sorgo

Estudando a cultura do sorgo irrigado com EETE e água convencional, verificou-se que as plantas apresentaram altura, número de perfilhos, peso de 1000 sementes, teor de proteína, largura e comprimento das folhas semelhantes. No entanto, as plantas produziram mais com o uso de EETE. Em outras condições também foi verificado que apesar da concentração de Na nas plantas ter sido mais elevada, a produção de matéria seca aumentou com o aumento da concentração de Na e salinidade da água (efluente). O aumento na produtividade de sorgo mediante a aplicação de água residuária tem sido atribuído à presença de outros elementos nutrientes existentes no efluente, os quais também podem neutralizar o efeito adverso da alta concentração de Na na água de irrigação.

### Milho

Vários trabalhos têm relatado bons resultados da aplicação de EETE na cultura do milho, ocasionando aumentos na produção de grãos e de matéria seca ou silagem. Foi constatada elevada concentração de Na nas plantas de milho, mediante a irrigação com efluente e aumentou na

produção de matéria seca com o incremento da concentração de Na e da salinidade da água (efluente). O aumento na produção de milho mediante a irrigação com EETE tem sido devido ao incremento na taxa de aplicação de efluente, promovendo maior aporte de nutrientes; à maior absorção de nutrientes e, sobretudo, de N e P; e à presença de outros elementos nutrientes no efluente, os quais podem neutralizar o efeito indesejável da alta concentração de Na na água residuária.

### Olerícolas

A produção de hortaliças foi diretamente afetada pelo aumento de N e P provenientes da irrigação com o EETE. No entanto, enquanto alguns trabalhos evidenciam o surgimento de alguns problemas de ordem ambiental (excesso de  $\text{N-NO}_3^-$  em águas subterrâneas) e de saúde humana (doenças), outros verificaram que as concentrações de vírus, coliformes totais e fecais, e o período de armazenamento das hortaliças, não foram afetados pelo uso de EETE e que a produtividade das culturas foi aumentada devido aos nutrientes contidos no efluente. Todavia, não tem sido recomendada a aplicação de EETE em culturas folhosas consumidas in natura, evidentemente, pelo contato direto do efluente com as partes comestíveis, levando ao aumento da probabilidade de risco de saúde. Mas nas olerícolas, cuja parte comestível tem sido o fruto e não as folhas, a irrigação com EETE, principalmente por gotejamento, tem mostrado sucesso tanto no aspecto ambiental como econômico. Desse modo, tem sido observado aumento na produtividade de tomate e de beringela, devido à contribuição dos nutrientes presentes no EETE, principalmente N, P e K.

- **Culturas perenes**

### Frutíferas

A literatura também relata que as frutíferas vêm obtendo sucesso na irrigação com EETE sem maiores efeitos deletérios nas plantas e no ambiente e ainda, tem havido economia de fertilizantes minerais. Para a cultura de banana constatou-se 10% a mais na produtividade mediante irrigação com água residuária. Foi observado que a aplicação de 600 mm de EETE

atendeu 20% do total de N requerido pela bananeira, sem ocasionar dano ambiental. Nos estudos realizados com irrigação de coqueirais foi observado um crescimento acelerado, promovendo bons resultados de produtividade e economia de fertilizantes minerais, sem causar efeitos deletérios ao ambiente.

## Silviculturas

A irrigação de árvores tem se tornado uma forma usual de disposição de efluentes pelas seguintes razões: não fazem parte da cadeia alimentar dos humanos; apresentam alta absorção de água quando comparado as outras plantas (requerem menos solo para um dado volume de água residual); criam uma “imagem verde”; o estoque de N e C (principalmente em florestas) no longo período representa o maior mecanismo de retenção de elementos no ecossistema.

Em algumas áreas, embora a salinidade do solo tenha aumentado, mediante irrigação com EETE, isso não foi suficiente para afetar o pinus e o eucalipto. Este fato certamente foi devido a outros benefícios que a disposição de efluentes tem ocasionado ao sistema solo-planta, como a presença de nutrientes no efluente, os quais também podem neutralizar o efeito adverso de certos elementos maléficos (como o Na e sais). Porém, após o fechamento de copas, a ciclagem de nutrientes (principalmente a biogeoquímica), tem sido o maior responsável pelo fornecimento de nutrientes ao sistema solo- floresta. Então, o aporte externo de nutrientes, bem como a disposição de efluentes, pode influenciar a mineralização da matéria orgânica do solo e com isso, ocasionar desestabilização do ecossistema, uma vez que o EETE tem influenciado diretamente os ciclos do C e N. Foi verificado que em um período de nove anos de irrigação com EETE, ocorreu lixiviação de N nos últimos sete anos (provável estágio de crescimento após o fechamento de copas) e as árvores foram incapazes de remover o N adicionado via 50 mm semanal de irrigação. Assim, o teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas águas subterrâneas era maior que 10 mg L<sup>-1</sup>.

- **Culturas Forrageiras**

As plantas forrageiras pelo fato de apresentarem longa estação de crescimento, elevado acúmulo de nutrientes e pela sua capacidade de recobrimento do solo, têm tido alto potencial para receber a aplicação de efluentes (BOLE; BELL, 1978). Segundo Fonseca et al. (2007b) os efeitos

favoráveis do uso de EETE para suprir as necessidades de água e de nutrientes no sistema solo-forragem são reportados em vários estudos. Dentre as plantas forrageiras, a alfafa tem tido boas respostas, tanto em termos de produtividade de matéria seca como de proteína, mediante a irrigação com água residuária pura ou misturada à água convencional. Essa alta produtividade da alfafa nos sistemas de aplicação de efluentes ao solo tem sido atribuído à sua elevada absorção de N, permitindo alta taxa de aplicação de efluentes por área e também, quando o efluente aplicado é pobre em N, esta planta tem sido produtiva por causa da simbiose com bactérias fixadoras de N.

Estudos realizados por quatro anos observando-se o efeito da adição de EETE em um sistema solo-pastagem cultivado com as forrageiras *Medicago sativa*, *Phalaris arundinacea*, *Bromus inermis*, *Elymus angustus* e *Agropyron elongatum* mostraram que a alfafa foi à cultura que apresentou rendimento médio mais elevado, independentemente se o solo era ou não fertilizado. Esse fato ocorreu porque o efluente foi incapaz de nutrir adequadamente as plantas com N e a alfafa, por causa da sua “auto-suficiência”, foi a mais produtiva.

Com relação ao milho forrageiro, foi constatado que a produção de matéria seca, taxa de acumulação de proteína e absorção de N aumentaram mediante a taxa de irrigação com EETE (contendo em média  $37 \text{ mg L}^{-1}$  de N total). Também foi verificado que, em solo arenoso, o percentual de recuperação de N foi maior na menor taxa de aplicação (50 mm semana<sup>-1</sup>), enquanto que na maior taxa (200 mm semana<sup>-1</sup>) a eficiência de recuperação do N do efluente foi de 50% e certamente, incrementou os teores de N nas águas subterrâneas.

O capim de Rhodes tem recebido atenção particular quando este é destinado à renovação de águas residuárias. Esta cultura tem aumentado sua produtividade tanto pela adição de EETE como também, pelo aumento na frequência de irrigação com águas residuárias. O aumento na frequência de irrigação tem diminuído a lixiviação de N e incrementado a absorção d'água e deste nutriente, o que evidentemente implica em menor quantidade de fertilizante nitrogenado para obtenção da MET. Foi observado que mesmo recebendo a maior carga de efluente, o capim de Rhodes foi o mais eficiente na remoção do N do efluente, quando comparado às culturas de beterraba açucareira e algodão. Esta gramínea não somente tem sido efetiva na remoção do N do efluente, mas também, tem evitado o risco de poluição com  $\text{NO}_3^-$ .

### **2.3.3 Impacto nas águas subterrâneas**

Como resultado da irrigação permanente de uma área, processos de lixiviação podem ser identificados. De forma bastante positiva a lixiviação de sais é essencial para prevenir a salinização na região das raízes das plantas em culturas irrigadas, por outro lado, a infiltração do EETE promove o aumento da recarga das águas subterrâneas. Contudo, é inevitável, sob irrigação com efluente, a existência de sais e nitratos sendo carregados pela movimentação da água partindo da zona das raízes até o lençol freático (BOND, 1998). O nitrato em excesso pode afetar negativamente a qualidade da água para o consumo humano, causando mortalidade infantil (cianose ou síndrome do bebe azul) (FONSECA et al., 2007b), e promovendo também o desequilíbrio ecológico (eutroficação) se descarregada em águas superficiais (BOND, 1998). Mas, mesmo sendo potencialmente capaz de alterar a qualidade das águas subterrâneas, Bond (1998) salienta que o impacto dos sais e do nitrato dependerá de fatores como: a profundidade do lençol d'água; da qualidade (composição) da água subterrânea; da diluição dos sais e do nitrato em contato com a água; e da proximidade do local de irrigação via efluente com as zonas de descarga e poços de suprimento de água.

Todavia, cuidados consideráveis devem ser tomados visto que os problemas gerados nas águas subterrâneas a partir da irrigação com efluente se expressam no curto prazo, e levará, o mesmo tempo ou mais para que o problema seja remediado. O monitoramento das águas subterrâneas localizadas abaixo das áreas de irrigação com efluente são essenciais indicadores da performance do resíduo no ambiente (BOND, 1998).

### **2.4 O reuso de água e a opinião pública**

A opinião pública (percepção/aceitação) é um dos fatores de maior importância quando se trata do sucesso da implementação de projetos de reuso de água (TOZE, 2006; MILLER, 2006). O objetivo final desses projetos consiste em promover melhorias à sociedade, suprimindo a necessidade por água e/ou melhorando a qualidade dos efluentes lançados no ambiente. Contudo, é a sociedade que, além de arcar com o ônus da prática, possivelmente será afetada pelas conseqüências implícitas do reuso de água. Segundo Friedler et al. (2006) a oposição pública quanto aos projetos de reuso tem potencial de levá-los a ruína em qualquer que seja a etapa de sua execução. Segundo Miller (2008) é na conquista pela aceitação do público que reside o maior

desafio para o uso de água residuária em suas diversas aplicações ao redor do globo, principalmente, porque muito pouco se sabe do que efetivamente influencia as pessoas a aceitarem ou a rejeitarem projetos de reuso (NANCARROW et al., 2008).

Uma revisão das pesquisas conduzidas pela WateReuse Foundation, tanto nos EUA quanto no Reino Unido, demonstra que enquanto o reuso não potável (e.g., irrigação de paisagens) é geralmente bem aceito, a reação do público quanto ao reuso potável, mesmo que da forma indireta, tende a ser contrária (MILLER, 2006).

Na Austrália, o conceito de reuso de água tem sido usado e amplamente aceito pela comunidade como gestão da água. Mas, a expansão do conceito não implica que automaticamente a comunidade será sempre favorável a todo projeto de reuso. Muitos projetos falharam mesmo depois de receberem, durante a fase inicial, pareceres favoráveis dos seus potenciais usuários. Mesmo em locais onde existe uma tradição de uso de água residuária pela comunidade, como na Califórnia, EUA, muitos projetos foram mal sucedidos pela não aceitação pública (e.g. projetos de reunificação das águas em San Diego; projetos de recarga de aquífero em San Gabriel Valley). A comunidade em geral compreende a lógica por trás da necessidade do uso de águas recicladas, mas, mesmo assim sente que não deveria usar este tipo de água (NANCARROW et al., 2008).

Muito do comportamento referente à água de reuso pode ser explicado pela influencia de fatores religiosos e sócio-culturais. Nas Américas, África e Europa, por exemplo, há uma forte objeção ao uso de excreta como insumos para a agricultura e aquíicultura, enquanto que em algumas partes da Ásia, notadamente na China, Japão e Indonésia, a prática é efetuada regularmente e considerada como econômica e ambientalmente recomendável (HESPANHOL, 2003). Na Austrália, 97% e 96% do público concorda com o uso de efluente de esgoto tratado para irrigação e para água de descarga nos banheiros, mas são menos de 20-30% que apóiam o reuso potável (DENLAY; DOWSETT, 2006, apud FRIEDLER et al., 2006). No Reino Unido, por exemplo, 89% de 300 respondentes concordaram com a afirmação “Não tenho objeção quanto ao uso das águas recicladas desde que a segurança seja garantida” (JEFFREY; JEFFERSON, 2006, apud FRIEDLER et al., 2006), outro trabalho, no entanto, demonstrou que no Reino Unido as pessoas se dispõem mais a reusar a água cuja fonte é conhecida e oriunda de seu próprio uso, ao invés daquelas fontes onde a água foi utilizada por terceiros ou provém das atividades para o uso público (HARTLEY, 2006). Bruvold (1984 apud FRIEDLER et al., 2006) baseado em

diferentes pesquisas realizadas nos EUA mostrou que quanto maior o grau de contato menor é a aceitação da água de reuso.

Toze (2006) e Hartley (2006) acreditam que o fator primordial capaz de tornar as pessoas menos favoráveis ao uso de águas residuárias é a proximidade do resíduo com a comunidade. Em outras palavras, o contato físico pode influenciar negativamente a percepção pública, a partir do “yuck-factor” manifestado, capaz de despertar no público uma pré-concepção de que o risco potencial causado pelo efluente é grande. O “yuck-factor” é um termo amplamente utilizado para expressar a reação visceral de desprezo e distância das águas residuárias pelo público quando conscientes de sua procedência ou fonte (HARTLEY, 2006). Toze (2006) comenta que as pessoas se preocupam muito menos em utilizar a água de chuva sem nenhum tratamento do que a água de esgoto com tratamento elevado. A aceitação do público pelo reuso de água, no entanto, não se restringe apenas à superação psicológica dos mitos associados ao “yuck-factor”. Para Friedler et al. (2006) a preocupação primária do público consiste no custo e na proteção a saúde pública, assim, o uso que resulte em ganhos econômicos e que envolva o mínimo de contato com a água residuária prevalece.

A partir da revisão de trabalhos realizados junto à comunidade dos EUA Hartley (2006) pode levantar os desafios e oportunidades a serem superados pelos profissionais do reuso de água no país (Tabela 1). Fica claro a interferência de fatores políticos, culturais e sociais como base para a construção da opinião pública em países com tradição no reuso de água. No mesmo trabalho o autor menciona que a aceitação do público norte americano pela prática tende a aumentar quando:

- O grau de contato com os humanos é mínimo;
- A proteção à saúde pública é clara;
- A proteção do ambiente e a promoção da conservação da água é um benefício claro;
- O custo das tecnologias e dos sistemas de tratamento e distribuição não é muito elevado;
- A percepção da água de esgoto como uma das fontes da água reciclada é mínima;
- Existe muita informação sobre os problemas de suprimento de água na comunidade;
- A função da água residuária na cadeia de suprimento de água é clara;
- A percepção de que a água reciclada é de boa qualidade;

- A confiança no gerenciamento local, tanto das tecnologias quanto dos serviços públicos, é alta.

Tabela 1 – Desafios e oportunidades encontradas pelos profissionais de reuso de água nos EUA (HARTLEY, 2006)

Desafios	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de confiança nas agências e nos funcionários públicos;</li> <li>• Descrença de que mesmo as tecnologias mais avançadas são capazes de remover as impurezas e germes da água de esgoto;</li> <li>• O público confia nos conhecimentos gerados pela universidade e pela comunidade médica quando são voltados à saúde e quando são assuntos técnicos. Mas confiam muito mais na própria impressão quando se trata da qualidade da água;</li> <li>• A turgidez da água é o aspecto que geralmente define a impressão do público com relação à qualidade da água.</li> <li>• A educação pode aumentar a aceitação pelo reuso, mas também intensifica a opinião pública aos extremos. Aqueles que se opõem reforçam a sua oposição, e aqueles que já são favoráveis ficam mais favoráveis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O público tem um grande interesse em se envolver nas decisões referentes ao reuso da água;</li> <li>• O público se interessa em promover a segurança das fontes de fornecimento de água para a comunidade.</li> <li>• O público não possui muitos conhecimentos quanto ao ciclo da água, mas geralmente são conscientes da falta de água em diversas regiões do país.</li> <li>• Acreditam que alguma forma de reuso potável é inevitável, visto a crescente problemática no fornecimento de água.</li> <li>• Compartilhar informações, promover atividades educativas e oportunidades para a reflexão sobre a idéia do reuso de água podem aumentar o apoio à prática.</li> </ul>

Friedler et al. (2006) avaliou as atitudes da comunidade de Haifa, Israel, quanto às diversas opções de reuso de água no meio urbano. No trabalho, 21 tipos de reuso de água foram considerados e classificados como de baixo contato, médio contato e alto contato. Os resultados demonstraram que grande parte dos participantes (256 no total) é mais favorável ao uso

classificado como de médio contato, como uso para irrigação de calçadas (95%), uso na descarga de banheiros (85%) e para o combate a incêndios (96%). Para os usos de elevado contato foram encontradas as menores porcentagens de aceitação, com 35% para lavanderia doméstica, 13% para uso na indústria de alimentos em conserva e 11% para a recarga de aquífero para fins potáveis. O autor considera que os resultados obtidos para a classe dos usos de baixo contato ficaram abaixo da expectativa, com 86% de aceitação para a irrigação de culturas no campo, 62% para a recarga de aquíferos destinados à irrigação e 49% de aceitação para a irrigação de pomares. Estes resultados foram particularmente inesperados por se tratarem de práticas bastante antigas em Israel, com mais de 30 anos sem registros de efeitos negativos a população. Para Friedler et al. (2006) essa incongruência deve ser considerada na elaboração de projetos de reuso, pois a atitude e a percepção do público podem se diferenciar da “lógica convencional” afirmada pelos profissionais no assunto.

No Brasil, como a maioria dos projetos de reuso se concentram no setor industrial, com raras iniciativas voltadas ao reuso para o benefício público, a existência de trabalhos que expressam a opinião do público quanto à prática de reuso de água é muito limitada. Segundo Freidler et al. (2006) muito dos resultados encontrados na literatura a respeito dessa temática estão restritas a dados coletados particularmente nos EUA, Europa Ocidental e Austrália. Poucas informações estão disponibilizadas para outras regiões.

Em São Caetano do Sul, na região metropolitana de São Paulo, todo serviço de rega de jardim, lavagem de rua e de calçada, desentupimento de bueiro, de galeria de água pluvial, é feito com água não-potável proveniente de esgoto tratado. A população local aprova o reuso. São 3,5 milhões de litros de efluente de esgoto tratado que é gerado por mês e que estão a disposição para os serviços municipais. O uso do efluente refletiu diretamente na conta de água, que ficou 60% mais barata (TRIGUEIRO, 2005).

Na região metropolitana de Curitiba, PR, Trentin (2005) avaliou a opinião de consumidores quanto ao uso de águas residuárias tratadas para a irrigação de frutas, legumes e verduras. Ao mesmo tempo, quantificou a aversão dos respondentes quanto ao consumo destes produtos agrícolas. Ao todo foram 310 participantes com diferentes graus de escolaridade que contribuíram para a seguinte afirmação: 74% são favoráveis à utilização da água residuária para irrigação de culturas agrícolas; 71% afirmam que comprariam produtos agrícolas que tenham utilizado água residuária na irrigação de culturas agrícolas, desde que esta prática esteja notificada

por quem está vendendo o produto. Dentre os motivos apresentados pelos que não são favoráveis ao consumo dos produtos irrigados (29% dos participantes) 49% afirmaram ser devido a aspectos sanitários, 25% pela falta de informação, 19% relacionados à presença de contaminantes e, apenas, 7% teriam como motivos a aversão ou nojo (“yuck-factor”). Esta última constatação feita por Trentin (2005) merece grande destaque visto que o “yuck-factor” é considerado pela literatura internacional como um dos fatores de maior importância para o público ao avaliar projetos de reuso de água, e que, talvez não seja uma teoria aplicável à realidade brasileira.

Segundo Hespanhol (2003) para uma ampla aceitação é de importância fundamental envolver ativamente o público, desde a fase de planejamento, até a implementação definitiva do projeto. A troca contínua de informações, entre os representantes do público e as autoridades garante que a adoção de um determinado programa de reuso atenderá às verdadeiras necessidades dos usuários, assim como os objetivos comunitários associados à saúde, segurança e meio ambiente. A aceitação de sistemas de reuso, também depende do nível de sucesso com o qual as agências governamentais conseguem comunicar-se com o público alvo: uma idéia clara e completa do programa que se pretende implementar; um conhecimento adequado da qualidade dos esgotos tratados, e de como ele será utilizado; confiabilidade na capacidade de gestão da agência encarregada dos serviços e na adequabilidade dos sistemas de tratamento propostos; certeza de que o sistema envolve riscos mínimos de saúde e de degradação ambiental e segurança na sustentabilidade do abastecimento e na adequabilidade dos esgotos tratados para os tipos de cultura estabelecidos nos programas de reuso.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

O presente trabalho foi realizado no município de Lins-SP onde, desde 2001, vem sendo avaliado os impactos químicos, físicos e biológicos causados ao sistema solo-planta-água pela irrigação de culturas com EETE.

##### 3.1.1 Caracterização do município de Lins

O Município de Lins encontra-se localizado na região oeste do estado de São Paulo, entre os paralelos 21°29'18'' e 21°48'15'' S e entre os meridianos de 49°30'57'' e 49°54'45'' W. Abrange uma área de 571 km<sup>2</sup>, sendo que 53,16 km<sup>2</sup> correspondem à zona urbana e 517,89 km<sup>2</sup> à zona rural. Em 2007 o Município contava com uma população de 69.279 habitantes (IBGE). As principais atividades agrícolas da região são a pecuária (pastagem) e o cultivo de cana-de-açúcar.

O quadro físico da região, apresentado por Ibrahim (2002), caracteriza-se da seguinte forma:

- Geologia: O município situa-se sobre a Formação Adamantina (Cretáceo Superior), pertencente ao Grupo Bauru, inserida na Bacia sedimentar do Paraná e localmente caracterizada por banco de arenito de granulação fina a muito fina, moderadamente selecionado, com espessura superior a 3 metros;
- Geomorfologia: A região encontra-se inserida no Planalto Ocidental Paulista, que abrange 50% do Estado de São Paulo. O relevo dominado pelo Grupo Bauru é, de modo geral, extremamente suave, levemente ondulado, exceto nas proximidades das cuevas basálticas (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 1981);
- Solo: A região apresenta predominantemente solos classificados como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico e ARGISSOLO VERMELHO distrófico e eutrófico, ambos com textura arenosa/média. São solos constituídos por argilas de baixa atividade e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E, sendo fortemente arenosos. Na região de Lins, os solos têm caráter espessoarênico e mudança textural

abrupta, o que lhes confere maior susceptibilidade á erosão. Manchas de Latossolo vermelho distrófico aparecem no Município;

- **Clima:** A região encontra-se em zona climática Cwa caracterizada como mesotérmico de inverno seco, segundo a classificação de Koppen. A temperatura média é de 22°C no mês mais quente e 18°C no mês mais frio e a precipitação anual varia entre 1.100 e 1.300 mm, sendo que no mês mais seco, a precipitação é menor que 30 mm;
- **Vegetação:** floresta latifoliada semidecídua, constituía a vegetação primária da área. Porém, esta cobertura vegetal foi quase totalmente substituída devido ao intenso uso do solo, por pastagem e cana-de-açúcar.

### 3.1.2 Área experimental

A área encontra-se localizada ao lado da estação de tratamento de esgoto (ETE) operada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) (22°21'S e 49°50'W) (Figura 1). Possui uma área de 7.500 m<sup>2</sup> e altitude média de 440 m. Ibrahim (2002) classificou o solo do topo ao terço superior da vertente como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, onde foram cultivadas em diferentes períodos as culturas de café, cana-de-açúcar, girassol e milho, irrigados com EETE, e ARGISSOLO VERMELHO Distrófico latossólico da meia encosta ao sopé da vertente, onde estabeleceram as parcelas de capim também irrigado com EETE. Atualmente as culturas de café, cana-de-açúcar e capim estão presentes na área.



Figura 1 – (a) ETE de Lins (Lagoas de estabilização) e (b) Área experimental

O sistema de tratamento de esgoto de Lins é constituído por três lagoas anaeróbias (tratamento primário) seguida de três lagoas facultativas (tratamento secundário), onde são produzidos cerca de  $500 \text{ m}^3\text{hora}^{-1}$  de EETE. As lagoas anaeróbias trabalham com tempo de detenção hidráulico médio de 5,0 dias (4,0 m de profundidade útil) e as lagoas facultativas com tempo de detenção hidráulico médio de 10,0 dias (1,90 m de profundidade útil) (PIVELI; DORIA, 2003).

### **3.2 Levantamento bibliográfico dos trabalhos realizados na área experimental**

Os resultados obtidos pelos pesquisadores no campo experimental de Lins, sobre os impactos químicos e físicos causados ao sistema solo-planta-água pela irrigação com EETE, servirão de base para a pesquisa. Portanto, serão identificados nos trabalhos realizados para as culturas citadas aspectos fundamentais para o sucesso da prática, como: as características do efluente; risco de sodicidade, salinidade, contaminação por metais pesados e concentração de nitrato; o sistema de irrigação e o seu manejo, avaliando a quantidade de efluente aplicado; e a resposta obtida quanto à produtividade.

### **3.3 Investigação Social**

A avaliação da aceitação do uso de água tratada e proveniente de estação de tratamento de esgoto pelos proprietários rurais de Lins foi realizada a partir da aplicação de uma metodologia qualitativa de obtenção de dados e análise.

O contato com os agricultores do município foi estabelecido por intermédio do Sindicato Rural de Lins. A partir deste, foram enviadas cartas de apresentação com os objetivos do projeto para marcar reuniões individuais mediante a disponibilidade dos agricultores quanto à data e local. Foram contatados 60 agricultores, dos quais, 15 aceitaram participar da pesquisa. Paralelamente, foi elaborado um roteiro de entrevistas ou interview guide (Anexo A). Trata-se de uma lista escrita de questões e tópicos, ordenados de forma pré-estabelecida, padronizando a obtenção das informações requeridas. Apoio à aplicação de entrevistas semi-estruturadas, que tiveram durações médias de 1 hora por entrevistado. As informações foram manuscritas e agrupadas para discussão posterior dos resultados.

O roteiro de entrevistas foi elaborado para auxiliar na condução das entrevistas realizadas com os proprietários rurais do município de Lins. Como são poucos os trabalhos referentes à opinião pública relacionada ao uso de EETE para a irrigação de culturas, e sendo esta uma informação de fundamental importância para o sucesso da implementação prática, foram considerados como objetivo das entrevistas levantar junto ao agricultor, os principais fatores limitantes para o uso do resíduo, procurando, por parte do pesquisador, identificar se estas restrições provinham de limitações econômicas, preocupações com o meio ambiente, barreiras culturais, preocupações sanitárias, etc.

### **3.4 Mapa de cobertura do solo de Lins e Mapa de aptidão a irrigação com EETE**

#### **3.4.1 Materiais**

##### **3.4.1.1 Imagem de satélite**

A imagem do município de Lins foi cedida pelo Centro de Tecnologia em Geoprocessamento (CTGEO), localizada no Centro Universitário de Lins (UNILINS). Trata-se de uma imagem proveniente do satélite IRS (Indian Remote Sensing Satellite), com 5 metros de resolução, datada de Março de 2005, projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), datum Córrego Alegre, zona 22 Sul.

A imagem foi projetada em South American Datum 1969 (SAD 69), zona 22 sul, e georreferenciada a partir das cartas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) para a referida região (Figura 2).

##### **3.4.1.2 Base cartográfica**

O material cartográfico utilizado como escala base e que continham informações de interesse foi composto pelas cartas planialtimétricas do (IBGE), elaboradas em 1973, na escala 1: 50.000. Foram necessárias, além da carta de Lins, as cartas de Cafelândia, Getulina, Promissão e Sabino (Tabela 2) para cobrir a área desejada.

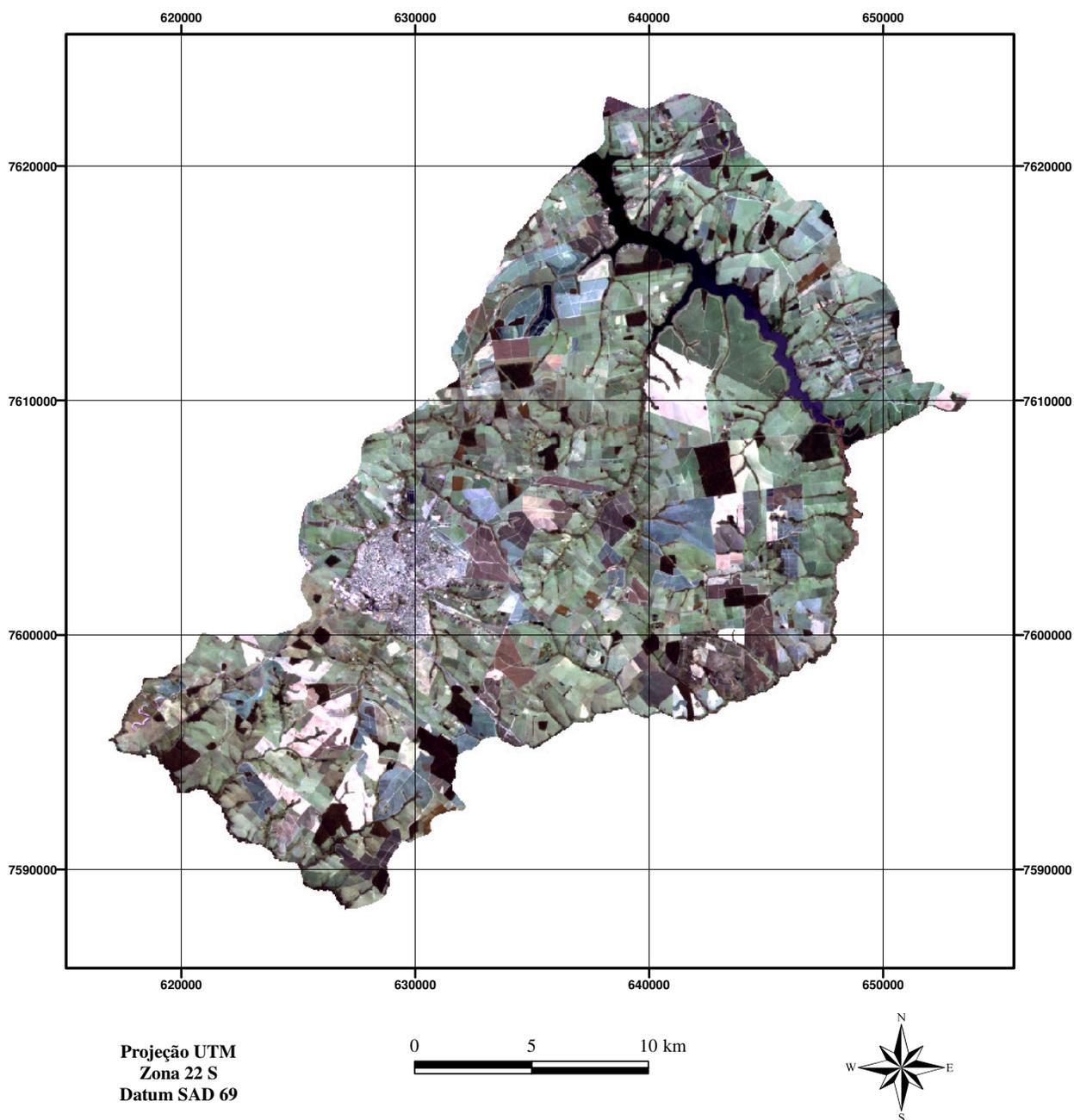


Figura 2 – Imagem orbital do município de Lins proveniente do satélite indiano IRS, com 5 metros de resolução

Para sua utilização, as cartas planialtimétricas foram inicialmente convertidas ao formato TIFF, georreferenciadas em seu datum original (Córrego Alegre, projeção UTM), projetadas no mesmo sistema de coordenadas da imagem de satélite adquirida (SAD 69) e unificadas de forma a compor um mosaico. Destas cartas foram extraídas informações referentes à rede de drenagem,

topografia, vias de integração e limite municipal, além de servirem como base para o georreferenciamento da imagem de satélite. Para as etapas de construção do mosaico das cartas foi utilizado o Processador de Imagens Erdas-Image (versão 8.6).

Tabela 2 – Cartas planialtimétricas obtidas gratuitamente através do sítio da biblioteca digital do IBGE (<http://biblioteca.ibge.gov.br/>)

<b>Carta</b>	<b>Folha</b>	<b>Escala</b>	<b>Formato</b>
Cafelândia	SF-22-X-C-VI-4	1 : 50.000	PDF
Lins	SF-22-X-C-VI-2	1 : 50.000	PDF
Getulina	SF-22-X-C-VI-3	1 : 50.000	PDF
Promissão	SF-22-X-C-VI-1	1 : 50.000	PDF
Sabino	SF-22-X-C-III-4	1 : 50.000	PDF

### 3.4.1.3 Sistema de Informação Geográfica

Para interpretação da imagem de satélite, elaboração do mapa de uso e cobertura do solo, elaboração do mapa de aptidão para a irrigação com EETE no município de Lins e para extração das informações provenientes das bases cartográficas utilizou-se o Sistema de Informações Geográficas Arc-GIS (versão 9.2). É importante ressaltar que, todas as informações foram georreferenciadas e projetadas em um sistema único, UTM (Zona 22 Sul), South American Datum 1969 (SAD 69). Toledo (2001) trabalhando com bacias hidrográficas menciona que esta projeção é do tipo cilíndrica e indicada para o mapeamento básico em escalas médias.

As bases cartográficas obtidas em formato digital e adequadas à extensão (TIFF) compatível ao Arc-GIS descartaram a necessidade de uso da mesa digitalizadora. No entanto, todo o trabalho de vetorização da rede de drenagem, topografia, vias de integração e limite municipal foi realizado manualmente e diretamente na tela do computador.

### 3.4.2 Mapa de uso e cobertura do solo

A projeção da imagem, georreferenciamento e delimitação da área municipal de Lins foram os primeiros passos para a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo. Os recursos oferecidos pelo Arc-GIS associado a uma imagem de boa resolução (5 metros) colaboraram para a

escolha de métodos visuais de classificação. Métodos automáticos (classificação supervisionada ou classificação não supervisionada) foram descartados por apenas produzirem bons resultados quando se objetiva trabalhar com imagens relativas a grandes áreas e de média resolução espacial.

A interpretação visual de imagens orbitais ou fotointerpretação é muito semelhante à interpretação de fotografias aéreas (MOREIRA, 2005). Trata-se de um conjunto de atividades que objetivam a extração de informações a partir dos dados obtidos com um sensoriamento remoto (TOLEDO, 2001). Um fotointérprete examina sistematicamente as imagens e, freqüentemente, se apóia em outros materiais como mapas e relatórios de observação no campo. No entanto, o sucesso da interpretação visual de imagens depende de certos fatores (LILLESAND; KIEFER, 1999), que segundo Moreira (2005) contribuem para o êxito da análise de dados provenientes de satélite. São eles: a época de obtenção da imagem de satélite; tipo de produto; seleção das bandas espectrais; escala das imagens; e a experiência do fotointérprete.

Os elementos fotointerpretativos também são bastante considerados na interpretação visual de imagens orbitais de alta resolução. São eles: a tonalidade; a forma; o tamanho; o padrão; a textura; a localização; e associação (combinação com os objetos ao redor). O uso implícito e simultâneo desses elementos reside à força da interpretação visual de imagens em comparação com os classificadores automáticos de imagem. Nos métodos automáticos (classificação supervisionada e não supervisionada) somente a cor (tonalidade) é considerada, o que explica a limitação destes métodos em relação à interpretação visual (JANSEN; HUURNEMAN, 2001).

Os tipos de cobertura do solo são identificados através da interpretação visual e posteriormente agrupados em classes estabelecidas de acordo com os objetivos do trabalho. Moreira (2005) exemplifica que se o interesse do fotointérprete é obter um mapa contendo a distribuição espacial das áreas de pastagem e de culturas agrícolas em determinada região, as outras classes de ocupação do solo, como matas, represas e lagos e cidades, constituirão uma classe única. Acrescenta o autor que o mapa, no final, terá informações apenas de três classes de ocupação de solo: a classe “outros”, a de pastagem e a de culturas agrícolas.

Os métodos utilizados e a estratégia adotada para se chegar a um determinado conjunto de classes são muito subjetivos, algo que se aproxima da arte e independente da forte base tecnológica que envolve as ferramentas de sensoriamento remoto (PATTERSON; JENSEN, 1998). Estas técnicas alcançam os melhores resultados em termos de precisão e acurácia, mas, por outro lado, o processo de classificação é bastante lento exigindo que cada pedaço da imagem seja

analisado individualmente o que pode demandar muito tempo e custos elevados em função do tamanho da área a ser classificada (MAS; RAMIREZ, 1996).

A definição da legenda das classes de uso e cobertura do solo foi baseada na identificação de culturas potencialmente consumidoras de EETE, principalmente no entorno da estação de tratamento de esgoto, assim como auxiliar na identificação de áreas e culturas que devem ser evitados de entrarem em contato com água proveniente de esgoto tratado por medidas de saúde pública. O Levantamento das Unidades de Produção Agropecuária (LUPA) de 2006 realizados pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) de Lins, foi fundamental para o conhecimento prévio das culturas predominantes no município. Para tanto a legenda para as classes definidas foi a seguinte:

- |                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| 1. Pasto          | 8. Solo exposto       |
| 2. Pasto sujo     | 9. Urbanização        |
| 3. Cana-de-açúcar | 10. Represa e lagoa   |
| 4. Mata           | 11. Mata ciliar       |
| 5. Silvicultura   | 12. Rio               |
| 6. Cultura anual  | 13. ETE               |
| 7. Cultura perene | 14. Área experimental |

Os polígonos foram desenhados diretamente sobre a imagem em meio digital.

Visitas ao campo foram realizadas com a finalidade de conferir algumas áreas que deixavam duvidosas as classes de uso e cobertura do solo correspondente. Para tanto, foi utilizado um receptor de Sistema de Posicionamento Global, Garmin eTrex Vista, para posterior identificação dos alvos na imagem.

### **3.4.3 Mapa de declividade no território de Lins**

As características topográficas presentes nas cartas do IBGE (curvas de nível e cotas verticais) proporcionaram informações suficientes para a geração de um Modelo de Elevação Digital do Terreno (MDET) (Figura 3), o qual foi base para elaboração do mapa de declividade do

território de Lins (Figura 3). Este plano de foi gerado no ArcGIS 9.2 e foram geradas sete classes de declividade, apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Classes de declividade (CD), expressa em porcentagem

<b>CD</b>	<b>Declividade (%)</b>
A	0 - 3
B	3 - 6
C	6 - 9
D	9 - 12
E	12 - 18
F	18 - 25
G	> 25

#### **3.4.4 Mapa de aptidão para a irrigação com EETE**

O mapa de aptidão para a irrigação com EETE tomou por base os parâmetros restritivos: quanto à área a ser disposto o efluente (Tabela 4); e quanto ao uso pretendido (Tabela 5), conforme um sistema de irrigação tipo aspersão. Todas as recomendações/restrições podem ser encontradas na Instrução Técnica da CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental) - IRRIGAÇÃO COM ESGOTO SANITÁRIO TRATADO, ainda em proposição para a regulamentação da prática para o estado de São Paulo.

A Figura 4 apresenta um esquema dos passos seguidos para a obtenção do mapa das áreas aptas para irrigação com EETE via aspersão. O mapa de aptidão para a irrigação com EETE foi elaborado a partir da intersecção das informações geradas pelos mapas de:

- APP (Área de preservação permanente) – Conforme apresentado na tabela 4 e baseado nos critérios estabelecidos pelo Código Florestal (Tabela 6), estimou-se a área da APP prevista para os rios, lagoas e represas existentes no município;
- Proteção das vias – Atendendo as especificações da Tabela 4 foi gerado o mapa de proteção das vias de domínio público;

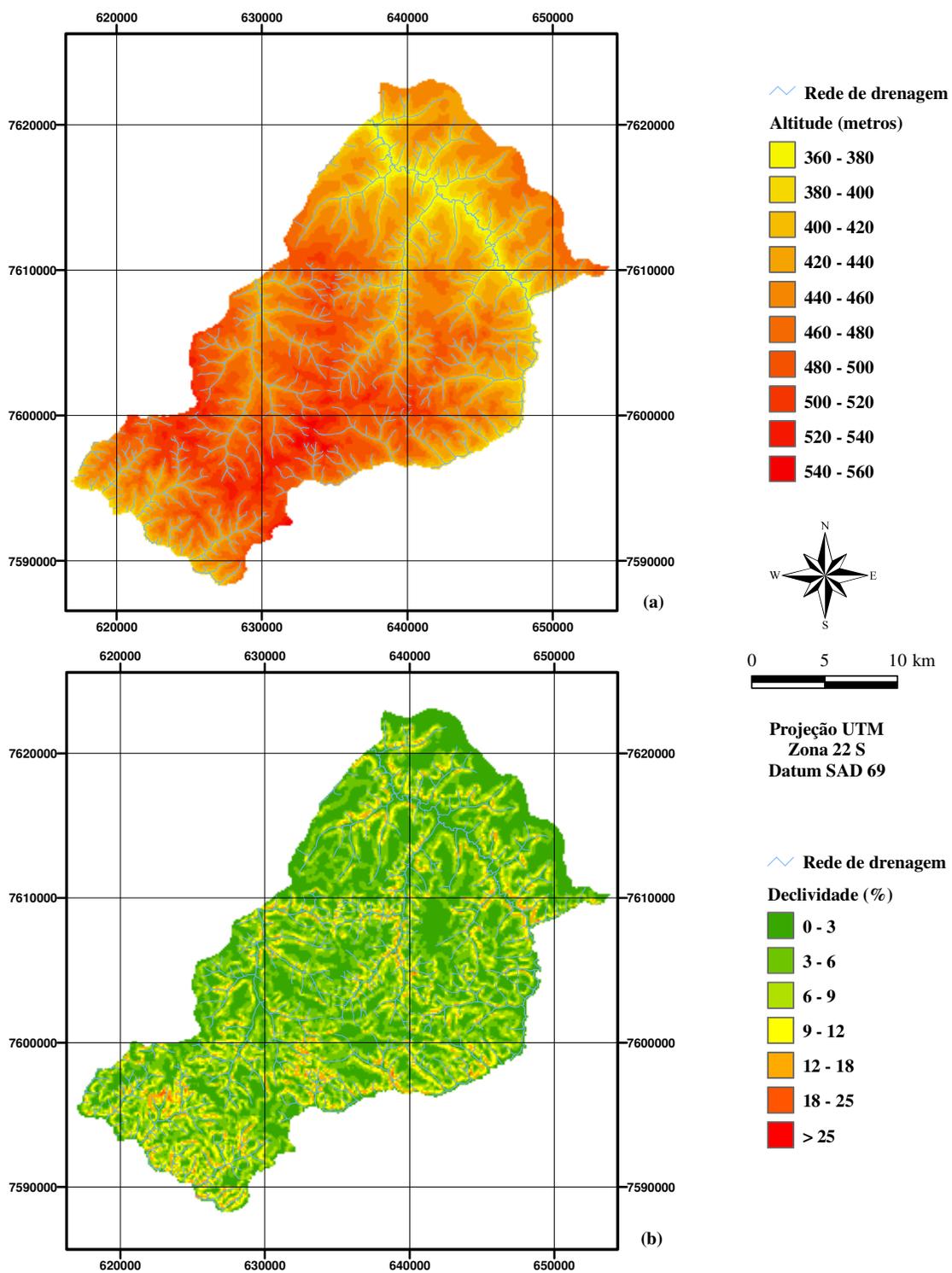


Figura 3 – (a) Modelo digital de elevação do terreno (MDET) e (b) mapa declividade para o município de Lins

Tabela 4 – Restrições quanto a área a ser disposta o EETE via irrigação por aspersão

<b>Restrições para a área</b>
- não estar contida no domínio das Áreas de Preservação Permanente – APP ou de reserva legal, definidas no Código Florestal – Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, modificada pela Lei Federal nº 7.803, de 18 de julho de 1989, nem nos limites da zona de amortecimento definido para as unidades de conservação de proteção integral;
- no caso da área estar localizada no domínio de Área de Proteção Ambiental – APA, a irrigação não poderá estar em desacordo com os seus regulamentos;
- no caso da área estar localizada no domínio de APA estadual não regulamentada, a irrigação deverá ser aprovado pelo seu órgão gestor;
- não estar em áreas de proteção máxima de aquífero, como previsto no Decreto Estadual 32.955, de 07 de fevereiro de 1991, que regulamenta a Lei Estadual 6.134, de 02 de junho de 1988 e, em áreas de proteção aos mananciais;
- afastamento de 50 metros de vias de domínio público, em irrigação de culturas, quando se tratar de irrigação não localizada;
- afastamento de, no mínimo, 500 metros de núcleos populacionais, para evitar problemas de reclamação por odor. Essa distância de afastamento poderá, a critério da CETESB, ser ampliada ou reduzida quando as condições ambientais, incluindo as climáticas, usos do entorno, tipos de irrigação, exigirem a ampliação ou justificarem a redução;
- declividade máxima de até 15% para a área destinada à irrigação, devendo sempre ser adotadas as medidas de segurança adequadas, para a prevenção de eventuais problemas com erosões;

Tabela 5 – Coberturas permitidas para irrigação com EETE via aspersão

<b>Coberturas permitidas</b>
- pomares;
- culturas que não são consumidas cruas;
- forrageiras, exceto para pastejo direto;
- áreas de reflorestamento e plantações florestais;
- irrigação paisagística ou esportiva (ex.: campo de golfe, de futebol);

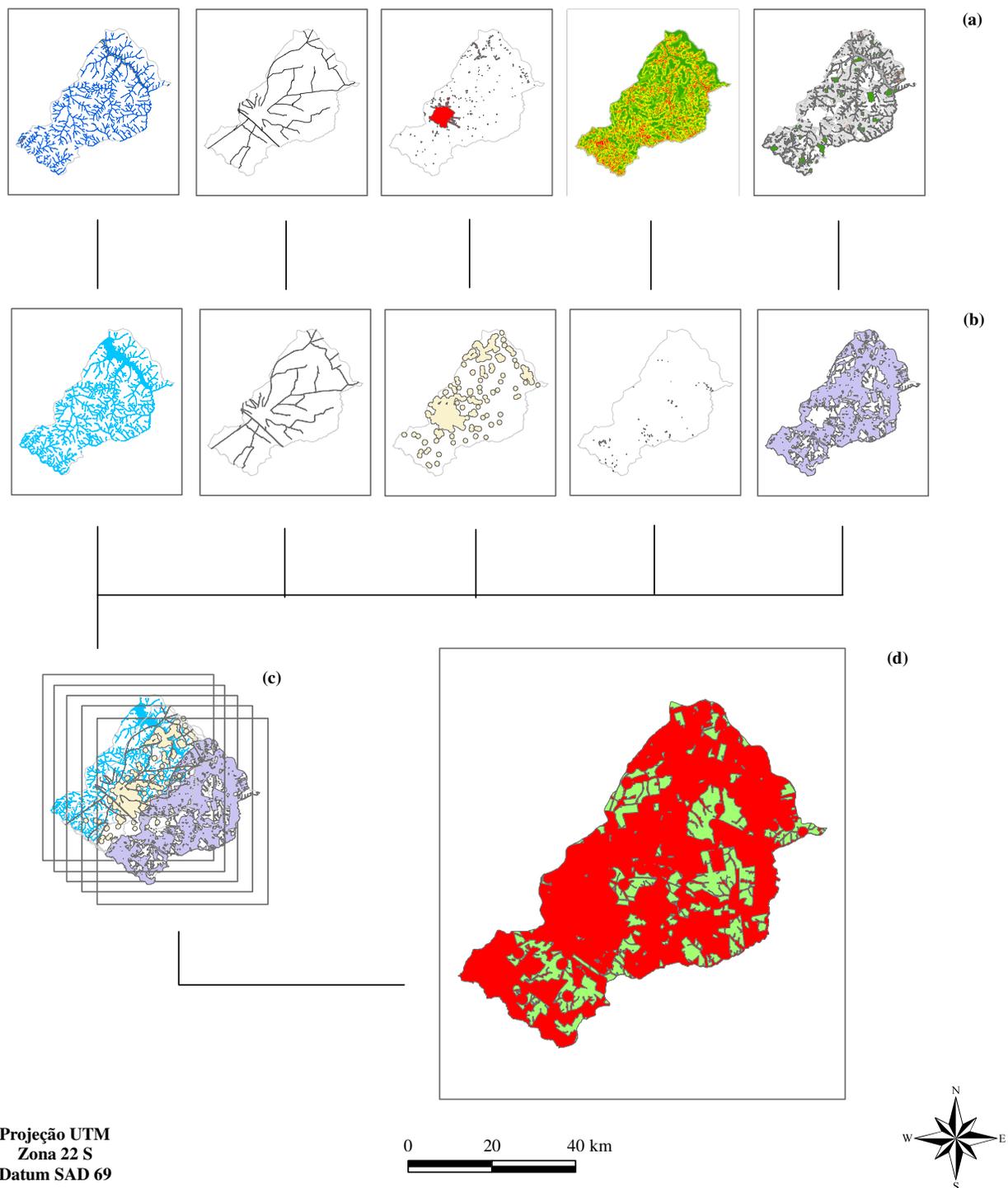


Figura 4 – Etapas da elaboração do mapa de áreas aptas à irrigação com EETE por sistema de aspersão: (a) digitalização das informações contidas na imagem e na base cartográfica; (b) delimitação das áreas restritas e das coberturas impróprias a receber o efluente; (c) intersecção dos mapas; (d) identificação das áreas aptas e inaptas a irrigação

Tabela 6 - Limites das áreas de preservação permanente (APP) para nascentes, rios, lagoas e represas, de acordo com as Resoluções do Conama nº 302 e 303 (BRASIL, 2008)

<b>Resolução Conama nº 302</b>	
Artigo 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal de:	
Inciso I	- trinta metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para áreas rurais
Inciso II	- quinze metros, no mínimo, para os reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até dez hectares, sem prejuízo da compensação ambiental
Inciso III	- quinze metros, no mínimo, para reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até vinte hectares de superfície e localizados em área rural
<b>Resolução Conama nº 303</b>	
Artigo 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:	
- em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:	
Inciso I	a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura
	b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura
	c) cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura
	d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura
	e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura
Inciso II	- ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte
	- ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de :
Inciso III	a) trinta metros, para as que estejam situados em áreas urbanas consolidadas
	b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinquenta metros

- Proteção aos núcleos populacionais – Como não está expressa com clareza na instrução técnica da CETESB (Tabela 4), para a definição de núcleos populacionais foi considerada toda a classe de uso urbanização para a geração do mapa;
- Áreas com declividade imprópria – Para definir as áreas com declividade imprópria (Tabela 4), foi gerado um novo mapa com duas legendas de classes de declividade: Declividade permitida (abaixo de 15%) e Declividade imprópria (superior a 15%);
- Usos e coberturas restritas – Para definir as áreas com uso impróprio a ser irrigado (Tabela 5), foi gerado um novo mapa com duas legendas de classe de uso e cobertura do solo: Uso apto a receber irrigação com EETE e uso inapto a receber irrigação com EETE.

### **3.5 Avaliação do uso de EETE para irrigação de culturas**

Os resultados obtidos pelos pesquisadores envolvidos no projeto temático no campo experimental de Lins, sobre os impactos químicos e físicos causados ao sistema solo-planta-água pela irrigação com EETE, servirão de base para a presente pesquisa, os quais serão integrados nos estudos propostos, para a construção de uma avaliação geral da sustentabilidade da prática de irrigação com este tipo de água residuária.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Revisão dos trabalhos realizados em Lins

#### 4.1.1 Características da água e do efluente de esgoto tratado de Lins

Amostras de efluente e da água de Lins foram analisadas mensalmente, durante todo o período de duração dos experimentos. As análises químicas, físicas e físico-químicas obtidas foram comparadas com os valores médios encontrados para o efluente em revisões internacionais especializadas (Tabela 7).

A caracterização química da água apresentou valores inesperados de pH e RAS (bastante elevados) superando até mesmo os resultados encontrados para o efluente (Tabela 7). No entanto, os padrões de qualidade da água estão de acordo com a Resolução Conama nº 357 classificando-a como própria para o abastecimento doméstico.

As concentrações médias de ST, DBO, alcalinidade, NT,  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{NNO}_2^-$ , N-total ( $\text{NT} + \text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-$ ) e  $\text{P-H}_2\text{PO}_4^-$  podem ser consideradas normais para o efluente (Tabela 7). Porém, as concentrações de DQO, COD e CT encontram-se acima dos valores observados na literatura (Tabela 7). As concentrações de Na, B e Cl, bem como os valores de pH encontram-se dentro das faixas de variação normalmente verificadas (Tabela 7). As concentrações médias de CE,  $\text{S-SO}_4^{2-}$ , Ca, Mg e K encontram-se abaixo dos valores de referência (Tabela 7). Já os valores da RAS, ao contrário, encontram-se acima.

As concentrações de F-, Cu, Fe e Zn encontram-se abaixo do valor de referência, enquanto as concentrações dos metais Cd, Cr, Ni e Pb apresentam-se inferiores ao limite de detecção do método empregado (Tabela 7). Segundo Fonseca (2005), ao comparar os limites apresentados por Ayers e Westcot (1985) para concentrações de Al, B, Cd, Cr, Cu, F-, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn na água de irrigação com os valores médios apresentados na Tabela 7, conclui-se que, devido ao fato do EETE de Lins ser predominantemente doméstico, não há contaminação significativa dos esgotos com esses elementos.

As relações DQO:DBO e CT:NT no EETE encontram-se na faixa normal apresentada pela literatura e com valores próximos entre si (Tabela 7). Baixa relação DQO:DBO e baixa relação C:N são fatores que implicam em alta biodegradabilidade do material e, conseqüentemente, em disponibilidade dos nutrientes contidos no EETE (FONSECA, 2005).

Tabela 7 – Resultados das análises químicas do EETE e da água potável de Lins e comparação com valores de referência disponíveis na literatura especializada

Constituintes	EETE	Água	Concentração Normal	Referência
		mg L <sup>-1</sup>		
Sólidos totais	571,00	-	400 a 1200	Feigin et al. (1991)
DBO	77,80	-	10 a 80	Feigin et al. (1991)
DQO	180,50	-	30 a 60	Feigin et al. (1991)
CT	49,44	-	10 a 30	Bouwer e Chaney (1974)
COD	65,28	3,12	30 a 60	Bouwer e Chaney (1974)
NT	8,85	-	1-23	Feigin et al. (1978)
Alcalinidade	301,41	224,50	200 a 700	Feigin et al. (1991)
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	22,37	0,04	1 a 40	Feigin et al. (1991)
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,61	0,18	0- 10	Feigin et al. (1991)
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,02	0,02	0,02	Pescod (1992)
N-total	31,85	0,24	10 a 50	Feigin et al. (1991)
P-H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	4,30	<LD	4,2 a 9,7	Bouwer e Chaney (1974)
S-SO <sub>2</sub>	4,93	4,55	62	Asano e Pettygrove (1978)
Cl	66,36	11,07	40 a 200	Feigin et al. (1991)
F	0,48	0,70	1,2	Pescod (1992)
Ca	7,50	0,83	20 a 120	Feigin et al. (1991)
Mg	1,77	0,17	10 a 50	Feigin et al. (1991)
K	12,33	0,92	10 a 40	Feigin et al. (1991)
Na	121,03	120,79	50 a 250	Feigin et al. (1991)
B	0,14	0,148	0 a 1	Feigin et al. (1991)
Al	0,009	0,040	-	-
Cd	<LD	<LD	<0,002	Asano e Pettygrove (1978)
Cr	<LD	<LD	<0,020	Asano e Pettygrove (1978)
Cu	0,002	0,001	0,040	Feigin et al. (1991)
Fe	0,082	<LD	0,330	Pescod (1992)
Mn	0,015	0,002	0,200 a 0,700	Pescod (1992)
Ni	<LD	<LD	0,007	Feigin et al. (1991)
Pb	<LD	<LD	<0,050	Asano e Pettygrove (1978)
Zn	0,015	<LD	0,040	Feigin et al. (1991)
pH	7,71	9,65	6,5 a 8,4	Pescod (1992)
Relação DBO :DQO	2,73	-	2,4	Pescod (1992)
Relação CT :NT	5,63	-	5 :1	Feigin et al. (1991)
Relação molar Ca :Mg	2,70	2,75	-	-
CE, em dS m <sup>-1</sup>	0,84	0,49	1,0 a 3,1	Pescod (1992)
RAS, em (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	10,34	32,18	4,5 a 7,9	Feigin et al. (1991)

DBO: demanda bioquímica de oxigênio

DQO: demanda química de oxigênio

CT: carbono total no material particulado

COD: carbono orgânico dissolvido

NT: nitrogênio total no material particulado

N-total: nitrogênio total presente no EETE

LD: limite de detecção

CE: condutividade elétrica

RAS: razão de adsorção de sódio

De forma geral, os autores apoiados nos trabalhos de Pescod (1992) e Ayers e Westcot (1985) que estabelecem critérios de restrição quanto à qualidade do efluente utilizado na agricultura, apontaram como problemas potenciais aos agrossistemas as altas concentrações de Na, RAS elevada, associada à baixa CE e à baixa relação Ca:Mg. Os efeitos da irrigação com efluente nas taxas de infiltração e na permeabilidade do solo dependem diretamente das concentrações relativas dos íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ , agregados e expressos pela RAS em conjunto com a concentração salina, expressa, por sua vez, através da CE. Para um dado valor de RAS, quanto maior a CE da água de irrigação menor será o efeito negativo na permeabilidade do solo (LEAL, 2007).

As concentrações excessivamente altas de Na, em relação aos demais elementos, são esperadas no caso de efluente doméstico, mas a elevada sodicidade da água de abastecimento é um caso particular da região de Lins, onde o abastecimento é feito com água coletada em aquífero profundo, classificada como termal, alcalina e sódica (GLOAGUEN, 2006). Desse modo, analisando particularmente o risco de sodicidade, o uso do EETE para a irrigação é mais aconselhável, por apresentar menor RAS e maior CE do que a água.

Fonseca (2005), Leal (2007) e Firme (2007) constataram variação dos constituintes do EETE ao longo das estações do ano. Para Leal e Firme as alterações principais ocorreram nas concentrações de Ca, K e Na, as quais foram maiores na época do inverno. Os autores atribuíram o fenômeno aos efeitos de diluição ocasionados pelas chuvas de verão

#### **4.1.2 Culturas irrigadas com EETE**

##### **4.1.2.1 Impactos da irrigação de café com EETE**

Os experimentos conduzidos com a cultura de café foram descritos no trabalho de Herpin et al (2007) que teve por objetivo examinar os efeitos químicos no solo após a irrigação com EETE na cultura de café fertilizada.

O espaço destinado ao plantio das 2144 mudas de café (*C. arábica L.*) corresponde a uma área de 3000 m<sup>2</sup> da área experimental. A cultura foi estabelecida na parte superior da vertente, sobre um Latossolo Vermelho Distrófico típico, com predominância de minerais de baixa atividade (caolinita e óxidos de ferro). As análises químicas do solo nas condições iniciais indicaram um solo de baixa fertilidade com baixa concentração de P, baixa saturação por bases e baixa CTC (IBRAHIM, 2002). Importante ressaltar que antes da instalação do experimento não

havia culturas sobre a área. As mudas foram plantadas em agosto de 2001 e irrigadas com EETE de setembro do mesmo ano até setembro de 2004, continuamente fertilizada de acordo com as recomendações de adubação estabelecidas por van Raij et al. (1996). Para suprir a necessidade hídrica da planta a irrigação foi feita via gotejamento com taxas médias de aplicação de 1.3 mm dia<sup>-1</sup> (4778 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). A irrigação foi feita toda vez que a umidade do solo atingia valores inferiores a 50% da capacidade máxima de retenção de água pelo solo na camada de 0-60 cm. No decorrer do experimento amostras do solo da área (nas camadas de 0-210 cm) e das folhas das plantas foram coletadas e analisadas.

Os resultados obtidos nas análises de solo indicaram aumento no pH do solo mediante a contínua aplicação de EETE e fertilizantes. A MOS também sofreu um ligeiro aumento nos valores obtidos para o período de 2002-2003, mas essa tendência não foi constatada para o período de 2004. As concentrações de P e K foram maiores nas camadas superficiais do solo do que as encontradas nas condições iniciais do solo. Para as concentrações de Ca trocável, contudo, não foi constatada nenhuma alteração significativa entre as camadas do solo e entre as épocas amostradas. As concentrações de Mg trocável também se mostraram significativamente inalteradas durante todo o período do experimento. As maiores alterações encontradas foram no aumento das concentrações de Na quando comparadas às condições iniciais do solo. De forma geral, a média encontrada em todo o perfil para todo o período do experimento foi igual.

A CTC do solo diminuiu significativamente em 2004, associado a um declínio da MOS. Entretanto, a SB aumentou significativamente nas camadas de 0-40 cm. A acidez total (H + Al) mostrou uma redução significativa para a maior parte das camadas analisadas em 2004.

Antes do período do experimento (2001), a CTC era mantida pela H + Al, Ca e Mg com baixas proporções dos valores de K e Na nas primeiras camadas do solo. Um ano após a aplicação de fertilizantes e irrigação continuada com EETE, as porcentagens de Ca e Mg diminuíram na camada superficial (0-10 cm) associada a uma elevação na porcentagem de Na trocável. Comparando com 2003, as taxas de Ca e Mg de 2004 aumentaram na camada superficial associada com uma redução na acidez total e porcentagens de K trocável. Mas nas camadas de 10-20 e 20-40 cm as porcentagens de sódio trocável em 2004 aumentaram, influenciado pela baixa CTC.

As análises foliares demonstraram que as concentrações de N, Ca e Na foram significativamente maior em 2004, quando comparadas a 2003, enquanto que as concentrações de

P não variaram nesse período. Em 2005, as concentrações de N, P e S diminuíram significativamente, K e Mg aumentaram significativamente e as concentrações de Ca e Na permaneceram nas mesmas concentrações.

Esses resultados levaram Herpin et al. (2007) a concluir que:

- Utilizar somente o EETE para irrigação de culturas pode resultar em três problemas que podem ser encontrados para outras culturas estabelecidas para condições similares de clima e solo: aumento do risco de sodicidade; diminuição da matéria orgânica do solo acompanhado da redução da CTC; e aporte desbalanceado e insuficiente de nutrientes para o sistema solo-planta;
- Do ponto de vista nutricional apenas a irrigação com o EETE não atenderá a demanda de nutrientes requerida pela planta de café, sendo necessário adubar o solo com P, N e S para o desenvolvimento ótimo da planta;
- Apesar do aumento nas concentrações de Ca e K nas folhas do café indicarem uma possível redução na aplicação desses nutrientes via fertilizantes, suas baixas concentrações no solo poderiam agravar os malefícios proporcionados pelo Na no solo devido seu grande aporte via EETE;
- Sem a aplicação adequada de cátions via fertilizante, ou fontes alternativas, a sodicidade continuará causando a deterioração do solo. Portanto, o uso contínuo de fertilizantes ainda se faz necessário para manter a saúde do solo contra os supostos cátions presentes no EETE;
- A fertilização agrônômica recomendada para a cultura de café poderia ser reconsiderada e adaptada a partir da combinação dos componentes presentes no EETE e complementada pelos fertilizantes minerais.

#### **4.1.2.2 Impactos da irrigação de cana-de-açúcar com EETE**

Os trabalhos desenvolvidos por Leal (2007) e Firme (2007) correspondem aos resultados encontrados na irrigação, por gotejamento, da cultura de cana-de-açúcar com EETE no campo experimental de Lins. Instalada logo abaixo da cultura de café, onde o solo ainda mantém as mesmas características descritas no trabalho de Herpin et al. (2007) e Gloaguen (2006). Trata-se

de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico apresentando textura franco-arenosa (IBRAHIM, 2002). É importante ressaltar que a cultura de cana foi estabelecida no mesmo local onde foram plantados ciclos alternados de milho e girassol também irrigados com EETE, no período de 2002 até 2004, que serão descritos no item 4.1.2.4.

Para os autores o estudo dos efeitos da irrigação com EETE sobre a cultura de cana-de-açúcar justifica-se pelos seguintes motivos:

- O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, devido às condições climáticas favoráveis, extensão territorial e recursos naturais abundantes;
- O etanol tem adquirido importância crescente como fonte de energia alternativa. A recente implantação de veículos bicompostíveis no Brasil, as diminuições das reservas mundiais de petróleo e o afloramento das preocupações com as mudanças climáticas em razão da queima de combustíveis fósseis;
- Um aumento da produção e das exportações brasileiras de açúcar é esperado a partir da queda dos subsídios europeus ao açúcar local, além do significativo aumento das demandas por parte da China, que deverá se tornar, gradativamente, o maior importador mundial de açúcar (FNP, 2006);
- A comparação dos cultivos de sequeiro e irrigado mostram os benefícios da irrigação na produtividade das culturas, tendo-se sempre um aumento de produção das culturas irrigadas. Diversos trabalhos na literatura nacional relatam aumentos de produtividade da cana-de-açúcar em razão da irrigação, dentre eles, Demétrio (1978) e Carretero (1982) obtiveram, respectivamente, aumentos médios de produtividade da ordem de 35,0 ton ha<sup>-1</sup> e 16,3 ton ha<sup>-1</sup> utilizando-se de irrigação por gotejamento nas condições do Estado de São Paulo;
- A cultura da cana atende aos critérios estabelecidos por Segarra et al. (1996) quanto ao potencial de utilização de EETEs na irrigação de culturas agrícolas: (i) alto consumo de água, (ii) alta absorção de N, (iii) potencial de mercado nacional e internacional, (iv) potencial de uso no processamento quando necessário e (v) retorno econômico relativamente alto.

Leal (2007) em seu trabalho objetivou: monitorar a qualidade do efluente e solução do solo quanto à condutividade elétrica (CE), pH, razão de adsorção de sódio (RAS) e quanto às concentrações dos cátions Na, cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg) e alumínio (Al); monitorar o pH do solo, a acidez potencial (H+Al), os teores dos cátions Na, K, Ca, Mg e Al trocáveis no solo; determinar a máxima lâmina de irrigação com efluente que não acarrete em prejuízos ao solo e a produtividade da cana-de-açúcar. Complementarmente, os objetivos de Firme (2007) foram estudar as alterações ocasionadas pela irrigação com EETE no comportamento dos macro e micronutrientes no solo e na planta, da matéria orgânica (MO), carbono total (CT) e nitrogênio total (NT) no solo, bem como a qualidade do caldo, mediante as análises de porcentagem de sólidos solúveis (Brix), porcentagem aparente de sacarose em solução (Pol%caldo), pureza, porcentagem de sacarose na cana (Pol%cana), açúcares redutores (AR), fibra, açúcares totais recuperáveis (ATR), acidez, teor alcoólico,  $P_2O_5$ , dextrana e amido.

Descrevem os autores que o plantio da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), variedade RB 72454, obtida pelo Instituto de Açúcar e Alcool IAA/Planalsucar, foi realizado em março de 2005, sendo que, previamente ao plantio, foi aplicado calcário dolomítico seguido do plantio e cultivo de *Crotalaria Juncea* para finalidade de adubação verde. Este procedimento não dispensou a necessidade de fertilização mineral. Foram utilizados  $15 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (nitrato de amônio),  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  (superfosfato simples) e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$   $K_2O$  (cloreto de potássio), distribuídos manualmente em cada sulco. O sistema de irrigação por gotejamento foi instalado após plantio da cana-de-açúcar, com o início da irrigação da cultura no mês de maio de 2005. O manejo da irrigação teve como base o conteúdo de água volumétrica na camada de 0-60 cm, determinado a cada 2 dias através de um conjunto de tensiômetros instalados nas parcelas experimentais. A irrigação era acionada toda vez que a leitura dos tensiômetros indicava um potencial mátrico ( $\Psi_m$ ) menor que -40 kPa (potencial crítico) o qual correspondeu, através do ajuste a curva característica de retenção de água do solo, a um volume de aproximadamente 60% da capacidade de armazenamento total de água na camada 0-60 cm. O arranjo experimental foi o de blocos completos com parcelas subdivididas no tempo, com 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos empregados foram: (i) TSI - sem aplicação de N mineral e sem irrigação; (ii) T100 a T200, 50% da dose de N recomendada via fertilização e irrigação com, respectivamente, 100, 125, 150 e 200% da demanda hídrica da cultura. Amostras de efluente (coletas mensais), do solo nas camadas 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm (três épocas: maio/2005 (antes da instalação do

experimento), dezembro/2005 e setembro/2006) e da cana (folhas - aos nove meses de idade, dezembro/2005 e no corte, setembro/2006; colmos - setembro/2006) foram coletadas no decorrer dos dois anos do experimento.

Os tratamentos T100, T125, T150 e T200 receberam lâminas de irrigação de 2.520, 3.180, 3830 e 5.090 mm, respectivamente, quando considerado todo o período do experimento. Segundo Firme (2007) estas lâminas são consideradas elevadas visto que o consumo diário de água pela cana-de-açúcar nas principais regiões produtoras do país, dependendo da variedade, do estágio de desenvolvimento da cultura e da demanda evapotranspirométrica, tem variado em geral de 2 a 6 mm dia<sup>-1</sup>, o que corresponde a uma faixa de 960 a 2880 mm, considerando um período de 16 meses de irrigação. Entretanto, o solo da área experimental, que apresenta uma baixa capacidade de retenção de água, associado às altas temperaturas da região de Lins, favorece uma maior periodicidade na irrigação e, por conseguinte, a aplicação de lâminas mais elevadas.

Os diferentes volumes aplicados resultaram num aporte de nutrientes proporcionalmente crescentes e consideravelmente distintos (Tabela 8). A irrigação com efluente, além de ser fonte de umidade permanentemente disponível à cultura, resulta numa adição considerável dos principais nutrientes essenciais ao pleno desenvolvimento vegetal, Ca, Mg e K. Entretanto, incorpora, igualmente, adições ao sistema solo-planta de elementos indesejáveis, tal como o Na (Tabela 8), o que pode, por sua vez, comprometer a integridade das propriedades do solo, bem como a estabilidade do rendimento dos cultivos no longo prazo (LEAL, 2007).

Tabela 8 - Aporte médio de nutrientes ocorrido durante o período experimental (LEAL, 2007)

Constituinte	Tratamentos			
	T100	T125	T150	T200
	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>			
<b>Ca</b>	189,35	239,21	287,4	381,97
<b>Mg</b>	44,68	56,45	67,83	90,14
<b>K</b>	311,29	393,26	472,53	627,87
<b>Na</b>	3055,68	3860,28	4638,32	6163,18
<b>B</b>	3,53	4,46	5,36	7,13
<b>Al</b>	0,22	0,28	0,34	0,45

T100: 50% N mineral + irrigação com efluente secundário de esgoto tratado na dose 100%

T125: 50% N mineral + irrigação com efluente secundário de esgoto tratado na dose 125%

T150: 50% N mineral + irrigação com efluente secundário de esgoto tratado na dose 150%

T200: 50% N mineral + irrigação com efluente secundário de esgoto tratado na dose 200%

Os tratamentos empregados não alteraram os teores foliares de Ca, Mg e P em nenhuma das duas amostragens realizadas. Os teores foliares dos respectivos cátions encontram-se dentro da faixa de variação de teores considerados adequados para a nutrição da cultura da cana-de-açúcar, descritos na literatura (RAIJ et al., 1996). No entanto, os teores foliares de K, nos tratamentos que receberam aporte de efluente, foram ligeiramente superiores na segunda coleta de folhas quando comparados com a primeira. Com relação aos teores foliares de Na os tratamentos empregados resultaram em pequenas alterações, ocasionando diferenças significativas apenas para o T125 na segunda coleta de folhas.

No caldo, com exceção do K e do Na, observa-se uma tendência de menores teores de N, P, Ca e Mg no tratamento TSI quando comparado aos tratamentos irrigados, sendo esta diferença significativa para P e Ca, e não significativa para N e Mg. A respeito dos teores de P no caldo, é interessante salientar que, em todos os tratamentos empregados, as concentrações estiveram dentro do considerado adequado para uma boa clarificação do caldo (131 mg L<sup>-1</sup> P) e/ou para a fermentação alcoólica (100 mg L<sup>-1</sup> P).

A análise dos micronutrientes (Fe, Mn, Zn, B e Cu) no tecido foliar demonstrou que as concentrações desses elementos foram baixas quando comparados com os níveis considerados

adequados para o desenvolvimento da cultura e para maiores produtividades. No entanto, a deficiência de B e Cu no tecido foliar não interferiu na produtividade da cana-planta, provavelmente porque após o período de amostragem para a diagnose foliar (dezembro/2005) o aporte desses micronutrientes via irrigação continuou. Os valores de B extraído foram próximos aos valores que seriam esperados quando comparados com os valores de referência (ORLANDO FILHO, 1993). Os teores de Fe extraído foram muito maiores em relação aos valores de referência, enquanto os teores de Mn e Zn foram menores do que os valores de referência citados pelo mesmo autor, com exceção do tratamento TSI para os dois últimos nutrientes.

Após a irrigação com EETE foi constatado um aumento no pH do solo ao longo de todo o perfil, quando comparado à primeira época de amostragem com a última. Mas ambos os autores (FIRME, 2007; LEAL, 2007) concordaram que as alterações de pH obtidas foram de pequena magnitude, traduzindo-se em pouca ou nenhuma significância agrônômica quanto a disponibilização de nutrientes aos cultivos agrícolas. Leal (2007) acrescenta que a este respeito, portanto, a calagem permanece como a melhor e mais adequada prática de correção da acidez do solo, contribuindo sobremaneira aos aumentos de produtividade e dos rendimentos agrícolas nos solos tropicais ácidos e de baixa fertilidade natural.

Com relação a acidez potencial (H + Al) constatou-se que em todas as camadas (10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm) houve, em geral, uma diminuição da concentração do H + Al ao longo do experimento.

Quanto às concentrações de Al trocável no solo ocorreram efeitos dos tratamentos nas camadas 20-40, 40-60 e 80-100 cm. Nestas camadas, de maneira semelhante ao que foi anteriormente relatada para os valores de acidez potencial, a alteração mais pronunciada ocorreu entre o tratamento TSI e o tratamento com o maior volume aplicado de efluente, T200, obtendo-se, respectivamente, maiores e menores valores de Al trocável. Com relação às épocas de amostragem ocorreram efeitos nas concentrações de Al trocável somente em profundidade, nas camadas 60-80 e 80-100 cm. Em ambas os teores de Al trocável da última amostragem foram significativamente menores do que os valores obtidos na primeira amostragem.

Leal (2007) descreve os seguintes resultados encontrados para os teores de Ca, Mg e K. Tomando-se a última amostragem isoladamente, verificam-se, em geral, teores de Ca trocável mais elevados em todos os tratamentos que receberam irrigação com EETE em comparação ao tratamento TSI sem irrigação, sendo razoável esperar que estas diferenças se acentuem no longo

prazo. Comparando-se a segunda e a terceira amostragem de solo, o autor verificou, para as camadas superficiais (0-40 cm), decréscimos nos teores de Ca, e acréscimos nos teores de Ca na última amostragem, apesar de estatisticamente não significativos para as camadas sub-superficiais (40-100 cm). Justifica o autor que apesar da maior afinidade de troca do Ca no complexo trocável, o excesso de Na no sistema provavelmente resultou na lixiviação e deslocamento do elemento para as camadas mais profundas.

Os teores de Mg trocável apenas se alteraram, para todos os tratamentos empregados, na camada de 40-60 cm. Nesta camada, o tratamento T200 resultou em maior acúmulo do nutriente quando em comparação com as concentrações obtidas no tratamento TSI. Este aumento pode ser explicado pelo considerável aporte de Mg via efluente ocorrido ao longo do experimento no tratamento T200, 90 kg ha<sup>-1</sup>. De início, as concentrações de Mg se elevaram, posteriormente, entre a segunda amostragem e o final do experimento, as concentrações de Mg trocável diminuíram em todas as camadas analisadas, fato este relacionado à elevada produtividade, resultando, portanto, em considerável extração do nutriente pela cultura.

Apesar do aporte considerável de K via efluente, entre 311 a 627 kg ha<sup>-1</sup>, o mesmo não resultou em incremento nas concentrações de K nos tratamentos irrigados com efluente. Por exemplo, considerando-se as camadas mais superficiais, os tratamentos T150 (0-10 cm) e T200 (10-20 cm) apresentaram concentrações de K trocável inferiores as do tratamento TSI, sem aporte algum de K via efluente.

Para o P, Firme (2007) descreve que não houve diferença significativa entre as médias gerais das épocas de amostragem para as camadas 0-10 e 10-20 cm. A ausência de alterações nas concentrações de P disponível no solo entre épocas, nessas camadas, pode estar relacionada à absorção do P disponível pela cultura ou pela fixação do ânion H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> na superfície dos colóides. O trabalho de Firme (2007) concorda com os resultados encontrados na literatura (MOHAMMAD; MAZAHREH, 2003), onde aumentos nas concentrações de P disponível em sub-superfície ao longo do tempo também foram observados.

O comportamento do Na disponível no solo observado nestes trabalhos, aumentando em todos os tratamentos irrigados, tem sido amplamente relatado na literatura nacional e internacional, em diferentes tipos de solo e cultivos (FIRME, 2007). Dado que a afinidade dos cátions pelo complexo de troca é diretamente proporcional à valência e inversamente ao respectivo raio iônico (MALAVOLTA, 2006), o Na, em razão de sua baixa valência e alto grau de

hidratação, na comparação com os demais cátions trocáveis, é o que apresenta menor afinidade pelo complexo de troca, permanecendo livremente em solução, apresentando, portanto, maior suscetibilidade a lixiviação. A grande mobilidade do Na associada com os elevados aportes do elemento via irrigação com EETE explicam os aumentos obtidos nas concentrações de Na ao longo do experimento, tanto nas camadas superficiais como nas camadas sub-superficiais (LEAL, 2007).

O incremento nos teores de Na trocável no sistema solo, bem como na saturação do complexo de troca (PST) representam um risco considerável para a deterioração da estrutura física do solo, mais especificamente através da dispersão de argilas e conseqüente desestabilização de agregados, entupimento de poros e decréscimo na permeabilidade do solo (BOND, 1998).

Leal (2007) relata que no decorrer do experimento as variações no PST foram significativas, manifestando-se em todas as camadas. Os resultados obtidos demonstraram que a totalidade das lâminas empregadas apresentava valores de PST considerados acima dos níveis críticos. Considerando este fato, é natural que ao longo do tempo, a fim de se manter a viabilidade agrônômica do sistema efluente-solo-planta, faz-se necessário lançar mão de estratégias de manejo para contornar ou minimizar este problema.

A porcentagem de argila dispersa em água foi influenciada pela irrigação com EETE, com concentrações maiores nas camadas 10-20, 20-40 e 80-100 cm para ao menos um dos tratamentos irrigados quando comparados com o tratamento controle TSI. Considerando-se apenas os tratamentos com aplicação de efluente, T100 a T200, as diferenças na magnitude da dispersão de argilas, em razão das lâminas crescentes de irrigação, foram insignificantes. Com exceção da camada 60-80 cm, ocorreram incrementos na porcentagem de argila dispersa em água no decorrer do experimento (LEAL, 2007).

Com relação ao efeito dos tratamentos na saturação de bases (V%) do solo ocorrem alterações nas camadas 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. Nestas camadas as alterações mais pronunciadas ocorreram entre os extremos, TSI apresentando V% sempre menor do que o T200. As alterações na capacidade de troca catiônica do solo (CTC) foram de pequena magnitude, com diferenças significativas entre os tratamentos empregados somente na camada 0-10 cm. Considerando as épocas de amostragem, alterações significativas ocorreram em todas as camadas estudadas, entretanto, os valores do início e fim do experimento foram bem próximos (LEAL, 2007).

Os resultados obtidos para os micronutrientes presente no solo estão apresentados no trabalho de Firme (2007).

Entre os micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn a maior alteração ocorreu para o B. As maiores concentrações de B disponível no solo foram encontrados nas maiores lâminas de efluente.

Ocorreu de modo geral uma diminuição no nas concentrações de Cu disponível no solo. A adição de Cu no sistema foi de aproximadamente 0,18, 0,22, 0,27 e 0,36 kg ha<sup>-1</sup> para os tratamentos 100, 125, 150 e 200, respectivamente, sendo que o recomendado no plantio é de 3 a 4 kg ha<sup>-1</sup> de Cu em caso de deficiência.

No caso do Fe disponível para a camada de 20-40 cm foi observada uma diminuição nas concentrações de Fe da primeira época de amostragem para a terceira época de amostragem, enquanto nas demais camadas houve a diminuição da primeira época de amostragem para a segunda época de amostragem e em seguida um aumento na terceira época de amostragem. Comparando os tratamentos na terceira época de amostragem, apenas as camadas 10-20 e 20-40 não apresentaram concentrações mais elevadas de Fe que o TSI.

Para o Mn, nas camadas superficiais suas concentrações aumentaram da primeira época para a segunda época de amostragem, voltando a diminuir na terceira. Levando em conta a diminuição do Mn disponível em superfície, pode-se considerar a absorção de Mn pelas raízes de forma expressiva nessa profundidade de 0-20 cm, haja vista o maior volume de raízes nesta camada.

Para o Zn, verifica-se na uma diferença entre as médias gerais das épocas de amostragem apenas nas camadas sub-superficiais. Entre os tratamentos na terceira época de amostragem, diferenças nas concentrações de Zn foram observadas apenas nas camadas superficiais. Na camada 0-10 cm, o tratamento TSI diferiu dos tratamentos T125 e T150, e na camada 10-20 cm, os tratamentos TSI e T150 diferiram do tratamento T125, sendo que em ambas as camadas a concentração maior de Zn ocorreu no tratamento TSI.

Na camada de 0-10 cm do solo houve um aumento da MO e, a partir dos 20 cm, observa-se uma diminuição da MO no solo. Entre os tratamentos na terceira época de amostragem, ocorreram diferenças apenas na camada 60-80 cm, onde a concentração da MO foi mais elevada no tratamento TSI em comparação aos tratamentos T150 e T200 (FIRME, 2007).

Firme (2007) não verificou alteração nas concentrações de CT do solo no primeiro ano de aplicação do EETE, não ocorrendo interação entre os tratamentos e as épocas de amostragem. Para o autor a adubação nitrogenada juntamente com o aporte do C e N via irrigação com EETE, não foram suficientes para o aumento do CT e NT do solo, provavelmente porque as alterações podem ter ocorrido nas diferentes formas de C do solo, não interferindo no teor total. Provavelmente as alterações nas concentrações do CT do solo irão ocorrer no longo prazo. Para o NT Firme (2007) verificou que houve diferença entre as épocas de amostragem na camada 20-40 cm, ocorrendo um incremento de N no solo da primeira época para a terceira época de amostragem.

Tanto Leal (2007) quanto Firme (2007) apresentam em seus trabalhos os efeitos da irrigação com EETE na produtividade da cultura de cana-de-açúcar no primeiro corte. A produtividade média obtida para os diferentes tratamentos variou significativamente conforme pode ser visto na figura 5. Nos tratamentos que receberam irrigação com EETE a produtividade foi expressiva, diferindo consideravelmente da obtida no tratamento sem irrigação e sem adubação nitrogenada (TSI) (Figura 5), exceção feita ao tratamento T125, equivalente ao tratamento TSI a 5% de probabilidade (LEAL, 2007).

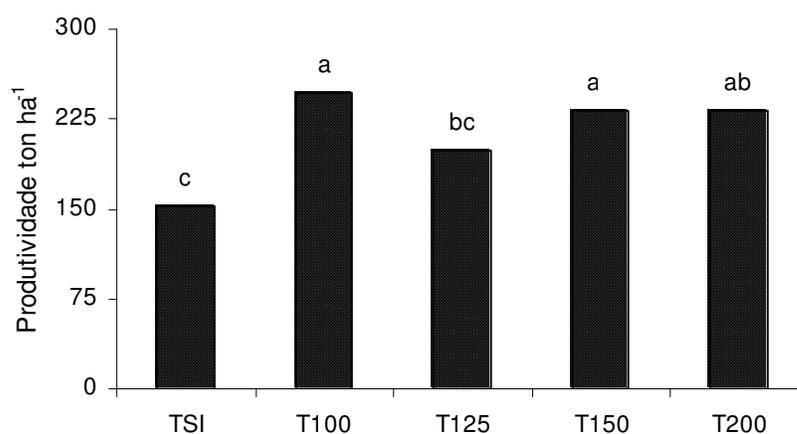


Figura 5 - Efeito dos diferentes tratamentos na produtividade da cana-de-açúcar (1º corte). Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%

A produtividade média para os tratamentos irrigados foi de 227,77 t ha<sup>-1</sup> e para o tratamento sem irrigação foi de 152,84 t ha<sup>-1</sup>, sendo que a estimativa da produção média brasileira para cana-planta de ano e meio na safra 2005/2006, em condição de sequeiro, foi de aproximadamente 107,50 t ha<sup>-1</sup> (FNP, 2006), evidenciando o ganho na produtividade para a

cultura irrigada. Dados de 71 experimentos desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (PMGCA) conduzido pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) relatam uma produtividade média para cana-planta da RB 72454 de 129,60 t ha<sup>-1</sup> (FIRME, 2007).

Segundo Leal (2007) com exceção da irrigação, condições semelhantes foram observados tanto no tratamento controles quanto nos tratamentos irrigados, tais como: práticas de manejo empregadas, baixa incidência de pragas, doenças e competição com plantas daninhas. Assim sendo, o fato do tratamento sem irrigação (controle) ter apresentado menor produtividade que os tratamentos irrigados indica claramente que a quase totalidade desta diferença está relacionada de fato a irrigação com EETE. Outro fator que poderia explicar esta diferença de produtividade entre o controle e os tratamentos irrigados diz respeito à ausência de N mineral na adubação de plantio do controle. Entretanto, uma vez que anteriormente a instalação do experimento foi realizada uma adubação verde com a crotalária em toda a área, disponibilizando N também ao controle, provavelmente este fator foi minimizado.

Por fim, os autores mencionam as seguintes conclusões quanto aos impactos da irrigação com EETE na cultura de cana-de-açúcar:

- A utilização de efluente secundário de esgoto tratado na irrigação da cana ocasionou incrementos consideráveis nos diversos parâmetros relacionados a sodicidade/salinidade do sistema solo, tais como: teores de Na trocável, Na solúvel, percentual de sódio trocável, condutividade elétrica da solução do solo. O efluente foi igualmente responsável por aportes consideráveis de determinados nutrientes, como por exemplo Ca e K, cujas alterações no solo, entretanto, não foram tão evidentes quanto as ocorridas nos parâmetros de salinidade/sodicidade. A irrigação com EETE atua diretamente como amenizador da acidez ativa e potencial, entretanto, na prática, a magnitude deste efeito é desprezível, não substituindo a calagem;
- Comparando-se apenas os tratamentos que receberam irrigação com efluente, T100-T200, as alterações foram, até o presente momento, pouco diferenciadas, independentemente do parâmetro considerado;
- A não utilização da dose completa do adubo nitrogenado não implicou na queda da produtividade da cana-planta, deste modo o efluente pode ser além de fonte de água uma

fonte de N para a cana-planta. A produtividade foi mais elevada nos tratamentos que receberam irrigação quando comparados ao tratamento não irrigado;

- O efluente de esgoto tratado não ocasionou alterações na qualidade dos colmos industrializáveis no que diz respeito aos parâmetros industriais e tecnológicos, sendo que o amadurecimento foi de acordo com o previsto para a variedade RB 72454. O elevado fornecimento de K e N via efluente não acarretou atraso na maturação da cana;
- Houve um incremento nas concentrações pH, P, Na, B e Fe, e um decréscimo nas concentrações Ca, Mg, K e Cu, ao longo do ciclo da cultura;
- Os teores de MO decresceram em todo perfil do solo quando comparadas as médias gerais entre as épocas de amostragem. Com relação às concentrações de CT e NT, não ocorreram alterações entre os tratamentos empregados;
- Em geral houve uma tendência de aumento nas concentrações dos constituintes químicos estudados na direção das lâminas menores para as maiores.

#### **4.1.2.3 Impactos da irrigação de capim com EETE**

A cultura de capim-Tifton 85 (*Cynodon spp.*) irrigada com EETE foi estudada por Santos (2004) e por Fonseca (2005). Na área onde está instalado o experimento o solo foi classificado como um Argissolo Vermelho distrófico Latossólico, de textura média-argilosa. Anteriormente ao capim, a área não era cultivada e encontrava-se em pousio. O plantio do capim foi realizado em janeiro de 2002 sendo que previamente ao plantio, aplicaram-se 4000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico sem qualquer fertilização. O experimento teve início no mês de janeiro de 2003 e estendeu-se até novembro de 2004.

O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados em parcelas subdivididas no tempo com cinco tratamentos (A, E1 a E4). Os cinco tratamentos empregados foram: A – irrigação com água potável e adição de 100% de nitrogênio via fertilizante mineral necessário para o desenvolvimento da planta; E1, E2, E3 e E4 – irrigação com EETE e adição de 0, 33%, 66% e 100% de nitrogênio via fertilizante mineral necessário para o desenvolvimento da planta, respectivamente. O sistema de irrigação empregado foi o de aspersão convencional, cujos aspersores localizavam-se no centro das parcelas, a uma altura de 90 cm. As parcelas foram distanciadas de 10 m para evitar a influência indesejável das parcelas adjacentes.

O manejo da irrigação foi realizado com base na umidade crítica do solo na camada 0 a 60 cm. Periodicamente foi realizada a leitura do potencial mátrico ( $\psi_m$ ) fornecida pelos tensiômetros, que se encontravam instalados no meio das camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm, em cada uma das parcelas. A partir dos valores de  $\psi_m$  e da curva de retenção, foi aplicado o modelo de Van Genuchten (1980) para a obtenção da umidade atual do solo e, conseqüentemente, saber a necessidade de irrigação. Desse modo, conforme o tratamento empregado, água potável ou EETE foram aplicados no sistema solo-planta (FONSECA, 2005). A fertilização mineral foi realizada conforme Werner et al. (1996) para gramíneas com objetivo de produção de feno (como é o caso do capim-Tifton 85), levando-se em consideração a produção de massa seca para recomendação de N e K e os resultados de análise de terra para recomendação de P. A partir do início do experimento as parcelas foram fertilizadas com fertilizantes minerais nitrogenado (nitrato de amônio), potássico (cloreto de potássio) e fosfatado (superfosfato simples) nas épocas de corte do capim (a cada 60 dias) (SANTOS, 2004). As épocas de corte compuseram três para o trabalho de Santos (2004) (15/01/2003 até 16/07/2003) e doze épocas de corte para Fonseca (2005) (15/01/2003 até 15/11/2004).

Amostras de água e EETE foram retiradas mensalmente para análise. Amostras de solo tanto da superfície como da sub-superfície foram coletadas tanto antes da instalação do experimento como três, seis, nove, doze, quinze e dezoito meses após a instalação para análises químicas, físicas e mineralógicas. Amostras de solução de solo foram retiradas a cada dois meses para as profundidades de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, e submetidas a mesmas determinações analíticas empregadas nas amostras de efluente (item 4.1.1), exceto determinações de ST, DBO, DQO, COD, CT, NT,  $Cl^-$ ,  $F^-$  e  $HCO_3^-$ . Nas amostras de capim foi determinada a massa seca e também foram determinadas as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Na, B, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn.

Ambos os autores constataram que no decorrer do experimento as concentrações de Na trocável, bem como do PST aumentaram. Fonseca (2005) atribui esse aumento à baixa relação entre a quantidade de Na absorvida, acumulada e exportada pelo capim em relação ao elevado aporte de Na no sistema.

No seu experimento Fonseca (2005) descreve que o aporte médio anual de Na, via irrigação, variou de 569,5 a 2127,4 kg ha<sup>-1</sup> e o acúmulo semestral deste elemento foi, independentemente do tratamento, inferior a 50 kg ha<sup>-1</sup>. Desse modo, complementa o autor, que a

maior parte do Na via efluente que atingiu o solo foi perdida do sistema via lixiviação, devido à menor preferência de adsorção deste cátion no complexo de troca, quando comparado aos cátions  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ . Essa menor afinidade do  $\text{Na}^+$  pelos sítios de troca, quando comparado a  $\text{K}^+$  e, principalmente, ao  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , está relacionada à sua baixa valência e grande raio iônico hidratado. Assim que o  $\text{Na}^+$  atinge o solo, a maior parte permanece em solução, devido ao forte grau de hidratação deste elemento, tornando-o mais susceptível à lixiviação.

Logo, a precipitação pluvial intensa em determinados períodos do ano tem papel fundamental na sustentabilidade do sistema solo-planta receptor de EETE rico em Na, por promover lixiviação deste elemento do meio. Porém, segundo Fonseca (2005) as observações realizadas no seu estudo não fornecem informações para prever se o sistema solo-planta suportará, em longo prazo, o elevado aporte de Na via irrigação. Para o autor 24 meses de experimentação não são suficientes para prever se as chuvas de verão serão capazes de lixiviar aproximadamente  $2000 \text{ kg ha}^{-1}$  de Na. Portanto, a resposta mais adequada para esses questionamentos demanda de estudos de campo em médio e/ou em longo prazo.

Os autores também salientam aumento nos valores da RAS e na dispersão das argilas, fenômeno ocorrido devido às alterações no complexo de troca promovidas pelo aumento das concentrações de Na. A dispersão de argilas resulta na migração destes minerais no perfil do solo e tem sido um processo importante do ponto de vista agrícola e ambiental. Esse processo provoca efeitos indesejáveis nas propriedades físicas do solo, levando à formação de crostas, obstrução de poros e diminuição na taxa de infiltração de água, resultando no escoamento superficial de nutrientes e pesticidas (FONSECA, 2005).

Apesar de constatadas pelos autores variações na salinidade do solo, Fonseca (2005) afirma que essas alterações ocorridas no presente estudo são de pouca importância prática, pois se encontram numa faixa abaixo de  $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ , não ocasionando, normalmente, efeitos negativo no rendimento das plantas de interesse agrônômico.

Maiores concentrações de N na forma de  $\text{NO}_3^-$  foram observadas nos tratamentos que receberam doses mais elevadas de N, sobretudo, associadas à irrigação com EETE. Contudo, a preocupação com excesso de N no sistema solo-planta fertilizado e irrigado com efluente, não ocorreu. Isso porque as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  e N-mineral na solução no solo, apesar de terem sido mais elevadas nas camadas superficiais (0-10 e 10-20 cm), não atingiram concentrações críticas nas camadas sub-superficiais em nenhuma ocasião de avaliação (FONSECA, 2005).

As doses de irrigação utilizadas no presente estudo não ocasionaram aportes significativos de Cd, Cr, Ni e Pb no sistema, devido às baixas concentrações destes metais no EETE (Tabela 7) (FONSECA, 2005). Desse modo, o EETE de Lins não apresentou potencial de poluição com os metais Cd, Cr, Ni e Pb, uma vez que as concentrações destes metais no sistema solo-planta-solução não foram afetadas pelos tratamentos e/ou encontravam-se abaixo do limite de detecção do método empregado.

Os resultados obtidos para o rendimento de massa seca foram opostos para os autores. Santos (2004) observa uma diminuição na massa seca com o tempo nos meses estudados (seis meses – janeiro/03 a julho/03) para toda a área, independentemente dos tratamentos que ele atribui a estacionalidade de produção observada para forrageiras. A maior produção ocorreu no mês de março (verão) e foi sendo reduzida até o mês de julho (inverno). A irrigação com efluente (tratamento E4) foi equivalente à irrigação com água (tratamento A) na produção de massa seca. As menores produções foram observadas nos tratamentos que receberam menores volumes de irrigação com efluente e menores quantidades de fertilização nitrogenada. As observações de Santos (2004), no entanto, são referentes apenas a um período do tempo experimental considerado por Fonseca (2005).

Os resultados obtidos para a produção de massa seca e de proteína bruta estão mencionados no trabalho de Fonseca et al. (2007a) e apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Efeitos das diferentes fontes de irrigação (água potável e EETE) e taxas de fertilização de nitrogênio mineral aplicados no solo sobre a massa seca e a proteína bruta anual do capim-Tifton 85

Tratamento	Massa seca (Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )			Proteína bruta (Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )		
	Primeiro ano	Segundo ano	Média	Primeiro ano	Segundo ano	Média
A	32,91	32,62	32,76 bc	2,71	3,33	3,02 c
E1	19,85	28,89	24,37 d	1,72	3,16	2,44 d
E2	28,36	35,93	32,15 c	2,37	4,01	3,19 bc
E3	32,43	37,02	34,73 b	2,76	4,15	3,46 b
E4	37,82	39,29	38,55 a	2,35	4,85	4,10 a
Média	30,27 B	34,75 A		2,58 B	3,90 A	

A: água +100 % de N

E1: efluente + 0 % de N

E2: efluente + 33 % de N

E3: efluente + 66 % de N

E4: efluente + 100 % de N

Letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P < 0,05)

Conforme a Tabela 9, as taxas de aplicações de nitrogênio via fertilizações minerais, associadas à irrigação com EETE resultaram em produtividades elevadas de massa seca e de proteína bruta (FONSECA et al., 2007a). Os autores também mencionam que tanto o N proveniente da fertilização mineral quanto o N proporcionado pela irrigação com EETE foram fontes importantes de N para o sistema solo-pastagem, e que o EETE poderia substituir de forma bastante eficiente a água potável utilizada para a irrigação do capim-Tifton 85, resultando em maior produtividade de massa seca e proteína bruta (comparando o tratamento A com E4 – Tabela 9). Contudo, utilizar apenas o EETE de Lins como fonte de N para nutrição do capim-Tifton 85 é prática inadequada. Conforme a Tabela 9 o EETE não foi suficiente para suprir as necessidades da planta, visto que o pasto irrigado com efluente sem aplicação de N via fertilização mineral (tratamento E1) mostrou os menores valores para a massa seca e também para a proteína bruta (FONSECA et al., 2007a).

Ao final de dois anos de experimento com capim-Tifton 85 irrigado com EETE proveniente das lagoas de estabilização de Lins Fonseca (2005) levanta as seguintes considerações finais:

- O efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE), constitui-se numa água residuária (marginal), que pode substituir eficientemente a água convencional (potável) de irrigação em sistema de produção de feno de capim-Bermuda Tifton 85. Essa substituição pode proporcionar benefícios econômicos e aumento de qualidade do capim;
- A magnitude de resposta do capim ao EETE, bem como da economia de nitrogênio via fertilizante mineral é dependente da precipitação pluvial e da lâmina de irrigação empregada. Assim, a substituição da água potável pelo EETE, na irrigação do capim, pode levar à economia de 32,2 a 81,0% na dose de nitrogênio via fertilizante mineral necessária à obtenção de altos rendimentos, sem ocasionar alterações negativas no conteúdo de nutrientes nas plantas e na fertilidade do solo;
- Os nutrientes presentes no EETE devem ser computados no manejo da fertilização da pastagem, ou então podem ocorrer incrementos no rendimento de massa seca e no acúmulo de elementos, inclusive de sódio, promovendo aumento de qualidade da forragem sem ocasionar efeitos deletérios no ambiente;
- As altas concentrações de sódio na água potável (utilizada no tratamento controle), bem como no EETE indicam que o sistema solo-pastagem não suportará o elevado aporte

(média de 1000 a 2000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) deste elemento e pode ser necessário o uso de condicionador de solo, como gesso agrícola;

- Ao que parece, a irrigação com EETE de origem doméstico não proporcionará, em curto e médio prazo, excesso de boro e de metais pesados no sistema solo-pastagem.

#### **4.1.2.4 Impactos da irrigação de milho e girassol com EETE**

Dois trabalhos foram realizados envolvendo as culturas de milho e girassol. O trabalho desenvolvido por Gloaguen (2006) foi realizado na área experimental de Lins onde dois ciclos das culturas de milho e girassol foram estudados. Outro trabalho (FONSECA, 2001) envolvendo a aplicação de EETE em plantas de milho cultivadas em vaso foi realizada em casa de vegetação. Apesar de não se tratar de um experimento in loco, o experimento de Fonseca (2001) utilizou o EETE proveniente das lagoas de estabilização de Lins e o solo foi coletado na área experimental, no mesmo local onde foram desenvolvidos os demais trabalhos de irrigação de cana-de-açúcar, milho e girassol no campo. Portanto, torna-se relevante também apresentar os resultados e considerações do autor para compor a revisão dos efeitos da irrigação com o EETE nas plantas de milho estudadas.

O experimento de Fonseca (2001), além de levantar informações na literatura internacional relacionada aos efeitos da disposição de EETE no sistema solo-planta-efluente-ambiente e caracterizar o efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) produzido na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Lins/SP, teve por objetivo: determinar a disponibilidade de nitrogênio no solo que recebeu EETE; comparar o uso de EETE vs. adubação mineral, no que diz respeito ao suprimento de nitrogênio à cultura do milho, em condições de casa-de-vegetação; avaliar o teor de clorofila, o estado nutricional e a produção de matéria seca das plantas de milho irrigadas com EETE; e avaliar os efeitos da disposição do EETE de Lins/SP nas propriedades químicas do solo. Para isso foram desenvolvidos dois experimentos em vaso. O Experimento 1, conduzido numa estufa de circulação forçada de ar, refere-se ao efeito da aplicação de efluente de esgoto tratado na disponibilidade de nitrogênio do solo, e o experimento 2, realizado em casa de vegetação, relaciona-se ao estudo das alterações nas características químicas do solo, nutrição e produção de matéria seca do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado. Em ambos Fonseca (2001) utilizou o Latossolo Vermelho Distrófico típico presente na área experimental.

O delineamento para o Experimento 1 foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, quatro tratamentos e 11 períodos de incubação sem lixiviação (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 70 dias). Os tratamentos consistiram na adição semanal de 0, 100, 150 e 200 mL de EETE  $\text{kg}^{-1}$  de terra. O EETE foi distribuído de maneira uniforme sobre a superfície das amostras de terra, simulando a prática de irrigação. As unidades experimentais incubadas por maior período de tempo (70 dias) receberam 0, 1000, 1500 e 2000 mL de EETE  $\text{kg}^{-1}$  de terra, de acordo com o tratamento. Essas taxas de aplicação de EETE nas amostras de terra correspondem, respectivamente, as seguintes lâminas de irrigação: 0, 274, 411 e 548 mm de efluente. Essas lâminas correspondem a um aporte de 0, 134, 201 e 268  $\text{kg ha}^{-1}$  de NT via efluente, cujos cálculos foram feitos a partir da concentração de NT presente no EETE. Ao término de cada período de incubação amostras de terra eram analisadas para se estabelecer o cálculo do nitrogênio mineral disponível.

O autor relata que a adição de EETE aumentou a disponibilidade de N-mineral nas amostras de terra, principalmente de  $\text{N-NO}_3^-$ , cujo aumento se correlacionou linearmente com a taxa de aplicação do efluente. Fonseca (2001) atribui esse incremento no teor N-mineral à predominância do N no efluente encontrar-se na forma mineral e, também, à rápida mineralização da fração orgânica do N do efluente. O autor também relata que cerca de 30 a 50% (média de 36%) do N via efluente aplicado não foi recuperado, indicando possíveis perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$  e/ou denitrificação.

Para o Experimento 2 empregou-se o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com cinco repetições e cinco tratamentos. Os tratamentos foram: a) Irrigação com água deionizada e adubação mineral completa, exceto N (T1); b) Irrigação com água deionizada e adubação mineral completa (T2); c) Somente irrigação com efluente, sem nenhuma adição de fertilizante mineral (T3); d) Irrigação com efluente e adubação mineral completa, exceto N (T4); e) Irrigação com efluente e adubação mineral completa (T5). A semeadura do milho (híbrido simples Avant) foi realizada em 26 de março de 2001. A adubação foi conduzida conforme preconizada por Malavolta (1980). A quantidade de umidade perdida por evapotranspiração era repostada às unidades experimentais adicionando-se, quando necessário, água e/ou efluente para refazer a umidade em 70% da capacidade de retenção de água da amostra de terra (230 mL  $\text{kg}^{-1}$  de terra). A avaliação da massa seca e a medição indireta de clorofila foram realizadas aos 58 DAE (dias após a emergência). O acúmulo de nutrientes e elementos tóxicos foram determinados a

partir de sub-amostras de folhas e de colmos retiradas das amostras utilizadas para determinação da quantidade de matéria seca. Após a coleta das plantas, as amostras de terra foram retiradas para análise.

De forma geral, as análises realizadas nas amostras de solo mostraram que as unidades experimentais irrigadas com efluente (T4 e T5) apresentaram pH mais elevado e menor acidez potencial e trocável. A disposição de EETE não alterou os teores de P, S, K, Cu e Zn nas amostras de terra fertilizadas. Porém, mesmo recebendo irrigação com efluente, os tratamentos que não receberam adubação mineral (T3 e T4) tiveram menores teores desses nutrientes e de Ca e Al e ainda, menor CTC<sub>e</sub> e CTC. Também, as amostras de terra do tratamento T3 apresentaram pH mais elevado e menor m que as amostras de terra dos tratamentos T1 e T2. Houve aumento no teor de Na, no PST, na V e na CTC<sub>e</sub> mediante a disposição de efluente. Tais efeitos, com exceção do PST, foram mais evidentes nas unidades experimentais que receberam maiores taxas de irrigação com EETE. A CTC, assim como a CE, aumentou mediante a fertilização mineral e esse aumento foi incrementado ainda mais nas unidades experimentais que receberam maior quantidade de irrigação com efluente. Nas amostras fertilizadas adequadamente e irrigadas com maior quantidade de EETE (T5), houve aumento no teor de Ca, na CTC<sub>e</sub> e CTC. Nos tratamentos que receberam maiores taxas de aplicação de efluente (T4 e T5), a velocidade de infiltração começou a diminuir (visualmente) aos 17 DAE. A partir desta data, o EETE infiltrava-se cada vez mais lentamente nas amostras de terra. Teores de Fe e Mn mais baixos foram observados nos tratamentos irrigados com efluente e que não receberam adubação nitrogenada ou nenhuma adubação mineral. No entanto, maiores teores desses nutrientes foram observados nas unidades experimentais irrigadas com água e fertilizadas adequadamente.

Quanto aos efeitos nas plantas, Fonseca (2001) observou que o tratamento T5, apresentou, inicialmente, plantas mais vigorosas e isso contribuiu para que as plantas desse tratamento tivessem maior demanda por irrigação. As plantas de milho dos tratamentos T2 e T5 apresentaram desenvolvimento normal durante o experimento. Porém, aos 50 DAE surgiram alguns sintomas de toxicidade de Na nas plantas do tratamento T5, tais como queima das pontas e das margens das folhas. Aos 11 DAE as plantas do tratamento T3 mostravam-se raquíticas, com coloração arroxeada próximo das margens das folhas mais velhas e também nos colmos, cujos sintomas são típicos de deficiência de P na cultura do milho. Aos 25 DAE as mesmas plantas apresentaram amarelecimento, da ponta para o meio das folhas mais velhas, cujos sintomas são típicos de

carência de N. As plantas do tratamento T3, se comparadas às demais, apresentaram maior acúmulo de Na pelas folhas. Comparando-se os tratamentos que receberam EETE (T3, T4 e T5), as plantas que foram fertilizadas adequadamente tiveram maior acúmulo de macronutrientes e de micronutrientes pelas folhas, colmos e por toda parte aérea. Foram iguais, nos tratamentos T3 e T4, o conteúdo de N, Mg, S e Cu pelas folhas e de Na por toda parte aérea. Para esses mesmos tratamentos, as plantas que receberam fertilização mineral (T4) tiveram maior acúmulo de P, K, Ca, B, Fe, Mn e Zn pelas folhas, de todos os nutrientes pelos colmos e de macronutrientes e micronutrientes por toda parte aérea, com exceção do Na. Quando as plantas foram fertilizadas adequadamente (T2 e T5), as que receberam o efluente tiveram maior acúmulo de P, K, Na e Cu pelas folhas, P, K, S, Na e Fe pelos colmos e de P, K e Na por toda parte aérea. O acúmulo de Na pela parte aérea das plantas de milho, mediante a irrigação com EETE, aumentou de 15,3 até 40,1 vezes, principalmente nos colmos, comparando-se àquelas plantas adubadas adequadamente e irrigadas com água deionizada. As plantas que não receberam fertilização mineral, mas foram irrigadas com EETE (T3), tiveram maiores teores de N e de clorofila em relação às plantas que receberam fertilizantes minerais, exceto N e irrigação com água deionizada. Todavia, na ausência total de fertilizantes minerais, ocorreu a menor produção de matéria seca pelas diferentes partes das plantas de milho (folhas, colmos e toda parte aérea).

As conclusões do autor quanto aos resultados obtidos para o Experimento 2 foram:

- O efluente foi efetivo em reduzir a capacidade de acidificação do solo pelo uso de fertilizante mineral nitrogenado e ainda aumentou a CE e a CTCe;
- O EETE não conseguiu substituir completamente a adubação mineral nitrogenada, apesar de ter ocasionado maior acúmulo de N e de matéria seca na omissão do fertilizante nitrogenado mineral, quando comparado em mesma situação de fertilização, mas irrigação com água;
- Os teores de metais pesados no sistema solo-plantas não foram influenciados pelo uso de EETE, uma vez que o efluente era pobre em metais pesados (Tabela 7). Porém, o Na foi o constituinte do EETE mais problemático, pois o teor deste elemento nas amostras de terra e a seu conteúdo nas plantas aumentaram mais de 15 e 100 vezes, respectivamente;
- O EETE não foi capaz de nutrir adequadamente as plantas com P na ausência de fertilização mineral. Para as plantas que receberam adubação completa, o efluente

mostrou-se eficaz em substituir a água de irrigação, sem nenhum efeito negativo na produção de matéria seca e ainda, proporcionou maior acúmulo de K, P, Na;

- Não é recomendável importar dados de pesquisas do exterior, cujas condições edafoclimáticas são completamente diferentes da situação brasileira e sobretudo, do Estado de São Paulo. São necessários estudos a campo, de longa duração, para avaliar o comportamento do sistema solo-planta-efluente, bem como o monitoramento de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Na e metais pesados.

O experimento de Gloaguen (2006), realizado sobre o Latossolo Vermelho Distrófico típico presente na área experimental de Lins, envolveu culturas de milho (*Zea mais* L.) e girassol (*Helianthus annuus* 94 L.) irrigadas com EETE. Seu experimento objetivou estudar os processos de transferências de espécies químicas dentro da cobertura pedológica, sendo a meta principal a compreensão da dinâmica das espécies químicas maiores, tanto na dimensão temporal como na espacial. Contudo, os resultados apresentados por Gloaguen et al. (2007) são mais relevantes aos objetivos desta revisão. Trata-se de um trabalho derivado das considerações apresentadas por Gloaguen (2006), porém, com objetivos mais específicos. O trabalho apresenta uma avaliação dos efeitos da irrigação com EETE na composição química da solução do solo cultivado com as culturas de milho e girassol.

A investigação química da fase sólida do solo representa um importante componente dos estudos agrônômicos na avaliação do equilíbrio do sistema água-solo-planta, assim como para a avaliação da fertilidade do solo. Em contrapartida, a solução do solo é outro importante componente do sistema solo que raramente é levado em conta (GLOAGUEN et al., 2007). O mesmo autor, citando Smethurst (2000), diz que a solução do solo é um eficiente indicador do estoque de nutrientes e que sua composição química ~~é~~reflete diretamente o balanço entre a fase sólida do solo e as plantas, por constituir a interface onde ocorrem os processos de absorção pela raiz, reações químicas do solo e redistribuição de solutos.

No trabalho dois ciclos alternados de milho e girassol foram cultivados durante 2 anos de experimento (março de 2002 até fevereiro de 2004) com parcelas irrigadas com EETE e parcelas de controle irrigadas com água tratada. Três tratamentos foram considerados, consistindo em uma parcela irrigada com água de abastecimento e recebendo adubação completa (total dos 4 ciclos de culturas: N = 340 kg.ha<sup>-1</sup>; P = 130 kg.ha<sup>-1</sup>; K = 170 kg.ha<sup>-1</sup>) (T1), uma parcela irrigada com

efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) e recebendo adubação somente com P e K (T2) e uma parcela irrigada com EETE e adubação completa (T3). O adubo nitrogenado foi aplicado na forma de sulfato de amônio e uréia. A irrigação foi realizada via gotejamento de acordo com a necessidade hídrica da planta e da necessidade de lixiviação para evitar a acumulação de sais na superfície do solo. As datas das coletas da solução do solo corresponderam às diferentes fases fenológicas das culturas para determinação de: pH, Na, K, Ca, Mg, Cl,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , RAS, Alcalinidade, COD, e STD. Foram feitas três coletas de solo realizadas, uma a cada 6 meses de experimento, no final de cada ciclo da cultura, para análise de: pH, MO, K, Ca, Mg, Na, Al + H, SB, CTC, V e PST. A caracterização química do EETE e da água também foi feita a partir de coletas mensais realizadas no período de 2002 – 2003.

Os resultados obtidos por este trabalho mostram que as elevadas concentrações de bicarbonato e sódio na composição do EETE levaram a uma sodificação e salinização da solução do solo. Um aporte total de 2,44 toneladas de Na e 4,40 toneladas  $\text{HCO}_3$  foram quantificadas para a área. A irrigação via gotejamento promoveu uma lixiviação parcial desses compostos provocando um aumento no pH, na RAS e na CE nas camadas encontradas até a profundidade de 1 m. Também foi constatado pelos autores uma diminuição na concentração de Na ao longo do tempo. Esse comportamento foi atribuído a dois tipos de processos: aos processos hidrológicos como evaporação e diluição/lixiviação pela água da chuva e pelos processos de adsorção-dessorção nos complexos de troca do solo.

Os elevados aportes de Na influenciaram pouco nas concentrações de Ca, que permaneceram constantes, mas relativamente baixos, como esperado para os solos tropicais. A evolução das concentrações de K mostrou duas tendências: no curto prazo, diminuição para cada ciclo de cultivo, e no longo prazo, diminuição para o período de 2 anos de experimento. Também foi observado que, conforme o efluente infiltrava e percolava pelo solo, a solução perdia Ca e Mg por adsorção para a CTC e por absorção das raízes das plantas, enquanto que as concentrações de sódio aumentavam e se mantinham elevadas até os 200 cm de profundidade.

A CTC apresentou um comportamento oposto entre as camadas superficiais e sub-superficiais. A diminuição da CTC com o tempo nos 5 cm de profundidade do solo está relacionado com a diminuição dos teores de MO. Contudo, o aumento na CTC aos 100 cm de profundidade do solo poderia ser afetado pelo Na, pelo aumento das superfícies específicas na superfície dos colóides.

Resultados quanto ao C e N mostraram que houve mineralização da matéria orgânica dissolvida e rápida nitrificação do amoníaco e do nitrogênio orgânico proporcionado pelo efluente. As concentrações de nitrato diminuíram devido o uso pelas plantas, mas também devido à lixiviação durante as estações chuvosas, apontando para um risco potencial de contaminação dos ambientes subterrâneos a longo prazo.

Os autores relataram as seguintes conclusões:

- Os resultados demonstraram que a irrigação com EETE causa uma progressiva sodificação no solo, com uma baixa migração de Na da solução do solo para os complexos de troca no solo. Este fenômeno ocorreu sempre no período de precipitação média a elevada. O baixo teor de matéria orgânica no solo e, conseqüentemente, baixa CTC podem ser fatores que aceleram o processo de sodificação, especialmente nas camadas sub-superficiais (0,5 – 1,0 m);
- A prática de irrigação com EETE em solos tropicais deve ser feita com cautela a fim de se evitar danos físicos ao solo e comprometer a infiltração de água durante a irrigação num futuro próximo;
- Manejos alternativos são recomendados, como a lixiviação contínua ou intermediária, para evitar a acumulação de sais no solo. Neste contexto, devido à elevada taxa de nitrificação e lixiviação de nitrato observado neste estudo, o ciclo do nitrogênio precisa ser mais bem detalhado para otimizar a absorção de N pela planta, e conseqüentemente, minimizando a lixiviação de  $\text{NO}_3^-$  pela água de drenagem;
- O trabalho revelou mudanças na matéria orgânica do solo devido à manutenção permanente da condição de umidade do solo e devido à baixa relação C/N da água de irrigação, fatores que podem acelerar a atividade microbiana, logo a mineralização da matéria orgânica do solo.

De forma complementar algumas considerações feitas por Gloaguen (2006), requerem a devida atenção.

O autor evidencia que o grau de restrição das águas na irrigação se divide em três categorias: problema de salinidade, problema de sodicidade, e problemas de toxicidade de íons específicos. Em seu estudo, a faixa de salinidade das águas utilizadas (efluente e água) não chegou a constituir risco potencial de salinização do solo, nem em termos de toxidez para as

plantas. O elemento que se revelou mais importante e que necessitou uma atenção particular foi a sodificação: o íon  $\text{Na}^+$  representou 85% no efluente e 97% na água da soma dos cátions. Os valores altos da Razão de Adsorção de Sódio (10 para efluente e 20 para água) acompanhado de valores baixos de salinidade ( $\text{CE}=736 \mu\text{S}\cdot\text{dm}^{-1}$  no efluente, 408 na água) foram também indicadores deste risco potencial.

O grau de restrição severa em termos de salinidade continua o autor, corresponde à água com condutividade elétrica (ou total de sais dissolvidos) alta. Se a preocupação do manejo são as propriedades físicas do solo, notadamente a infiltração da água no solo, a razão de adsorção de sódio é o fator limitante. De fato, esse parâmetro traduz o risco de sodicidade no solo, isto é, quanto maior o valor de RAS, maior a alteração da estrutura do solo por substituição dos cátions bivalentes pelo sódio. No entanto, valores altos de RAS (20-40) são tolerados quando são acompanhados de valores altos de CE, pois a presença de outros sais atenua o efeito do sódio. Por outro lado, uma água pouco salina ( $\text{CE}<0,2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) pode apresentar grau de restrição severo em termos de sodicidade, mesmo com valores de RAS relativamente baixos (2-4).

#### **4.1.3 Considerações gerais quanto ao uso de EETE para irrigação**

O efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) proveniente das lagoas de estabilização de Lins apresenta-se como uma alternativa bastante interessante para substituir, pelo menos parcialmente, a água potável para irrigação de certas culturas na região, pois além da água de Lins apresentar potencialidade para a degradação física do solo, o uso de efluente pode proporcionar uma economia na aplicação de fertilizantes minerais. Segundo Fonseca et al. (2007b), Gloaguen (2006) e Santos (2004), do ponto de vista agrônomo, o efluente proporciona menor risco a sodicidade do que a água potável por apresentar menor RAS e maior CE (Tabela 7). Assim, os efeitos de dispersão de argila proporcionada pelos íons  $\text{Na}$  seriam menores em sistemas irrigados com EETE, contudo, os aportes excessivos desse elemento ocasionando progressiva sodificação dos agrossistemas representaram preocupação primordial em todos os trabalhos envolvendo a irrigação com o efluente de Lins. Entretanto, foi constatada dispersão de argila em ambos os solos (Latosolo e Argissolo) presentes na estação experimental, nas parcelas irrigadas tanto com água, como com EETE. Neste sentido, será necessária aplicação de condicionadores no solo, como por exemplo o gesso agrícola, para neutralizar os efeitos dispersantes do sódio e para promover sua remoção do sistema.

O EETE de Lins pode ser considerado como uma importante fonte de água para as plantas, demonstrando excelentes resultados de produtividade para a cana-de-açúcar e para o capim sem alterar a qualidade das plantas e, promovendo bom desenvolvimento do café e do milho, mas, somente quando acompanhadas de fertilização mineral. Para as culturas estudadas, o EETE forneceu somente parte dos nutrientes necessários ao ótimo desenvolvimento das plantas. Segundo Fonseca et al. (2007b) esse resultado é esperado em solos tropicais, como no caso de Lins, pois a fertilidade dos solos é naturalmente baixa. Quando aplicadas lâminas excessivas de EETE, como no experimento com a cana-de-açúcar, os resultados até o presente momento (primeiro ano de corte) apresentaram alterações pouco diferenciadas, independentemente do parâmetro considerado, para os tratamentos submetidos à irrigação de 100% e 200% de EETE.

A lixiviação de nitrato também não foi considerada uma ameaça ao uso do EETE de Lins. Apesar de identificado aumento de nitrato na solução do solo, principalmente nas camadas superficiais, seus valores não atingiram as concentrações críticas nas camadas sub-superficiais, onde as plantas desenvolveram papel fundamental de consumo do nitrato evitando a percolação do mesmo. A extração e acumulação de N pelas plantas pode ser considerado como um fator decisivo para evitar a lixiviação indesejada do nitrato até o lençol freático (BOLE; BELL, 1978). Por ser rico em N, a compreensão dos processos de transformação desse nutriente no solo e seu manejo no solo são aspectos essenciais para a sustentabilidade do uso de EETE na agricultura (FONSECA et al., 2007b).

Segundo Feigin et al. (1991), os principais componentes presentes no efluente de esgoto relacionado à saúde pública são os organismos patogênicos (vírus, bactérias, protozoários e ovos de helmintos) e as substâncias tóxicas (metais pesados e poluentes orgânicos traço). No entanto, é importante salientar que não foram detectados problemas com patógenos nos trabalhos desenvolvidos na área. Muito pode ser atribuído à eficiência das lagoas de estabilização na remoção destes organismos. Esse sistema, quando bem projetado e corretamente implementado, proporciona máxima remoção de helmintos e efetiva redução de bactérias e vírus patogênicos (AGUNWAMBA, 2001).

Os metais pesados em sua maioria encontram-se em baixas concentrações em efluentes domésticos (FEIGIN et al., 1991). O EETE de Lins confirma essa afirmação. Os resultados encontrados para as concentrações dos metais pesados na composição química do EETE de Lins e no solo corroboram demonstraram não haver risco de contaminação do ambiente com os

elementos Al, B, Cd, Cr, Cu, F<sup>-</sup>, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn via irrigação com EETE. O aumento de metais pesados no efluente ocorre, geralmente, quando efluentes industriais são dispostos no sistema de coleta e tratamento do esgoto doméstico (FONSECA et al., 2007b).

Os compostos orgânicos, potencialmente presentes no EETE de Lins, não foram quantificados nem qualitativamente levantados, o que não compromete seu uso para irrigação. É sabido que a água de esgoto contém compostos orgânicos sintéticos, porém muitos desses compostos são removidos quando submetidos a sistemas padrões de tratamento (FEIGIN et al., 1991). Chang e Page (1985) concluíram que o risco proveniente dos compostos orgânicos em concentração de traço, associados à irrigação com efluente de esgoto não é maior do que o risco apresentado pelo uso de outras fontes de água para irrigação.

Mediante os resultados apresentados nesta revisão é possível considerar que o EETE de Lins se apresenta como uma alternativa tecnicamente viável para irrigação de culturas na região considerando suas potencialidades para agricultura e com impactos negativos passíveis de mitigação. De forma geral, todos os autores fizeram menção aos cuidados necessários e exigidos pela prática a fim de limitar os impactos no meio ambiente a partir do uso incorreto e indiscriminado dessa água, evidenciando a necessidade de estudos que vislumbrem os efeitos da irrigação com EETE no agrossistema em longo prazo. Contudo, as informações já disponíveis poderão auxiliar na elaboração de base legislativa capaz de regulamentar a irrigação com EETE e apresentar parâmetros e critérios de uso no âmbito municipal, estadual e federal.

Especificamente para Lins a destinação do EETE para o recurso solo se apresenta como uma solução tecnicamente mais sensata comparada aos impactos do despejo dessa água nos cursos superficiais.

#### **4.2 Aceitação do uso de EETE pelos agricultores do município de Lins**

As respostas apresentadas pelos entrevistados estão descritas no Anexo B.

Todos os agricultores entrevistados se posicionaram favoráveis a prática de reuso de água proveniente de ETE, ressaltando a importância dos meios alternativos de fertilização via não mineral como economicamente interessantes. A hipótese de que haveria barreiras de natureza cultural quanto à procedência do resíduo, e a consecutiva inviabilidade da prática quanto a este fator, foi descartada. Mesmo quando mencionada, a preocupação não se sobrepunha como um fator limitante comparada aos benefícios econômicos potencialmente proporcionáveis. Os

proprietários agrícolas apontaram com principal fator limitante da prática, o custo de transporte do resíduo. Alegaram ser viável disponibilizar o efluente para propriedades que estejam próximas a ETE ou para produtores que possuem recursos financeiros e técnicos para sustentar a implementação, a utilização e controle dos efeitos do resíduo nos trabalhadores, no ambiente e no agrossistema.

### **4.3 Áreas potencialmente irrigáveis com EETE no município de Lins.**

#### **4.3.1 Mapa de uso e cobertura do solo de Lins**

A legenda definida para o mapa de uso e cobertura do solo (Figura 6) foi modificada a partir da criação da classe “outros”, onde foram inseridos a classe represa e lagoa, rio, mata ciliar e pasto sujo. Nessa classe também foram agrupadas as áreas identificadas em algumas propriedades onde os limites de APP foram respeitados para as margens dos rios, nascentes, represas e lagoas.

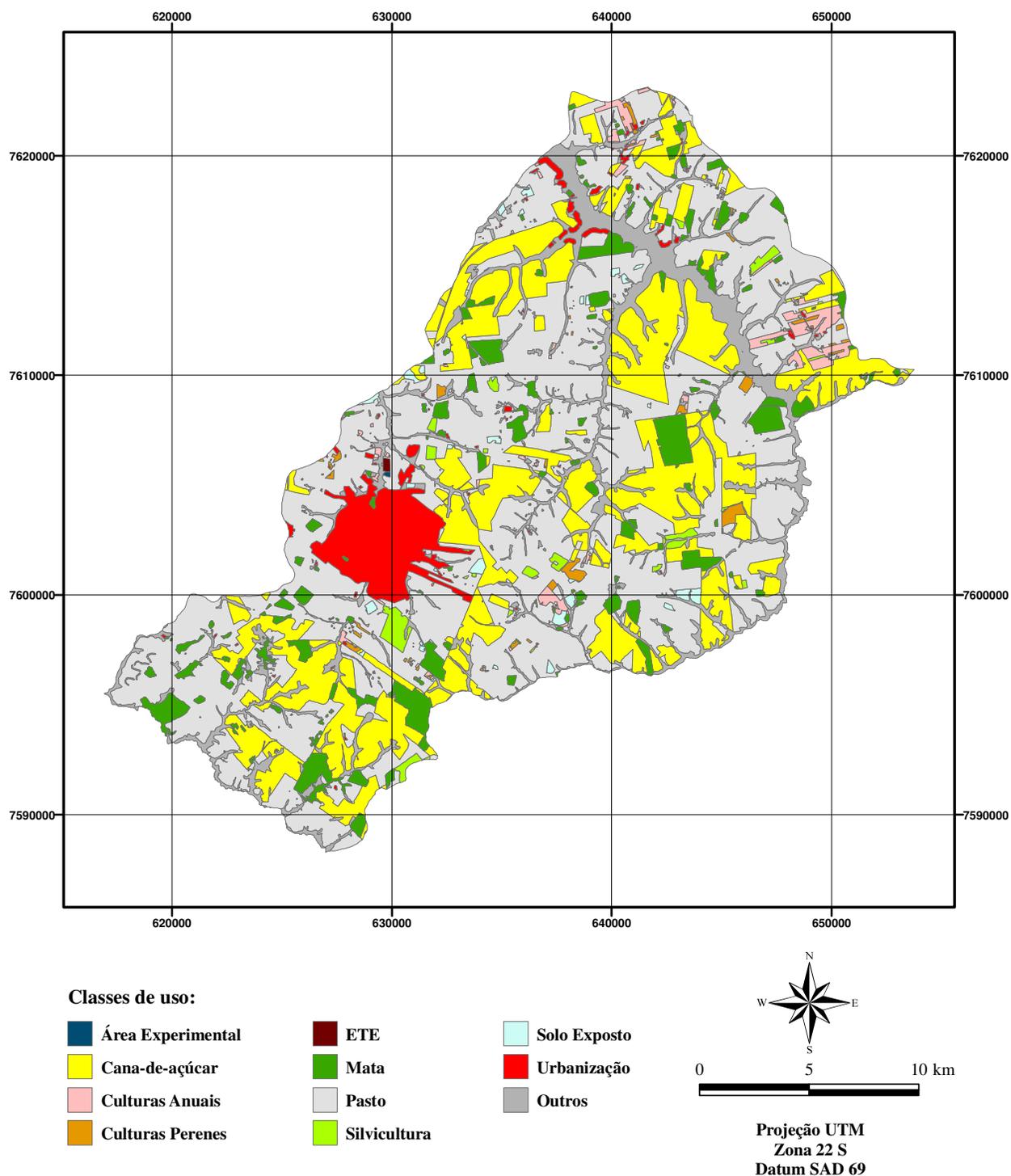


Figura 6 – Mapa de uso e cobertura do solo do município de Lins gerado a partir da interpretação visual da imagem de satélite (Figura 2)

A área total do município compreende 569,7 km<sup>2</sup> (Tabela 10), onde as classes pasto e cana-de-açúcar juntas somam 418,2 km<sup>2</sup>, compondo 49,84% e 23,58% da área total de Lins, respectivamente.

As classes área experimental, culturas anuais, culturas perenes, ETE, mata, silvicultura, solo exposto e urbanização correspondem a 14,73% da área municipal. Os 11,87% restantes tratam-se da área ocupada pela classe outros

Tabela 10 – Classes de uso e cobertura do solo e suas respectivas proporções para a área total do município de Lins a partir da interpretação da imagem de satélite apresentada na Figura 2 (ano de 2005)

Classes	Área	
	Km <sup>2</sup>	%
Área Experimental	0,1	0,01
Cana-de-açúcar	134,3	23,58
Culturas Anuais	7,4	1,30
Culturas Perenes	3,6	0,63
ETE	0,2	0,04
Mata	37,0	6,50
Pasto	283,9	49,84
Silvicultura	5,7	1,00
Solo Exposto	4,1	0,72
Urbanização	25,8	4,53
Outros	67,6	11,87
<b>Total</b>	<b>569,7</b>	<b>100</b>

A Tabela 11 refere-se às coberturas predominantes no ano de 2006 apresentados no Levantamento das Unidades de Produção Agropecuárias (LUPA) apresentados pela CATI de Lins. Comparando as informações da Tabela 10 com a Tabela 11, observa-se que o pasto se mantém como a cobertura predominante para o município no período de 2005 a 2006.

Tabela 11 – Área ocupada pelas classes pasto, cultura perene, cultura anual e mata para o município de Lins no de acordo com o LUPA 2006

Cobertura do solo	Área
	km <sup>2</sup>
Cultura Anuais	148,3
Culturas Perenes	16,4
Mata	38,4
Pasto	271,0

Para a classe de culturas anuais nota-se uma diferença de 140,9 km<sup>2</sup> quando comparadas as Tabelas 10 e 11. Isso se deve ao levantamento das unidades de produção agropecuária não distinguir a classe cana-de-açúcar das demais culturas anuais. Dessa forma, incluindo a área quantificada para a classe cana-de-açúcar (Tabela 10) na classe culturas anuais (Tabela 10), essa diferença reduz consideravelmente e passa a ser de apenas 6,4 km<sup>2</sup>.

A classe mata apresenta áreas de ocupação semelhantes comparando-se os valores apresentados nas Tabelas 10 e 11, contudo, não é esperado uma área menor para essa cobertura na tabela 10 já que se refere ao ano 2005. Os 1,4 km<sup>2</sup> de mata restantes podem ter sido interpretados como outro tipo de cobertura. Na classe outros, por exemplo. Já que alguns fragmentos de mata se situavam na borda de alguns rios e seriam interpretados como mata ciliar.

A principal diferença entre os valores apresentados nas duas tabelas (10 e 11) referem-se a área ocupada pelas culturas perenes. Os 12,8 km<sup>2</sup> a menos apresentado na tabela 10 para essa classe se deve: a inclusão da cultura de seringueira na classe das culturas perenes para o LUPA; e, também, a alguma falha na interpretação visual da imagem orbital para a classe, ocasionando uma subestimação da área de culturas perenes na imagem estudada.

#### 4.3.2 Mapa de aptidão para irrigação com EETE por aspersão no município de Lins

Conforme o esquema apresentado na Figura 4, a partir da digitalização da rede de drenagem, represas, reservatórios e lagoas, da malha rodoviária, elaboração do mapa de declividade para o município e do mapa de uso e cobertura do solo de Lins, novos mapas foram gerados de acordo com as informações apresentadas nas Tabelas 4 e 5.

Na área municipal de Lins foram encontrados rios com comprimentos das larguras dos cursos d'água desde menores de 10 metros a maiores de 200 metros, logo, todas as larguras de APP, de 30 a 500 metros de áreas a serem respeitadas, como descrito na Tabela 6, para as

margens dos rios foram delimitadas. As duas lagoas identificadas na Figura 2, que também constavam nas cartas planialtimétricas do IBGE (Tabela 2), uma ao norte e outra ao sul de Lins, não excediam 20 ha de extensão e, por isso, a área de APP ficou restrita a 50 metros a partir da margem (Tabela 6). Também foi delimitado APP de 50 metros para todas as 413 nascentes (Tabela 6) identificadas no município e 15 metros de APP (Tabela 6) para as 198 represas demarcadas.

Somente foram digitalizadas as vias de domínio público que se encontravam fora dos limites das áreas urbanizadas de Lins. As estradas pavimentadas foram facilmente visualizadas na imagem (Figura 2), mas as estradas de terra foram identificadas com auxílio dos funcionários da Secretaria de Urbanismo e Obras na Prefeitura Municipal de Lins para que não fossem consideradas por engano as estradas particulares e carreadores localizados, principalmente, nas propriedades cultivadas com cana-de-açúcar.

O mapa das coberturas restritas a irrigação com EETE compreenderam as classes de uso Culturas Anuais, Mata, Pasto e Outros. A classe Culturas Anuais foi inserida no grupo das coberturas impróprias a receber o EETE devido a não distinção das culturas próprias para consumo cru das culturas que seriam posteriormente processadas. Toda a classe foi restrita por serem consideradas como culturas próprias para serem consumidas cruas, e, portanto, impróprias a receberem o EETE para irrigação (Tabela 5).

O mapa para as áreas de declividade imprópria para irrigação e o mapa de proteção aos núcleos populacionais foram gerados conforme especificado no item 3.4.3.

A Tabela 12 apresenta, quantitativamente, em relação à área total do município, o quanto que cada mapa gerado no passo b da Figura 4 foi capaz de restringir no uso do EETE para irrigação por aspersão.

Tabela 12 – Área que cada mapa gerado no passo b da Figura 4 restringiu da área total do município de Lins para a irrigação com EETE pelo sistema de aspersão

Mapas	Área	
	Km <sup>2</sup>	%
Área de APP	65,1	11,43
Áreas com Declividade Imprópria	1,9	0,33
Proteção aos Núcleos Populacionais	169,7	29,79
Proteção as Vias Públicas	21,4	3,76
Usos e Coberturas Restritas	400,8	70,35

Conforme apresentado na Tabela 12, a maior importância na restrição das áreas irrigáveis com EETE via aspersão, restringindo a prática em 70,35% da área total do município, foram os atuais usos e coberturas existentes, onde o pasto, ocupando 49,84% (Tabela 10) do território municipal, se apresenta como a cobertura de maior peso na restrição da prática. Conforme está apresentado na Tabela 5, apenas as pastagens destinadas à produção de feno poderão receber o EETE para a irrigação.

O cruzamento dessas informações geradas (passo c apresentado na Figura 4) possibilitou, por fim, a elaboração do mapa referente às áreas potencialmente aptas e as áreas inaptas a receberem o EETE conforme a atual disposição dos usos e coberturas do solo para o município de Lins. As áreas aptas a serem irrigadas com EETE pelo sistema de aspersão estão apresentadas na Figura 7.

Dos 569,7 km<sup>2</sup> existentes no município, 112,9 km<sup>2</sup>, ou seja, 19,82% de toda a área (Tabela 13), poderá receber o EETE para irrigação utilizando o sistema de aspersão. Predominaram-se as áreas cultivadas com cana-de-açúcar como principal cobertura apta a receber o EETE.

Tabela 13 – Área apta e inapta a receber o EETE para irrigação utilizando o sistema de aspersão

<b>Área</b>	<b>Apta</b>	<b>Inapta</b>
Km <sup>2</sup>	112,9	456,8
%	19,82	80,18

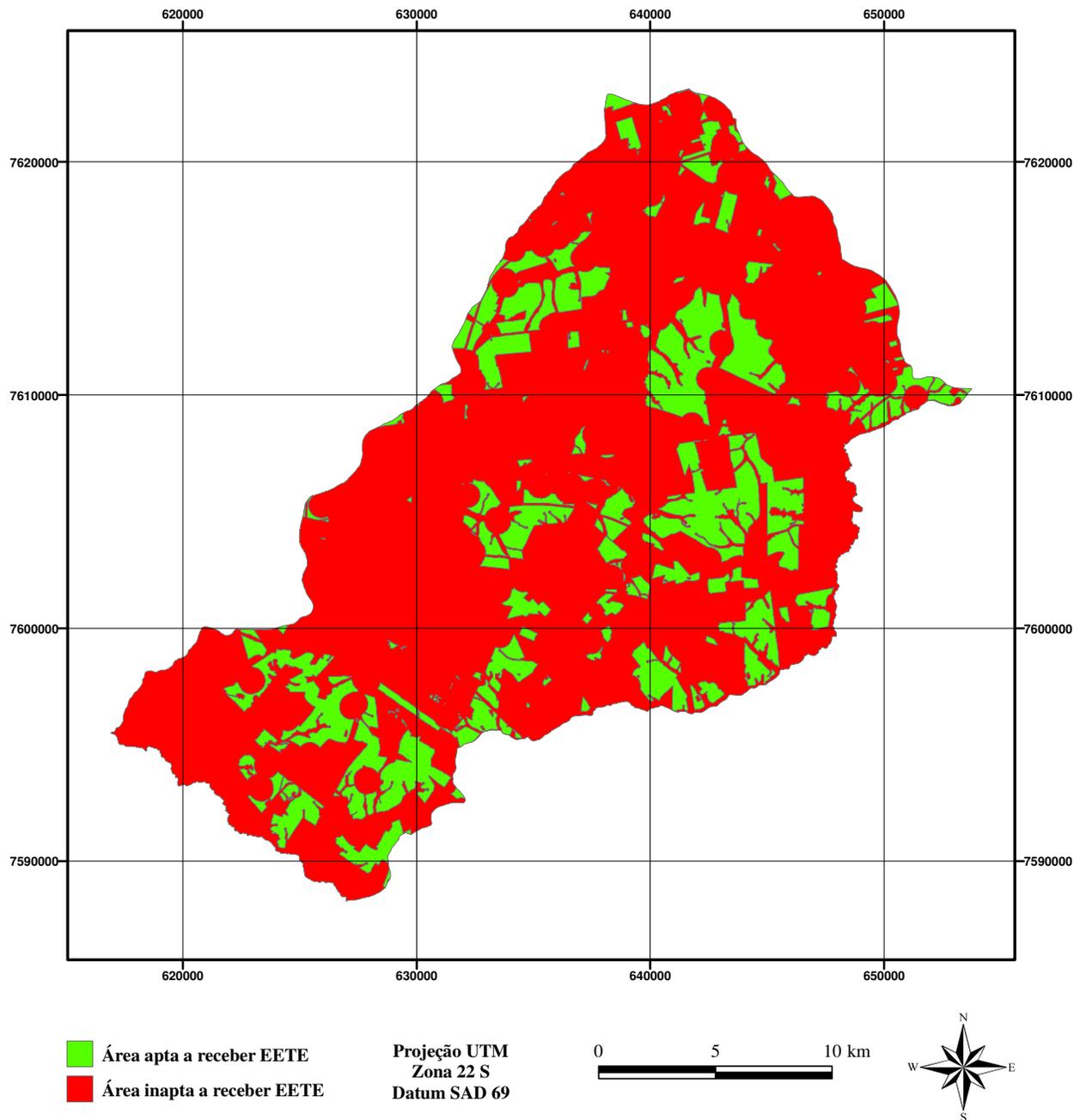


Figura 7 – Mapa das áreas aptas e inaptas à irrigação com EETE por aspersão

## 5 CONCLUSÕES

Do ponto de vista da qualidade e do impacto provocado no sistema solo-água-planta o efluente proveniente da estação de tratamento de esgoto de Lins poderá ser utilizado para a irrigação de culturas de café, cana-de-açúcar, capim, girassol e milho. O efluente atende, as necessidades hídricas e, parcialmente, as nutricionais das plantas. Sendo, entretanto, indispensável à aplicação de fertilizante mineral complementar.

No período de seis anos de aplicação de EETE na área experimental, o maior problema constatado corresponde ao excessivo aporte de Na no agrossistema, ocasionando a dispersão de argilas nos solos da área experimental. Contudo, esse impacto pode ser facilmente remediado a partir da aplicação de condicionadores no solo, como o gesso agrícola.

O “fator social” não representa um impedimento ao uso do EETE na agricultura pois na opinião dos agricultores entrevistados, se os custos operacionais do uso do EETE forem compensados no lucro com a produtividade da cultura irrigada, o efluente gerado será amplamente utilizado.

As restrições propostas na instrução técnica, relativas às áreas de proteção permanente, áreas com declividade acima de 15%, núcleos populacionais, vias públicas e coberturas vegetais, impedem a irrigação com EETE por aspersão em mais de 80% da área municipal de Lins.

A continuidade dos trabalhos desenvolvidos na área experimental de Lins é necessária para avaliação dos efeitos da aplicação do EETE em longo prazo. Evidencia-se também, neste trabalho, a necessidade do levantamento dos custos concernentes à logística de distribuição do EETE, desde a estação de tratamento de esgoto até as propriedades rurais, uma vez que este fator pode incrementar significativamente os custos operacionais envolvidos, limitando sua utilização em áreas mais distantes.

Considerando-se apenas os aspectos sociais e ambientais, o maior limitante ao uso do EETE na irrigação de culturas no município de Lins é a inexistência de legislação que regulamente sua aplicação.

## REFERÊNCIAS

AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Brasília: Senado Federal, 1996. 585 p.

AGUIAR, F.L. Cana-de-açúcar: de gota em gota. In: FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2006**: anuário da agricultura brasileira, São Paulo, 2006. p. 227-248.

AGUNWANMBA, J.C. Analysis of socioeconomic and environmental impacts of waste stabilization pond and unrestricted wastewater irrigation: interface with maintenance. **Environmental Management**, New York, v. 27, p. 463-476, 2001.

ALLHANDS, M.N.; OVERMAN, A.R. Forage grass response to harvest interval and reclaimed water. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 18, p. 2723-2737, 1995.

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

ASANO, T.; PETTYGROVE, G.S. Using reclaimed municipal wastewater for irrigation. **California Agriculture**, Berkeley, v. 41, n. 3/4, p. 15-18, 1987.

ASANO, T.; MAEDA, M.; TAKAKI, M. Wastewater reclamation and reuse in Japan: overview and implementation examples. **Water Science and Technology**, Amsterdam, v. 34, p. 219-226, 1996.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.S. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO, 1985. 174 p.

BALKS, M.R.; BOND, W.J.; SMITH, C.J. Effects of sodium accumulation on soil physical properties under an effluent-irrigated plantation. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 36, p. 821-830, 1998.

BOLE, J.B.; BELL, R.G. Land application of municipal sewage waste water: yield and chemical composition of forage crops. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 7, p. 222-226, 1978.

BOND, W.J. Effluent irrigation: an environmental challenge for soil science. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 36, p. 543-555, 1998.

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

BOUWER, H.; IDELOVITCH, E. Quality requirements for irrigation with sewage water. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 113, p. 516-535, 1987.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 302, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>> Acesso em: 30 de maio. 2008.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA 303, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>> Acesso em: 30 de maio. 2008.

CARRETERO, M.V. **Utilização do tanque classe “A” para o controle da irrigação por gotejamento em soqueiras de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*).** 1982. 86 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

CHAE, Y.M.; TABATABAI, M.A. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 15, p. 193-198, 1986.

CHRISTOFIDIS, D. Água, ética, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental. **Bahia Analise & Dados**, Salvador, v. 13, p. 371-382, 2003.

CONWAY, G.R.; BARBIER, E.B. **After the green revolution: sustainable agriculture for development.** London: Earthscan Publ., 1990. 205 p.

DAY, A.D.; TUCKER, T.C. Production of small grains pasture forage using sewage effluent as a source of irrigation water and plant nutrients. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, p. 569-572, 1959.

DAY, A.D.; DICKSON, A.D.; TUCKER, T.C. Effect of city sewage effluent on grain yield and grain and malt quality of fall-sown, irrigated barley. **Agronomy Journal**, Madison, v. 55, p. 317-318, 1963.

DEMÉTRIO, V.A. **Efeito da água do solo e temperatura ambiente no rendimento agrícola e industrial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*).** 1978. 98 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1978.

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

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

FIRME, L.P. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado no sistema solo-planta em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar.** 2007. 109 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FRIEDLER, E.; LAHAV, O.; JIZHAKI, H.; LAHAV, T. Study of urban population attitudes towards various wastewater reuse options: Israel as a case study. **Journal of Environmental Management**, New York, v. 81, p. 360-370, 2006.

FONSECA, A.F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**. 2001. 110 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

\_\_\_\_\_. **Viabilidade agrônomo-ambiental da disposição de efluente de esgoto tratado em um sistema solo-pastagem**. 2005. 174 p. (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

FONSECA, A.F.; MELFI, A. J.; MONTEIRO, A. M. Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tifton 85 bermudagrass. **Agriculture and Water Management**, Amsterdam, v.87, 2007a.

FONSECA, A.F.; HERPIN, U. ; PAULA, A. M. ; VICTORIA, R. L. ; MELFI, A. J. Agricultural Use of treated sewage effluents: agronomical-environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, p.194-209, 2007b.

GLOAGUEN, T.V. **Transferências de espécies químicas através de um solo cultivado com milho e girassol e fertirrigado com efluente de esgoto doméstico**. 2006. 113 p. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GLOAGUEN, T.V.; FORTI, M.C.; LUCAS, Y.; MONTES, C.R.; GONÇALVES, R.A.B.; HERPIN, U.; MELFI, A.J. Soil Solution of a Brazilian Oxisol irrigated with treated sewage effluent. **Agricultural and Water Management**, Amsterdam, v. 88, p.119-131, 2007.

HARTLEY, T. W. Public perception and participation in water reuse. **Dessalination**, Amsterdam, v. 187, p. 115-126, 2006.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Bahia Analise & Dados**, Salvador, v. 13, p. 411-437, 2003.

HERPIN, U.; GLOAGUEM, T.V.; FONSECA, A.F.; MONTES, C.R.; MENDONÇA, F.C.; PIVELI, R.P., BREULMANN, G.; FORTI, M.C.; MELFI, A.J. Chemical effects on the soil-plant system in a secondary treated wastewater irrigated coffee plantation: a pilot field study in Brazil. **Agricultural and Water Management**, Amsterdam, v. 89, p. 105-115, 2007.

HOPHMAYER-TOKICH, S.; KLIOT, N. Inter-municipal cooperation for wastewater treatment: Case studies from Israel. **Journal of Environmental Management**, Amsterdam, v. 80, p. 147-159, 2006.

- HUSSAIN, G.; AL-JALOUD, A.A. Effect of irrigation and nitrogen on yield, yield components and water use efficiency of barley in Saudi Arabia. **Agricultural and Water Management**, Amsterdam, v. 36, p. 55-70, 1998.
- IBRAHIM, L. **Caracterização física, química, mineralógica e morfológica de uma seqüência de solos em Lins/SP**. 2002. 86 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- JANSSEN, L.L.F.; HUURNEMAN, G.C. **Principles of remote Sensing**. Enschede: ITC, 2001. 180 p.
- JOHNS, G.G.; McCONCHIE, D.M. Irrigation of bananas with secondary treated sewage effluent. II. Effect on plant nutrients, additional elements and pesticide residues in plants, soil and leachate using drainage lysimeters. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 45, p.1619-1638, 1994.
- KARLEN, D.L.; VITOSH, M.L.; KUNZE, R.J. Irrigation of corn with simulated municipal sewage effluent. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.5, p.269-273, 1976.
- LEAL, R.M.P. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado em propriedades químicas de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar**. 2007. 109 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- LILLESEND, T.M.; KIEFER, R.W. **Remote sensing and image interpretation**. New York: John Wiley, 1999. 724 p.
- LUCAS FILHO, M.; ANDRADE NETO, C.O.; MELO, H.N.S.; PEREIRA, M.G. Disposição controlada de esgotos em solo preparado com cobertura vegetal através do escoamento subsuperficial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2001. 1 CD-ROM..
- MAGESAN, G.N.; WILLIAMSON, J.C.; YEATES, G.W.; LLOYD-JONES, A.Rh. Wastewater C:N ratio effects on soil hydraulic conductivity and potential mechanisms for recovery. **Bioresource Technology**, Essex, v. 71, p. 21-27, 2000.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MAS, J.F.; RAMIREZ, I. Comparison of land use classifications obtained by visual interpretation and digital processing. **ITC Journal**, Columbia, v. 3, p. 278-283, 1996.
- MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, p. 109-115, 2008.

MILLER, G.W. Integrated concepts in water reuse: managing global water needs. **Desalination**, Amsterdam, v. 187, p. 65-75, 2006.

MILLER, G. W. Public acceptance: the greatest barrier to widespread water reuse. In: SPECIALIST CONFERENCE ON WASTEWATER RECLAMATION AND REUSE FOR SUSTAINABILITY, 6., 2007, Antwerp. **Guiding the growth of water reuse**. Antwerp: IWA, 2007.1 CD-ROM.

MOHAMMAD, M.J.; MAZAHREH, N. Changes in soil fertility parameters in response to irrigation of forage crops with secondary treated wastewater. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 34, p. 1281-1294, 2003.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa: UFV, 2005. 320 p.

MOTA, S. **Reúso de águas: a experiência da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza: UFC, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, 2000. 276 p.

NANCARROW, B. E.; LEVISTON, Z.; PO, M. What drives communities' decisions and behaviours in the reuse of wastewater. In: SPECIALIST CONFERENCE ON WASTEWATER RECLAMATION AND REUSE FOR SUSTAINABILITY, 6., 2007, Antwerp. **Guiding the growth of water reuse**. Antwerp: IWA, 2007.1CD-ROM.

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. (Ed.). **Produção da cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.133-146.

PALMER, M; BERNHARDT, E; CHORNESKY, E. Ecology for a crowded planet. **Science**, Washington, v. 304, p. 1251-1252, 2004.

PAGANINI, W.S. **Disposição de esgotos no solo: escoamento à superfície**. 2. ed. São Paulo: Fundo Editorial da AESABESP, 1997. 232 p.

PATTERSON, K.O.; JENSEN J. R. **Development of improved image classification algorithms to extract quantitative urban land use/ land cover information from high spatial resolution digital imagery**. Enschede: Rem, 1998. 314 p.

PESCOD, M.B **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome: FAO, 1992. 125 p. (Irrigation and Drainage Paper, 47).

PIVELI, R.P.; DORIA, M.C Condições operacionais de sistema de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização em Lins/SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Joinville. **Anais...** Joinville: ABES, 2003.1 CD-ROM.

POSTEL, S.; VICKERS, A. Incrementando a produtividade hídrica. In: HALWEIL, B.; MASTNY, L. **Estado do mundo, 2004: estado do consumo e o consumo sustentável**. Salvador: Uma Ed, 2004. p. 55-78.

POSTEL, S.L.; DAILY, G.C.; EHRLICH, P.R. Human appropriation of renewable fresh water. **Science**, Washington, v. 271, p. 785-788, 1996.

QUIN, B.F.; WOODS, P.H. Surface irrigation of pasture with treated sewage effluent. I. Nutrient status of soil and pastures. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 21, p. 419-426, 1978.

RAMIREZ-FUENTES, E.; LUCHO-CONSTANTINO, C.; ESCAMILLA-SILVA, E.; DENDOOVEN, L. Characteristics, and carbon and nitrogen dynamics in soil irrigated for different lengths of time. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 85, p. 179-187, 2002.

RATTAN, R.K.; DATTA, S.P.; CHHONKAR, P.K.; SURIBABU, K.; SINGH, A.K. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater: a case study. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 109, p. 310-322, 2005.

SANTOS, A.P.R. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades químicas e físicas de um argissolo vermelho distrófico cultivado com capim-Tifton 85**. 2004. 79 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SANTOS, M. L. F. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Petrópolis: Sermograf, 2006. 224 p.

SCHIPPER, L.A.; WILLIAMSON, J.C.; KETTLES, H.A; SPEIR, T.W. Impact of landapplied tertiary-treated effluent on soil biochemical properties. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 25, p.1073-1077, 1996.

SEGARRA, E.; DARWISH, M.R.; ETHRIDGE, D.E. Returns to municipalities from integrating crop production with wastewater disposal. **Resources, Conservation & Recycling**, Amsterdam, v. 17, p. 97-107, 1996.

SMETHURST, P.J. Soil solution and other soil analyses as indicators of nutrient supply: a review. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 138, p. 397-411, 2000.

STEWART, H.T.L.; HOPMANS, P.; FLINN, D.W. Nutrient accumulation in trees and soil following irrigation with municipal effluent in Australia. **Environmental Pollution**, London, v. 63, p. 155-177, 1990.

TAL, A. Seeking sustainability: Israel's evolving water management strategy. **Science**, Washington, v. 313, p.1081-1084, 2006.

TILMAN, D.; CASSMAN, K.G.; MATSON, P.A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, London, v. 418, p. 671-677, 2002.

TOLEDO, A.M.A. **Evolução espaço-temporal da estrutura da paisagem e sua influencia na composição química das águas superficiais dos ribeirões Piracicamirim e Cabras (SP)**. 2001. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

TOZE, S. Reuse of effluent water: benefits and risks. **Agricultural and Water Management**, Amsterdam, v. 80, p. 147-159, 2006.

TRENTIN, C.V. **Diagnóstico voltado ao planejamento do uso de águas residuárias para irrigação nos cinturões verdes da região de Curitiba-PR**. 2005. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2005.

TRIGUEIRO, A. **Mundo sustentável**. São Paulo: Globo, 2005. 302 p.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. Belo Horizonte: UFMG, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995. 243 p.

WANG, Z.; CHANG, A.C.; WU, L.; CROWLEY, D. Assessing the soil quality of long-term reclaimed wastewater-irrigated cropland. **Geoderma**, Amsterdam, v.114, p.261-278, 2003.

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N.O.; QUAGGIO, J.A. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p. 263-273. (IAC. Boletim Técnico, 100).

**ANEXOS**

Anexo A: Roteiro de Entrevistas aplicado aos proprietários agrícolas do município de Lins.

**Roteiro de entrevistas aplicado aos agricultores do município de Lins para verificar a aceitação do efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) para irrigação de culturas levantando os fatores que ocasionariam a reprovação do uso.**

- Sobre a propriedade
  1. O que cultiva na propriedade?
  2. Qual é o Tamanho da propriedade?
  3. Utiliza algum sistema de irrigação?
  4. Utiliza ou já utilizou resíduos para adubação, reforma de solo, etc?
  
- Sobre o EETE
  1. Já ouviu falar da prática de irrigação com água (efluente) proveniente de estação de tratamento de esgoto?
  2. Sabe qual é a composição do EETE?
  3. Apontaria que tipo de restrição ou problemas para o uso de EETE para irrigação de culturas?
  4. Qual a sua opinião com relação à prática?
  5. Utilizaria o EETE?

Anexo B: Respostas fornecidas pelos agricultores do município de Lins.

## **Entrevistas com Agricultores do Município de Lins**

### **1. K. N.: Vice presidente da Cooperativa Agrícola de Lins.**

**Data: 10/07/2007**

#### **Horário**

**Início: 14:00**

**Término: 15:15**

Efluente: Saída mais eficaz e econômica. EUA não coloca as questões ambientais acima da produtividade.

Uso deve ser destinado a grandes produtores de LINS.

Bactérias persistentes no nosso clima, que não tem em outras regiões do mundo (EPI).

Enfatizou que o uso deve ser para a cana e culturas que possam ser processadas. “Cujas culturas não haja problemas posteriores...”

André Junqueira poderá destinar uma área para o uso do EETE porque é alguém preocupado com meio ambiente.

Destinação do solo é melhor do que no rio.

Transporte como problemático e somente para os grandes proprietários do entorno da área experimental. Ricos e sem problemas para usar.

Problemática de transporte: para as futuras estações, planejadas, não será um problema.

200 há de destino para cana é pouca área e pode ser utilizado.

Custo apontou o filtro do EETE para gotejamento.

Para minimizar o custo, acha que deveria ser por aspersão comum (canhão, macro aspersão).

Veranico prejudica o cultivo devido o excesso de calor, durante a seca, que pode ser até 60 dias sem umidade, a cultura não sofre devido ao baixo calor.

Se a área for mecanizada, o custo com EPI é eliminado.

Custo com gotejador é alto (manutenção).

Acha que deve ser encontradas alternativas para redução de custos da prática.

Dívidas e demais preocupações não deixam os agricultores se preocuparem com as questões ambientais, apesar da boa vontade. “Agricultor quer fazer o bem” “Meio ambiente não é só para a zona rural” Estradas na margem do córrego do campestre e cobram APP da zona rural.

Atritos com a prefeitura e os demais interesses urbanos.

CLT: muitos impostos com os funcionários, dificultam ainda mais para os agricultores.

Revolta da zona rural pelos investimentos na área urbana.

Lins era predominante em leite e café e agora é só cana e pastagem(passando a cana).

Propriedade era de cereais e agora arrendada para cana.

Agricultores que arrendaram a terra se acomodaram e não estão bem por falta de administração de seu próprio dinheiro.

Se tivesse oportunidade utilizaria o efluente sem dúvidas.

Restrições demais para a liberação do uso. Exemplificou com o rio mississipi que é contaminado com matéria orgânica.

Se tiver contaminantes uma solução é reduzir a dose.

Cana é uma planta com ótimo sistema radicular que absorve melhor o nitrogênio do que o capim. “Precisa ver se é verdade!”.

Bambu seria uma boa cultura para não lixiviar nitrato mas não tem valor comercial aqui.

Citros tem limitações devido ao uso de EPI.

Seringueira pode ser viável, raízes profundas.

Horticulturas o risco é alto para alimentação, portanto inviável.

Para café é possível, mas com mecanização, sem contato do funcionário com o café, que será processado (torrado).

Preocupação com metal pesado.

Bertin, ta começando a se preocupar com seus resíduos, mas com aqueles fáceis de serem corrigidos e menos nocivos ao meio ambiente.

Limitação do uso da área. Agricultor deve estar ciente disso.

## **2. P.B.: Ex-secretário da agricultura.**

**Data: 10/07/2007**

### **Horário**

**Início: 15:20**

**Término: 16:00**

Transporte é o principal fator de não uso.

Pinhão manso é bom para o biodiesel e pode ser usado com EETE.

Universidade, muita pesquisa e pouca prática.

Essas culturas irrigadas não podem ir pra consumo direto.

Preocupado com o quanto será capaz de economizar com insumos.

Perguntou: quanto de nitrogênio tem?

Necessidade de comparação entre os efluentes de outros lugares com o Brasil.

Trabalhar com modelagem para agilizar os prognósticos de uso de EETE no ambiente.

Sabesp: como é uma quase empresa, ela irá querer lucrar sobre o nitrogênio do efluente. Ele acredita que a Sabesp levará em conta as externalidade negativas (elaboração de projetos, implantação de sistemas de irrigação, monitoramento, transporte do resíduo, etc...) mas mesmo assim vai querer lucrar. “Sabesp é 4..,00% privado e 5..,00% estadual...” Visará o lucro. Não terá concorrência com esse tipo de produto, só os fertilizantes químicos.

Não ter metal pesado é um fator positivo a se usar o EETE.

### 3. C. J.: Diretor da Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada.

**Data: 11/07/2007**

**Horário**

**Início: 10:00**

**Término: 11:00**

Proprietário rural de cana (Pouco) e de áreas com pastagem (Predominantemente).

Pequeno a médio produtor em Lins.

Acha uma situação complicada o uso do EETE devido a procedência da água. Pode haver rejeição por parte dos proprietários.

Aceitaria o uso para pastagem mas respeitando os limites estabelecidos para áreas residenciais e poços artesianos.

Hoje em dia não se aceita desperdícios por isso a pesquisa é válida em termos econômicos, sociais e ambientais.

Não acredita ser possível uma conscientização de forma a sobrepor o ganho ambiental acima do ganho econômico. Pensariam mais em termos econômicos.

Por que não usar na cana?

A cana é mais complicada para usar aspersão e o gotejamento é muito caro. Mas talvez pudesse ser usado em plantio novo e em veranico. Seria mais prático usar para a pastagem. Esta sendo muito difundida a prática de irrigação para a pastagem, que pode aumentar demais o uso e água. Viável por poder usar por aspersão.

Pequeno e médio produtor deveria ser subsidiado por alguma entidade pública ou até mesmo a sabesp. O grande produtor aceitaria arcar com as externalidades negativas da prática se o ganho econômico for certo (balanço positivo).

Vê a limitação da terra como uma questão séria, não deve ser aplicada a áreas muito próximas a área urbana pelo descontrole do crescimento urbano. Longe da área das lagoas (3 km) mesmo que mais custoso.

Concordou com o planejamento da construção das novas estações de tratamento mais próximas dos usuários.

Concorda com a pressão das questões ambientais voltadas ao meio rural. “Parece que tudo acontece por causa do meio rural... o meio rural aparece como vilão...”.

Mesmo que economicamente viável, muita gente veria com muita restrição. Seriam naturalmente contrárias. “Você nadaria num rio que recebe grande carga de efluente mesmo que falem que a água está com uma boa qualidade??” É natural ser restrito.

Funcionários que não são familiares. Moram na propriedade. Acredita que quanto mais simples menos restrição ao uso (mais permissivo). Quanto maior o grau de cultura mais crítico é.

Apesar de todos os problemas o estudo vale a pena. Não dá pra despejar no rio mas deve ser muito bem estudado antes de dispor no solo. Pra deixar mais claro e mais seguro pq tem razões econômicas interessante.

A prática deve ser muito bem normatizada, com roteiro de normas claras e seguras. Com órgãos encarregados de fiscalização, por exemplo a Sabesp. Pq não é uma irrigação comum.

Aceitaria usar desde que os estudos tivessem bem evoluídos. Poderia ser liberado em uso gradual.

Não vê problemas na demora da pesquisa.

Não deve ser pensado em somente ganhos econômicos, pois os demais estudos evitam que catástrofes maiores aconteçam.

#### **4. C. R. P.: Consultor de suprimentos de matéria prima - EQUIPAV.**

**Data: 11/07/2007**

##### **Horário**

**Início: 14:30**

**Término: 16:30**

Acha que o pessoal usaria se tivesse mais parâmetros de custos e quanto aumentam de produtividade.

Muita gente tem irrigado a cana com água de rio. Mas isso será reduzido pois as leis de cobrança pelo uso da água logo entrará em vigor.

Área de capim e cana, 1200 alqueires dividido entre os irmãos, compreendendo 60 alqueires de pastagem e o restante é cana. Boa parte é mecanizada, que será mecanizada futuramente.

Sobre os dados de produtividade mostrados ele comentou sobre a ATR (razão açúcar e água na cana). Pode ter aumentado a produtividade, mas pode ter diluído o teor de açúcar na planta.

Importante a planta ser submetida a um stress hídrico e climático para proporcionar seu amadurecimento. Pode elevar a produtividade e a ATR, mas aumenta a cct (corte carregamento e transporte) em 20% (exemplo).

Na propriedade a cana não é irrigada, mas que a usina irriga com gotejamento.

A prática do reuso é interessante, mas precisa ver a viabilidade econômica e os custos envolvidos.

Não adianta 100 pequenos proprietários pegarem e os outros ficarem sem.

Para incentivar o produtor nessa prática ele precisa ganhar. Ver lucro. Não é todo mundo que vai pensar nos impactos no meio ambiente e que esse efluente foi deixado de jogar no rio.

Ele implantou aquecedor solar pelo benefício ambiental, mesmo que não economicamente viável.

A cana irrigada com o EETE deve ter um valor agregado por aliviar um problema ambiental no município e aliviar o recurso hídrico.

Acredita que a pesquisa tem que ser estudada por cinco anos. Ciclo da cana é longo e deve ser estudado em todo esse ciclo.

As pessoas tem facilidade em aceitar (mudar a opinião) o que os órgãos públicos mostram para a sociedade.

Não veria restrição em usar o EETE. Possui na propriedade fossas sépticas (EMBRAPA) que são destinadas ao cultivo do pomar.

Pensa que vai ser viável e muita gente usará, principalmente os grandes produtores. Os pequenos necessitariam de ajuda de terceiros (Abrir novos mercados na cadeia de distribuição do EETE).

Sistemas de irrigação é caro e concorda que precisa de treinamento dos funcionários.

Preocupação com coliformes fecais.

Produtores poderiam exigir parâmetros como redução de coliformes, e regularidade nas concentrações de nitrogênio. Tem que haver normatização.

Já foi mais difícil a conscientização ambiental e que hj a mudança de comportamento é mais rápida do que se pensa, mas acredita que enquanto não doer no bolso ninguém fará nada (acomodação).

Com relação a zona rural arcar com a externalidade do meio urbano ele acha que não se deve ter esse tipo de pensamento. A população rural pode aproveitar o resíduo e pronto!!

Quanto a limitação do uso da área ele acha que deve ser em grandes áreas, em culturas de ciclo longo e onde não há variações de culturas.

Trabalhadores, possuidores ou funcionários podem atribuir doenças a prática do uso.

A Sabesp tem o papel de preparar e informar a os agricultores.

Sugeriu conversar com a Equipav.

Deveria pegar de imediato uma usina como modelo. Saída para eliminar o problema da sabesp. Com efluente dutos para o local (capaz de atender a oferta de efluente gerado).

A usina é bem indicada para arcar com o uso pois tem área, dinheiro, equipamentos e necessidade de resíduos que atendam as demanda de irrigação.

Idéia é boa, será bem aceita, mas devem ser mostrados os prós e os contras.

Proximidade baratearia os custos.

As usinas não compram somente idéias lucrativas. O marketing conta e pode fazer uma propaganda positiva da usina (diferencial no preço). A usina levará em conta a redução do impacto ambiental não só pensa no lucro.

A usina tem cursos e setores de meio ambiente.

Em Lins haverá uma mudança no clima com o crescimento do cultivo de cana. Aumentará a chuva, o seqüestro de carbono, e que as usinas estão preocupadas com essa mudança climática.

Acha que a sabesp deve mostrar que o impacto ambiental da disposição no solo é melhor que a disposição no rio.

Cana consome muita água.

80% da cana crua é colhida por via mecanizada. 20% é queimado.

Uso de EETE longe de área habitada é melhor.

## 5. H. T.

**Data: 11/07/2007**

**Horário**

**Início: 17:00**

**Término: 18:20**

É produtor rural de horticultura e cana.

A propriedade tem 70 alqueires, com 12 alqueires são pra fornecer para usina. Uma parte é arrendada.

Em franca viu estudos de lodo de esgoto em café.

Acha que deve ser usado por propriedades próximas da estação. De 20 a 30 km não é viável.

Deve se analisar a quantidade que se ganha com nutrientes compensa os gastos. O tanque de chorume (trator) é uma forma de irrigação de cana.

Os custos de transporte poderiam ser arcados pela sabesp ou prefeitura.

Capim mais verde a jusante do rio campestre, o que deu uma impressão positiva do efluente para ele.

O gado consome esse capim verde a jusante do rio campestre.

O cheiro da lagoa melhorou bastante.

Lins ta havendo uma diminuição das nascentes, mesmo com o trabalho de micro-bacias.

Há a necessidade perfuração de poços artesianos. Antes irrigava com água do rio as agora usa poço comum pq diminuiu a vazão do rio.

Não irrigam a cana só a parte da horticultura.

Quer consumir a vinhaça da usina. A usina destina gratuitamente a vinhaça mas não para fornecedores. Mesmo com a vinhaça precisa usar fertilizante mas a vinhaça é interessante.

Se formasse talhões próximas a sabesp seria mais interessante (captar e destinar a áreas próximas).

Dois funcionários na propriedade dele. A colheita é feita pela usina.

A usina paga 30% do cct, sobre a produção. O preparo da lavoura é feita por ele.

A usina ajuda porque não tem condição de tocar sozinho. Redução de vários custos.

Primeiro corte não é mecanizado por causa das raízes da cana.

Usam a queima na colheita manual.

Colheita mecanizada é de 80% pela usina, o que gera o problema social de desemprego.

150 pessoas cortam 3 alqueires em um dia.

Cana deles é grande: variedade e solo bom.

Prática de subsolagem é necessária, eles fazem.

Usam adubo formulado com boro e zinco. Se o gesso não for bem usado pode lixiviar N.

Se juntou com mais agricultores para cultivar a cana em glebas redondas que ocupam a propriedade de todos do grupo. Dividem o lucro por porcentagem.

Ser fornecedor é mais lucrativo do que arrendar.

Preço da cana é baseado em ATR. Houve uma diminuição no valor do ATR. Grande oferta de cana.

Acha bom o uso do efluente mas não com hortaliças, mas bom com cana, café e pastagem.

Muitos do município de Guaiçara estão aceitando os resíduos da BRACOL, resíduo de curtume.

Tinha sistema de irrigação mas vendeu pq mudou o foco de plantio.

Depende do raio de transporte o resíduo vale a pena, mais que um Km não a pena.

Conforme a cultura tb é inviável.

O balanço econômico sendo positivo, independente da distância, vale a pena.

A necessidade de acompanhamento de um agrônomo (resíduo BRACOL).

Demonstrou preocupação com compostos poluentes no EETE, como detergente e óleos.

## 6. M. M.

**Data: 12/07/2007**

**Horário**

**Início: 10:00**

**Término: 12:00**

Acha que quem tem esclarecimento sobre o meio ambiente usaria o efluente. Exemplificou com destinação das podas de árvore.

Ele mesmo separa o plástico e alumínio para ser reciclado. Pouca coisa ele queima (papel higiênico), e na propriedade dele ele utilizava esterco de carneiro e galinha.

A propriedade dele ta localizada na microbacia do campestre e tem um programa (associação, da qual ele é presidente), que incentiva o plantio direto e ganharam máquinas (roçadeiras) e computadores.

Participa de um programa turístico que engloba a propriedade dele e dos três associados. Não há mais participantes porque há muita dificuldade dos demais em aceitarem modernidades.

Projeto Mandala foi sugerido para ele fazer por incentivo de um amigo.

Na propriedade ele tem frutas (uva, maracujá, açaí, laranja, limão, etec...), hortaliças, mel, galinhas\frangos e carneiros.

Agricultura orgânica é mais difícil de ser instalada pois deveria ser próximo de matas, aumentando a biodiversidade que acabam atacando as pragas. A uva para agricultura orgânica funga se não colocar fungicida. Ele coloca fungicida na uva da propriedade.

A hortaliça é orgânica, só aplica calcário e uma pequena adubação mineral antes do cultivo (sistemas de irrigação).

Vendia a estrutura das parreiras de uva para que as crianças das famílias (geralmente ricas) colhessem. Ele comprava e revendia racionado o fungicida para as famílias.

Ele acha que a gestão ambiental é a profissão do futuro.

Quanto ao uso do efluente, ele acha que as pessoas próximas da lagoa seria melhor, pelo custo de transporte. Na dele é inviável pq é longe.

Deve ser usado para culturas tipo pastagem, cana, etc.

A fossa séptica não pode ser instalada na propriedade pq os encanamentos unem os resíduos provenientes das pias e banheiros.

Meio ambiente, se todos cooperarem o mundo melhora.

Fizeram vários cursos através do programa de microbacias, um deles era a metodologia dos 5s's. Mas que percebe uma resistência dos agricultores (acham que devem cultivar como os pais) como o caso de um dos vizinhos que diz já saber de tudo (Vaca de leite).

Sandra perguntou sobre o efluente e sobre o transporte. Se o agricultor tiver que buscar ela acha inviável.

Apontaram como saída aplicar nas grandes propriedades. Nomes que poderiam usar: Valdir Junqueira, equipav. Para esses seria viável e minimizaria o problema da sabesp.

Não vê aversão quanto ao uso de um resíduo proveniente de esgoto doméstico (tem conhecimento de fossas sépticas).

Acha que tem que ser bem analisado e se precisar tem que corrigir com insumos agrícolas.

Acha q a sabesp deveria vender, já a Sandra acha que não deveria vender, e se vender a população não aceitará.

A maioria que tem em Lins são pequenos proprietários.

Com o balanço econômico positivo ele acha que sim, todos usariam. Ele acha certo que se converse com as grandes usinas.(equipav e bertim)

Pros pequenos sempre tudo é mais difícil, os grandes tem mais estrutura para usar.

Ninguém deve usar para a horticultura. Usar para cana e pasto. Cana vai virar álcool e ninguém vai questionar.

Sandra acha que não teria boa aceitação pq é de esgoto.

Moacir diz que a agricultura está inviável, praticamente todos estão pagando para trabalhar. Arrendar é uma boa saída.

Ele só consegue manter a propriedade pq ele ganha a aposentadoria e a esposa é funcionária pública, além de ser um hobby e pela melhor qualidade de vida.

Moram lá e não dependem da renda da terra para viver.

A área tem 15.000 metros, não chega a 1 alqueire.

Fazenda acima de 100 alqueires é grande.

Foi feito o PIP (Programa Individual de Propriedade), levantamento de tudo o que tem na propriedade (área de cultivo, de área de manancial, área de pastagem). O pip foi essencial para a associação.

Atualmente estão obrigando a plantar mata ciliar. As leis deveriam ser mais rígidas. Os proprietários só pensam em desmatar e não repõe nada. Essa reposição vai fazer parte do código florestal.

Preocupação ambiental é maior na zona rural. O lixo encontrado nas estradas é da zona urbana. Que cada um da zona rural destina seu próprio lixo.

O agricultor é mais penalizado e mais cobrado. Os órgão vem em cima e multam mesmo.

Árvore que caiu na casa de um morador e não pode tirar sem acionar a polícia ambiental.

Na construção da unidade do bertim eles derrubaram tudo, grande empresa a lei não se aplica.

Bertim canalizou água quente, que tinha sido liberado pelo município para construção de um balneário termal, mas foi desviado para o frigorífico. Predomina interesses econômicos e políticos.

Bertim produz biodiesel. Lula veio visitar.

Se bertim quebrar, Lins e a vizinhança quebra tb.

Acha que o uso é possível para pasto, cana, laranja e seringueira.

Para pequeno produtor é inviável pq a maioria deles cultivam alimentos que são consumidos rápidos. Acha que os pequenos não iam se conscientizar dos problemas da aplicação e iriam jogar o EETE nas hortaliças.

Quer trabalhar com a parte de erva, tempero e alface (atração turística).

## 7. O. L.

**Data: 12/07/2007**

### **Horário**

**Início: 14:10**

**Término: 15:25**

Pecuarista.

Sobre o efluente, ele teve preocupação com o transporte, indicando que a Sabep possa arcar com essa despesa.

Não possui cultura nenhuma mas arrendou uma parte para a Equipav, mas usa para pasto pois a usina ainda não mexeu a área.

Eles fazem pasto rotacionado com a dubação química. O Veterinário que cuida da nutrição animal.

Como trabalha com venda de embriões e melhoramento genético não usa resíduos na propriedade (não precisa). No entanto existem técnicas que recolhem o esterco e o chorume dos resíduos animais para uso no pasto, de fazendas que criam gado para corte e leite. A bertim faz esse sistema de captação e pode ser usado para ganhos com crédito de carbono.

Acha que a pecuária e a agricultura no Brasil é muito atrasada. Ou se moderniza ou fica pra trás. Antes Lins era a segunda maior bacia leiteira do estado e haviam áreas com agricultura intensa (melão, tomate, etc..), hj tudo está tomado pela cana.

Pastagem geralmente não são irrigadas. Não vale a pena. Sabia somente uma propriedade, mas já não é mais utilizada.

O capim cresce a base de adubo somente. O feno ele compra em Uberaba.

A cultura do feno deve ser irrigada para viabilizar a produção. Ele aceitaria o feno irrigado com o efluente. Disse: “Primeiro que eu nem iria saber”, o produtor iria produzir o feno e ele só iria verificar se ele é bom. (Torce o feno para saber se é quebradiço). Sendo o feno de boa qualidade não interessa a irrigação. (feno: fibra para a alimentação animal). Disse aceitar de “tudo que é uma tecnologia bem feita” (quando falado de consumo de laranja irrigada). Se é através de órgãos sérios com realização de pesquisa, tudo bem. Aceitaria a laranja para consumo até mais que se fosse com adubo químico. Acha que o EETE é algo que vai voltar a natureza e deve ser bem aceito. Entre a laranja com adubo químico e com efluente, ele preferiria a com EETE. Acha que o uso do efluente sem análise é um absurdo, mas com estudo sério e controle, não há problema.

A 40 anos atrás a fazenda tinha fossas sépticas que captavam biogás para geração de energia elétrica. (gás proveniente de resíduos de porcos). Quando falado das fossas sépticas ele disse que as pessoas tem que entender que tem que mudar o pensamento, não é porque sempre se usou algo não vai se mudar para uma nova. Projetos tb são necessários para adubação química assim como para o uso do EETE. Partindo do princípio que o custo é proporcional a distância, a prática deveria ser com pequenos produtores ao redor (um cinturão que possa fornecer o produto, para depois expandir a prática). Se começar com os grandes fica difícil quebrar o pensamento (ex: cadeias de fornecedores). Se mostrar o efeito para os pequenos o grande vai se interessar. Para os pequenos ele acha que a sabesp tem que dar assistência com o mínimo de custo e com o tempo ela veria se poderia ganhar com a comercialização do EETE. Ex: 50 pequenos proprietários de Lins passaria a idéia para os outros. Deve começar com aquele que vive da terra.

A pesquisa é revolucionária na medida que vai se usar um produto mal visto. Se trabalhar tecnologicamente nas pequenas propriedades, a prática vai se difundir. Não vê problemas do campo assumir as externalidades do meio urbano. Não vê problemas a curto prazo, mas com o tempo sempre aparecem oportunistas. Apenas mostrar que a prática é boa. Só de falar EFLUENTE (poder da palavra) por desconhecimento já pode ter boa impressão. E também usar marketing em cima do efluente. Hj tudo consegue ser vendido. Acha que deve ser um programa social e ambiental, sem lucratividade para formar consciência ambiental, embora venha a se ganhar futuramente com a prática. O meio rural sofre com o medo de perder a propriedade. Os governos usam palavreados assustadores. Agricultores tem medo de multas. Meio rural é mais arisco que o urbano. Não aceita tanta coisa. Meio urbano é mais acostumado com taxas, polícia e que tudo isso assusta o meio rural. As políticas devem ser implementadas aos poucos com bastante tato (flexibilidade de custo). Devem chamar os agricultores para conversar. O efluente não pode ser de graça, pois impossibilita cobrança no futuro. Bancos são mais maleáveis e o programa deve ser igual, para facilitar aceitação. Sobre compostos endógenos: Pode ocorrer com o efluente. A pesquisa pode ser séria mas nunca vai ter 100% de acerto. Não ficaria preocupado se um caso visse a acontecer. Esse caso deveria ser verificado mas não vê alarme nisso. Concordou com a exposição desses compostos aqueles a juzante no rio. Estariam sem proteção pela falta de controle do resíduo. Não importa quanto custa a pesquisa. Ela tem que ser bem feita e se ter total conhecimento da prática.

Sabesp teria razão em cobrar? “Pergunta difícil pois esse é um problema governamental, mas tem medo de que se não cobrar o resíduo pode ser indevidamente usado”. Tem que ser um custo de pesquisa e não um custo comercial. Não repassar (vender) o produto e sim a tecnologia.

A Sabesp deveria pagar a Cetesb. Seria fornecedora e financiadora. E a cetesb ampliaria a rede de distribuição.

Uso de algo inútil que deixará de trazer malefícios para promover benefícios.

Frisou muito a pesquisa séria!!! Bem intencionada.

## 8. L. A.

**Data: 28/08/2007**

### **Horário**

**Início:14:10**

**Término: 15:00**

Histórico da iniciativa em estudar a viabilidade de uso de efluente na agricultura: Ver a reportagem do diário oficial do estado. Foi uma reportagem in loco sabesp e usp e parceiros como a equipav.

O interesse em dispor o EETE saiu da influencia da prática internacional. Se la fora sefaz, pq não fazer aqui. Idéia do Roche Pivelli.

O intuito foi conseguir dados para compor a legislação brasileira a partir dos dados colhidos nesses 6 anos de pesquisa.

Mesmo que o esgoto tenha 85% de remoção de carga orgânica ainda é prejudicial, os 15% que vão para o rio. O estudo é importante para mostrar que a prática não faz mal ao meio ambiente.

Não leu a norma técnica e que a cetesb ainda está fechando-a. Antes não havia nada e agora ela está em andamento.

A sabesp espera que a cetesb possa aprovar a instrução técnica. Para que possa haver um planejamento, para que futuras ETE sejam construídas próximas ao usuário de efluente.

Acha que em Lins é inviável devido ao uso de transporte rodoviário para a distribuição. Só é viável para agricultores vizinhos da área.

Na opinião dele, a SABESP facilitaria com investimentos e parcerias com agricultores. “Deveria fazer! Não teria cobranças. Deveria haver mais parcerias. Além de tratar o esgoto a empresa deve estar preocupada com o meio ambiente. A SABESP estará ganhando não jogando no rio. Ela deve estar junto com o agricultor. A mesma não cobrará pelo efluente.

Em Franca a estação de tratamento produz lodo (ele não lembrava qual era o sistema de tratamento). O lodo já é comercializado. Ele tem um rótulo. Era usado em plantação de café e em valas. O lodo era comercializado para custear o tratamento de esgoto da estação. Por Lins possuir o sistema de lagoas australiano, não haveria porque a sabesp cobrar pelo uso do resíduo. Mesmo porque a sabesp já estará ganhando não poluindo o meio ambiente. Ela iria economizar milhões com conservação de lagoas(?não sei se está certo?). E que ela não precisaria um dia fazer o tratamento terciário. A Sabesp deveria ajudar no projeto, nas orientações técnicas, sendo parceiro

facilitador. Não ajuda em transporte, mas sim suporte técnico e acompanhamento. O projeto também é um risco para a sabesp caso ocorra problemas. Fazer um acompanhamento junto com órgãos fiscalizadores.

Trabalho com leite, e uso a cana e capim para a alimentação do gado. A cana é um volumoso indicado para o gado de leite, capaz de substituir a silagem de milho.

Sou favorável a práticas de reuso, porque são bens necessários a nação, e pela escassez de líquido (água).

Tem que ter leis nossas porque lá fora já se usa.

Toda a água de lavagem do curral vai para uma caixa, e volta para a terra. Não tenho dados do que tem mas sei que é rico em matéria orgânica e que tem nutrientes lá. Essa água de lavagem vai por gravidade para o tanque e bombeia até um caminhão. Faço isso porque a locomoção é pequena, senão ficaria caro.

Conheço o sistema de fossas sépticas da embrapa.”

Citou o André Junqueira como um dos interessados.

“Agora a área dele ta virando cana.

Utilizaria o efluente em sua propriedade. Sem restrições. Existe preconceito com a estação de tratamento de esgoto. Em Jales, por exemplo, a área da estação é toda arborizada, um cartão postal da cidade. As noivas vão tirar fotos na ETE.

A pessoa quando pensa em efluente, estação de tratamento, ela já pensa o pior. Tem limitações, mas não é tanto assim. Não é ruim.

Tem que haver quebra de paradigmas. Daí a pessoa vê que o resultado é bom. Ajudando o meio ambiente. Suprindo parte hídrica e fertilizante.

Bertim e Bracol jogam na terra os resíduos. Esses tem aspecto feio. Acho que não tem metal pesado nesse resíduo. Não sei se tem grandes estudos em cima desses resíduos mas acho que existe licença da cetesb, porque eles levam os resíduos de caminhões para outros lugares.

Não deveria ser priorizado nenhum tipo de produtor (médio, pequeno e grande). Deveria ser destinado a quem tiver interesse, em função da cultura e não do tipo de produtor.

Do ano passado para esse mudou muito. Agora tem mais cana. Que ocupam as melhores terras e melhores localizados. A cana influencia em áreas de cultura extensiva (Ocupa). Perspectiva de arrendamento de terra. Usina sendo implantada.

Toda monocultura é preocupante. Qualquer coisa que aconteça acaba coma a região. (Usou o exemplo da história da região: Café – Leite – Cana).

Muitos que iriam aprender a trabalhar na terra não vão mais (crítica sobre arrendamento). Se precisarem voltar pra terra não estarão adaptados.

Os outros países são preocupados com o Brasil (com o potencial).O Brasil tem o maior rebanho do mundo. E o sebo de gado utilizado como alternativa para o biodiesel. Lula veio aqui para Lins para a inauguração da usina.

Acredito que o pessoal está aberto a utilizar o efluente em comparação aos outros insumos. Pessoal voltado a preservação do ambiente. Os jovens são mais abertos. Mas, economicamente, a questão do transporte ainda é preocupante.

Os demais compostos existentes no efluente não preocupa, porque não tem como medir. Se hj diz que não há perigo. Por isso as pesquisas são longas e minuciosas. Confia na instituição.

Usp vem atendendo as expectativas.

No rio, logo abaixo usa para irrigar (água a jusante da emissão de EETE).

Esgotos a céu aberto (ainda existem).

Crianças brincando (sensacionalista).

Ainda a ignorância é grande. Não é divulgado. A ETE já tem a 8 anos e tem gente que ainda não a conhece. Não sabe para onde o esgoto vai.

Antes tinha um programa todo mês, com escolas para visitas a ETE. As crianças conhecem mais do que os adultos.

Acho que não teria conflitos (meio rural comprar externalidade urbana). O produtor que estiver ganhando com produtividade estará satisfeito.

Sou favorável ao uso no citros, mas tenho receio, de uso de EETE em culturas como o tomate, mais pela colheita e manipulação.

## **9. A. R.: Técnico Químico. Empresário.**

### **Horário**

**Início:16:45**

**Término: 17:50**

Possui 157 ha de cana de açúcar.

Eu acho espetacular e maravilhosa a prática. Já conheço a área da sabesp. Sei do que se trata.

Chegaram a alguma conclusão de transporte? Porque torna-se viável para quem está próximo.

Sei que deve ser rico em nutrientes porque a cana teve um crescimento espetacular na área “de estudo”. Mas a grande preocupação é o transporte.

Tenho um arrendamento em Guarapiranga, que fica a 20/25 km de distância.

Fiz parte do comitê da bacia do baixo tietê, por isso tenho preocupação com a bacia.

Quero fazer teste na minha área. (expliquei sobre a quantidade e de área possivelmente irrigada)

Vai depender de como a terra está. Se ela está boa ou não. Numa propriedade próxima ao rio Dourado, a terra é boa e o consumo é menor.

Sou fã da prática. Faço consultoria para a usina Lins e equipav, e forneço para a usina Lins. Monitoro terra/fertilidade.

“Contato com Luiz Alfredo”.

A preocupação é o transporte.

(Dos custos de monitoramento.)

Não via problemas quanto a isso, porque o grande problema é o transporte. Vai ter que ter caminhão tanque.

(Expliquei da contaminação por nitrato)

Ignorava o fato de contaminação.

(Mostrei os dados de aporte de nutrientes)

No plantio da cana não há necessidade de nitrogênio. Vai ser viável no segundo ano de plantio.

E as comparações NPK? Os agricultores vão pedir essa relação!

(Expliquei sobre eficiência de irrigação, ter que adubar com fertilizante mineral, sobre contaminação do lençol freático. Que era difícil?).

É difícil! Mas quero fazer um teste. O problema é o transporte. A sabesp tem que dar pulos.

Espetacular o que tem de N e K!

(Sobre a prática)

Eu vejo com algumas restrições. Sou fã de reaproveitar. Mas tem restrições. E as pessoas que manipulam??

(Expliquei sobre EPI)

E outras culturas? E no preparo do solo? Qual a viabilidade do lodo? E se introduzisse no preparo de solo?

Usar misturado no preparo de solo e não como irrigação.

(Necessidade de Calagem para a correção de sódio)

Isso não influenciaria, porque é normal fazer a correção.

(Consumo de alimentos)

Cana eu não vejo nenhum problema, mas outras culturas...

## **10. S. R.: Empresário, sócio do A. R.**

### **Horário**

**Início: 18:00**

**Término: 18:45**

Sabia do experimento. A Sabesp tinha ido falar sobre a prática (na Agrotécnica).

Mas o agricultor de um modo geral não tem contato. Tenho consciência das dificuldades. Áreas próximas tudo bem! Poderia ser pela ação da gravidade. Não tenho a menor dúvida em produtividade em qualquer cultura.

O pessoal terá receio no manuseio. Tanto que não pode ser usado na horticultura.

Como seria transportado para áreas agrícolas de fato?

(Mostrei dados, aumento de produtividade de cana).

Esse aumento foi devido o efluente ou a água?? Esse é um dado fundamental. Se a água estiver a 300 m da propriedade e o efluente a tantos quilômetros. E a água ser eficiente! Porque usarei o efluente?

A Sabesp bancaria? Qual a planilha de custo? Quanto se cobra pelo tratamento de esgoto? É mais fácil pegar a água do rio!

Não podemos chamar isso de irrigação!

E quando chove eu faço o que?

Água de Israel já vem a 400 km de distância.

Isso pode ser armazenado? Contamina subsolo?

Existe estudo de quanto é de descarga (vaso sanitário)? Porque não se pensa em fazer dois esgotos em uma casa? E o de banho direto para a irrigação! Isso levaria uma redução de água na estação de tratamento de esgoto.

Na Inglaterra só se dá descarga para sólidos.

Não vejo problemas em usar água para irrigação de jardins, lavar calçada e lavar carro porque a água cíclica. Para onde ela volta? Volta para o ecossistema. A não ser custo (esse é o problema) desde que não se jogue no esgoto.

É questão de cidadania. O problema é uns usarem muito e os outros ficarem sem.

(Quanto a prática)

A minha visão é que tenha que aproveitar para culturas próximas a estação. Porque tem o custo de transporte. Seria melhor para áreas vizinhas. Porque não se faz um projeto social? Faz uma reforma agrária municipal. Pega a área próxima a estação e divide.

As cidades a montante de Lins não tratam o esgoto e Lins acaba pagando por isso.

Deve-se desenvolver projetos próximos a área, mas se a Sabesp levasse, ele aceitaria.  
 O sistema de gotejamento é caro, então eu utilizaria para preparo de solo.  
 Deve-se pensar essa prática para pastagem, seringueira, cana e café.  
 O agricultor mais sonhador, e raramente bem sucedidos, é que são favoráveis.  
 Não é função de agricultor fazer experiências. Ele tem que ser rápido e observador. Fazer experiências é função da universidade, das empresas e do governo.  
 Trabalha com terra arrendada (150 há).  
 A sabesp tem devera coletar óleo.  
 Sou preocupado com causas ambientais. As embalagens de agrotóxicos: De 22.000 toneladas por ano, não alcança 70% de recolhimento.

### **11. J. L. A. C.: Pecuarista.**

**Data: 29/08/2007**

**Horário**

**Início: 10:40**

**Término: 12:10**

Tamanho da propriedade: 100 alqueires. Trabalha mais com arrendamento.  
 Cargo no sindicato é uma doação de 2 horas por dia.  
 Pecuarista e usa a agricultura como reforma de pasto. 20 alqueires de milho por ano. Sou agricultor de fim de semana. Acho que a tendência é o pasto ser considerado agricultura. E que em outros lugares o pasto tem tratamento de agricultura.  
 Engordo boi. Dou minerais e ração.  
 No arrendamento você não tem influencia sobre adubação, calagem, etc... “caso de arrendamento sem sucesso. “Alugou” o pasto de outro agricultor, mas teve que arcar com insumos para o gado, pois a área não era boa.”  
 (Expliquei a prática)  
 Com relação a adubação com resíduo humano, tem um estudo francês com contaminação de verme no boi.  
 Para a sabesp (o efluente) é um calo, mas para o pecuarista...  
 Tem estudos? Pois para o gado? Teve contaminação de verme?  
 Se fosse em Piracicaba que é mais moderno, talvez. Mas aqui. Com esses tanques vagabundos que não tratam! Eu não teria coragem de dar para o meu boi não.  
 (Expliquei sobre a lagoa)  
 Mesmo assim piracicaba tem mais condições técnicas.  
 Antigamente eu usava cama de frango, mas foi proibido. Usei resíduo da aginomoto. Usei de milho. Porque acho que resíduo é uma matéria prima qualquer.  
 De vinte a trinta alqueires por ano eu jogo a semente do milho e do capim. Interdito o pasto, mais ou menos de agosto a setembro, fica sem gado até a colheita do milho. Depois da colheita tem gado denovo. Então não daria para usar o efluente. Mas acho que muita gente usaria.  
 Com relação ao milho: Eu uso para o gado e deposito em uma seagesp. Tiro x quilos de milho para o gado e o restante acredito que a seagesp vende para fabricas de bolacha, etc...

Acho que a prática vai dar certo.

O cara planta eucalipto, seringueira... Que diferença faz!!

Eu mesmo sou interessado. Só vou usar quando você me provar que não tem contaminação do gado. Quem não quer usar algo que aumente a produtividade?? Só se for burro ou tiver preconceito. Que aprende que onde caga não come.

Na china eles usam até para a horticultura.

Na minha opinião o fator excludente é passar algo para o gado ou ter odor muito ruim. No caso de frigorífico, o resíduo é muito bom, tem resposta fantástica em pasto, mas tem cheiro muito ruim.

Custo com fertilizante é muito alto. Que 20 a 25% de todo o custo é com fertilizante. Aproximadamente 600 reais por alqueire.

Mesmo sabendo que tem dejetos com patógenos, pode usar para eucalipto, seringueira, cana para a usina... pq não teria problema. A menos que tenha algum composto persistente.

“Desconhecia que existe uma área experimental em Lins”

Acho que a Sabesp daria até a distribuição deste resíduo. Porque ela teria que se livrar dessa merda.

Quem não quer 100 kg de nitrogênio. Acho super viável. Só aplicar em pasto vizinho a captação de água e ver se alguém beberia a água. Para mim só esbarra num problema sanitário. Tem país que usa. Por exemplo a china.

Se os riscos forem baixos, tudo bem. Senão, não quero nada que me dê problema.

Não uso mais cama de frango porque teve problemas sanitários. Mas tem gente que ainda usa. Tenho trabalhadores, família, fazenda! Não quero correr riscos com um produtos no meio da cadeia.

O resíduo lá fora é muito aproveitado. Nosso lixo tem adubo. As vezes o risco sanitário do lixo é menor.

Todo gado vai para corte.

Já trabalhei com saneamento básico. Sou engenheiro civil. Acho que deveria ser obrigatório o tratamento completo.

No Brasil é tudo o contrário, depois acaba a água, peixe, etc...

Lins é uma gota. O que não fazem com o tiete.

(Quanto a prática)

Se o rico faz é viável, senão não é.

Ajinomoto: Resíduo é líquido. Eles tem caminhos próprios para a distribuição e irrigação na propriedade. Resolveram o problema do resíduo deles.

(Efluente)

A quantidade de nitrogênio é alta. Mas tem eu ver os custos.

(Quanto ao transporte)

Besteira, transporte não é problema nenhum. Você não estará carregando resíduo. Você vai estar transportando nitrogênio. Matéria prima. Se o produto for bom, cientificamente comprovado, se tiver um tonel ali na estação, eu iria buscar. Ou então compro o caminhão e entrego para o cara. Porque o valor é inferior ao nitrogênio.

Tudo que é líquido, não precisa de pá, nem inchada... já começa com uma facilidade.

Regra número: Para mim tem que ter uma comprovação científica de que não tem risco!

(Monitoramento)

Agricultor não tem preocupação nenhuma porque não tem cultura. Não pode se exigir isso dele. Tem que ter alguma associação, como a embrapa para ter um embasamento.

O grande agricultor não perde tempo com pesquisa. Vai em busca do que está sendo usado. Por exemplo, algo como embrapa.

O limite é o custo com a uréia. Se for mexer com bosta tem que ganhar alguma coisa. Se preços iguais da uréia e do efluente, não usaria o efluente.

Na Europa, pequenas propriedades, com árvore em seu entorno, o agricultor recebe pela árvore. Ele ganha pela dedução no imposto. Tem que ganhar para deixar área para o rio. Para deixar bonitinho, com macaquinho...

Esse projeto para dar certo, tem que ter incentivo fiscal. Eu não compraria (caso de venda de efluente). O agricultor tem muito mais consciência do que muita gente acha. Só não faz porque não tem condições.

(Sabesp)

É a quinta empresa estatal em lucratividade, segundo a revista exame. Ela ganha muito dinheiro pelo que ela faz.

O projeto só dará certo se toda a sociedade pagar. Cada um fazendo a sua parte.

Obrigação da sabesp! Se ela fizesse o tratamento certo já nem precisaria disso. Ela não pode dar tanto lucro, deve investir em tratamento.

Só vai conseguir êxito se o agricultor tiver vantagem. Qualquer possibilidade de patógeno, eu não uso. Se tudo certo, eu uso.

(Consumo de produtos irrigado)

Não deve ser divulgado se o consumidor vai comer algo irrigado com merda.

Hoje o gado nem come capim. Come comida seca, toma pílula. O frigorífico limpa bucho com ácido e nem divulga. Melhor não ser divulgado. O que o consumidor tem a ver com a carne. Vai queimar a carne (no mercado)? Desde que o produto não seja comprometido, os produtos não tenham contaminação sanitária.

(Transporte)

Como transporte é caro? Uréia é caro!!

Não é carregar dejetos! É carregar matéria prima!

Como ajinomoto, de iniciativa privada, resolveu o problema? A Sabesp deve se espelhar!

100 kg de N em pasto, vou gastar 181 reais por ha. Que foi a média para esse mês, a melhor opção para o mês. Se o frete custar metade do que eu comprava, tudo bem! Senão, eu compro N na loja. Ninguém vai me condenar de usar um produto cancerígeno.

Acho que isso aí não é para pasto. O pecuarista não será inicialmente consumidor. Sóse ele precisar. Deve ir para produção de eucalipto, seringueira e cana. A vantagem do eucalipto é que ele é plantado em solo ruim.

Viabilidade da prática tem haver com o custo.

## 12. M. J. e A. M.

**Data: 29/08/2007**

**Horário**

**Início: 14:00**

**Término: 16:00**

Tamanho da propriedade: 157 alqueires e outra de 36 alqueires.

Trabalha com leite mas arrendou parte para a cana.

(Expliquei)

Ana: Porque que não chega a 100% de remoção de matéria orgânica?

Meu sobrinho, André, quer puxar direto da lagoa para irrigar pastagem. Marcio: Arrendei mais pq não dá prejuízo. Antes eu era pecuarista leiteiro e dava só prejuízo. A cana caiu bastante. Para todas as usinas é o mesmo valor. Eu, por exemplo, perdi 30% do que eu ganhava.

O porto de Santos demora para carregar de 2 a 3 dias e a economia mundial tb não está bem.

Antes a produção de leite era muito grande. Maior que 25%. Antes era café, chegou o leite e agora é cana. A tendência era diminuir o custo. Quem ta mantendo a produção de leite é a agricultura familiar e o mst.

Em promessa tem um grande assentamento. As usinas compram deles. Os assentados tem assistência técnica. O governo federal financia, e tb tem investimentos do Canadá.

O recolhimento é mais da metade do município de Lins.

Esse assentamento te mais de 600 famílias de assentados.

(Efluente)

Na recuperação de pastagem isso não pode ajudar? Acho que pode ajudar muito. Penso mais em preparo da terra.

Para a gente o custo fica alto. Tem custo de caminhão, 10 km da área. Seria em caminhão tanque.

A equipav jogava vinhoto na área de 30 alqueires deles, a área era próxima. Agora tem canos que jogam com aspersão. Não coloquei continuamente porque sela o solo.

O esterco meu, por exemplo, vc enche e joga no pasto e na cana.

To querendo adubar o pasto. Muito sitiante já ta irrigando o pasto.

A cana é encostada ao rio.

Muitas algas no Tietê.

Agricultores não vão negar usar porque tem muitos estudos. Tem que ter estudos certos para não passar doenças, exemplo, HIV.

Dependendo do pasto o leite muda o saber, a cor e o cheiro. Então, a qualidade do leite de qualidade do pasto. Usa muita uréia no canavial.

(Efluente)

A quantidade (100 kg há) não é suficiente para pagar o custo de transporte. No pasto tem que por no mínimo, 400 kg alqueire, 250 por ha, aplicando a cada 2 meses. Não pode por demais e sempre senão acumula no solo. Hj a tecnologia está favorecendo cada vez mais.

A expansão da cana vem ocorrendo.

Estoque de cana dá para o animal, um mês e pouco. Gado de leite e novilho.

Maioria é gado confinado, trazendo muitas doenças. Teve um surto em Marília. A vaca tem que andar um pouco.

A vida toda criei gado. Com o ciclo do leite, muita gente de Minas veio para cá. Na região tem muito pouco, ou quase nada, de café.

Vinhaça: A equipav fez as análises de solo e fez o controle. Esse resíduo é tóxico para a vaca, se beber muito ela morre. A vaca gosta de melaço e torta de filtro.

A torta de filtro é paga e muito cara, exportada a 800 reais a tonelada. Um pó preto que vende mais que açúcar. Usei mais não achei tão bom.

(Comercializar o efluente?)

Talvez sim. Mas não acredito que terá grande procura, pq tem preconceito. Medo de pegar doenças. Usei cama de frango durante um ano, mas dava botulismo e o governo proibiu de usar. Tudo que se usa para alimentar a vaca pode ir para o leite, antibiótico, por exemplo, se as empresas identificarem esses compostos no leite elas não compram.

Ana: Os fazendeiro deveriam ser mais orientados pelo sindicato. Pouca gente conhece a prática. Outros lugares tem assistência, mas lá (em Lins) não há mobilização do sindicato. Que os agricultores não tem subsídios nem para ler.

(Consciência ambiental para reuso)

Eu trabalho por causa de mim mesmo. Prefeitura sabe que tem que fazer. Mas há uma resistência a técnicas corretas. A lei sobre manter distancia do gado ao rio, nenhum agricultor entende o porque afastar o gado do rio. Deveria ter um esclarecimento por parte do sindicato e prefeitura, para os agricultores.

Estou fazendo reflorestamento e corredor ecológico na propriedade deles. Retirada da mata na área de turismo ambiental (área do Moacir) e assoreou o córrego do vizinho.

Eles não sabem da lei. E os que sabem, e tem muito gado não fazem mata ciliar.

Tinha que fazer projetos em sindicato, para tanto trabalhador rural quanto patronal, para esclarecimento. Os pequenos, devagar vão aceitando, mas os fazendeiros... é difícil. Se eles sabem se fazem de bobos.

Já foi difícil convencer meu marido de fazer na nossa área. (tb citou Cyro Junqueira como resistente a projetos ambientais).

Dou aulas de educação ambiental. Tive cargo de confiança na prefeitura por 10 anos.

(Favorável a pratica?)

Ana: Tenho dois rios cortando a propriedade. Sim mas tenho certos receios, como patógenos e acumulação de compostos. Não dava tempo de neutralizar ao patógenos no caso de horticultura. Os agricultores não tem orientação, não lêem.

Contatos: Gilberto Vassano (germonação de verduras e legumes, e da associação de ovinoculturas).

Lindomar Genesini (trabalha com maquinários e adubo, e cana).

### **13. A. B.**

**Data: 29/08/2007**

#### **Horário**

**Início: 17:10**

**Término: 18:40**

Formado em engenharia agrônômica, produtor e fornecedor de cana.

Tamanho da Propriedade: 1100 ha.

( explicação da prática e projeto)

“Eu acho muito interessante, não sou ignorante pra não achar, mas e a viabilidade disso aí? Transporte? Se o custo-benefício compensar lógico que eu uso, sou contra se for inviável”.

Horta já se usa esterco de vaca, carneiro, não usa? Acho muito interessante, mas qual a idéia da SABESP? (exposição da opinião do Luiz Alfredo, SABESP).

A dificuldade que eu vejo em aplicação em cana é que tem que aplicar só quando for pequena, quando grande não dá pq o sistema de gotejamento inviabilizaria. Hoje já se aduba cana com adubo líquido.

(exposição da tese do Adriel e dados da lagoa)

“A hora que a usina souber, já não chega ninguém perto, elas vão querer usar tudo”.

(problema do sódio e calagem)

Usa-se gesso na região para levar as raízes pra baixo em épocas de seca, tem raízes de 6m.

Achei interessante os dados de absorção da planta. Tem estudos a longo prazo? Eu acho o mais preocupante o sódio, o mesmo ocorre com a vinhaça, se aplicar muito tem sódio.

Sobre a prática: De um problema torna solução. Usa esterco na horta, seca e coloca.

O bom seria se tirasse os componentes da água, se tirassem o fósforo, o cálcio.

Também tem que ter parâmetro de quantidade (qto ao efluente), igual chá, o povo toma e não sabe a quantidade certa.

Foi usado correção? (Rafael disse que sim)

A idéia é interessante, se for viável eu uso.

Quando eu falo em viabilidade eu falo em modo de aplicação: como eu vou levar daqui pra lá, viabilidade econômica sobre o negócio, se for positiva.

( Supondo todos os custos igual ao custo do insumo normal. Você optaria por usar esse resíduo? ).

“É uma boa pergunta, eu vou ser sincero, tem ano que eu compro adubo com 1 ano de prazo, para mim este ( efluente) tem que ser mais vantajoso que o comum.”

É homogêneo? Varia? As quantidades? ( Rafael explicou que é homogêneo).

Rafael: pessoal respeita o código florestal?

“ Sim depois de multas, dependendo da usina, o agricultor tem mal tem dinheiro para viver, não tem dinheiro para plantar”.

O q vc acha de uma fruta irrigada?

“ comeria sim, não digo uma alface, uma rúcula. Isso( EETE), não cai no rio e depois pessoal usa, nada, come peixe??

É um orgânico, a quantidade de contaminantes é tão mínima. Muita cidade joga esgoto direto no rio, 15% que sobra não é nada de matéria orgânica.

Campestre cai no rio dourado e tomate por exemplo é irrigado com água dele.

Acho que a equipav põe uma bomba na ETE e usa tudo.

Se lá em Israel faz, aqui também faz, mas em Lins não vai ter espaço, grandes usinas usam tudo.

( é uma tendência irrigar cana?) Usina talvez, mas para mim não compensa, o sistema de irrigação é muito caro. É bom para quem tá perto. Para a usina é viável irrigar, elas chegam até o fim do produto, ganham muito.

( há queimada aqui? ) “ ainda queima sim”.

Equipav 120 alqueires por dia moendo.

Não tem logística para exportar produção, tem muita produção de álcool, excedente de produção. EUA põe taxa, já inviabiliza, no Panamá não tem taxa, se o Panamá comprar do Brasil, beleza.

Qto a prática: “Bola um jeito de tirar estes elementos da água”, acho q na Europa é possível.

Qto uso em citrus: acho interessante usar em citrus.

## 14. Equipav

**Data: 30/08/2007**

**Departamento de Gestão Ambiental: V. – engenheiro ambiental.**

**Início: 11:00**

**Término: 12:30**

O diretor agrícola me disse tenho interesse, se vocês passarem os resultados e agregar conhecimento a empresa. O que interessa para a gente não é nem resultado, se positivo ou negativo, mas sim agregar conhecimento, para ter força e apoio técnico para usar o efluente, para saber o que aconteceria daqui a 10 anos.

Temos tratamento de efluente, mas órgãos impossibilitam de jogar na agricultura, já é sabido que tem N, P, K, matéria orgânica, porque não se tem acompanhamento, talvez porque não tenha tanta pesquisa e é isso que a gente quer de vocês.

Temos o efluente industrial, fuligem, açúcar, etc. e o de esgoto.

Nosso interesse é saber passo a passo do que vocês estão fazendo, os avanços e retrocessos, vocês fazendo pesquisa e passando pra gente.

Temos canais próximos a ETE, às vezes estamos longe da vinhaça, a gente não quer cobrar, nós sabemos que essas coisas não são imediatas, leva tempo para saber. É interessante podemos usar até o nosso efluente.

(Sódio)- é o mesmo problema da vinhaça.

Vitor mostrou um plano de aplicação de vinhaça: quantidade de sódio retirado, geologia, como o solo responde aplicação. A CETESB aprova o plano de aplicação, tem algumas áreas que salinizou, corrigiu e parou de aplicar.

A vinhaça diferencia de usina para usina, toda empresa tem sua particularidade, seja pelo clima, pelo tipo de álcool, açúcar que vai ser produzido. Na região de Ribeirão Preto, as áreas irrigadas com vinhaça, tiveram ganho de 40 a 42 toneladas por há, mas ao mesmo tempo tem limitações com é o caso do sódio.

( a zona rural tem mais consciência ambiental?)

Na cultura rural, como por exemplo, em guaiçara, aproveita-se mais as coisas têm mais consciência porque foi adquirido ao longo do tempo, usa por necessidade, porque depende da terra pra sobreviver.

Sobre a prática:

É interessante pq os estudos que vocês estão fazendo não se aplica a outros lugares, cada município tem sua particularidade.

A limitação da aplicação da vinhaça é justamente pela composição dela as análises são feitas todo mês (norma técnica P4231), é baseado na quantidade de sódio ( 2,8 para aplicação), na quantidade máxima que a CETESB permite.

Rafael apresentou dados.

Nossa preocupação com o solo é 100%, tem áreas de sacrifício, não tem o que fazer usa e depois vai corrigindo.

Antes não tinha onde por vinhaça daí usava como fertiirrigacao sem conhecimento, hoje se sabe, tem leis, rede de aplicação de vinhaça que tem custos de milhões, tem motos, bombas, tem n maneiras de aplicar. O custo para mexer com irrigação é altíssimo, mas tem retorno, em períodos de muita seca tem irrigação com água. Tem controle sobre a aplicação dentro do que os consultores ajudam, por exemplo, a CTC.

Sobre a prática:

Como estaria sanando problema deles ( SABESP), acredito que não será o foco da mesma a cobrança. Isso (efluente) a médio prazo, a longo prazo se for muito viável pode ser um produto deles, isso vira nicho de mercado, surge diálogos de ganho.

A universidade focaliza em uma coisa, a empresa em outra, queremos uma aproximação maior com vocês, para montar um banco de dados para a empresa.

(para onde vc acredita q deve ser restringido?).

A principio as restrições q vão aparecer vão ser para culturas sem casca, hortaliças hortifrutigranjeiros. Para eu concordar com isso, para isso teria que ter dados de que é 99% de remoção de patogenos.

Sobre a fossa séptica: Nunca ouvi dizer.

Acredito que as pessoas teriam preconceitos com relação ao EETE , se vier falar pra mim a principio comer uma alface, com EETE eu não aceitaria, mas se com certeza da limpeza do EETE, daí sim. Na Europa vc teria provavelmente um mercado fixo, aqui provavelmente não.

O que vocês da Equipav entendem por Gestão Ambiental?

O departamento de GA atua na área agrícola, industrial, em quase todo setor da empresa, porque todo setor tem problemas, acompanhamos caldeiras, efluentes industriais e sanitários, vamos em fazenda para ver se tem viabilidade ou não de corte de árvores ( para respeitar o código florestal), para ver onde pode ser feito áreas de travessia, onde pode ou não queimar, quando existe queimadas, não planejadas, fora do horário da CETESB, vamos a área e verificamos, se precisa de caminhão pipa. Trabalhamos também na parte industrial, como por exemplo em caixa de separação de água e óleo, promovemos eventos, limpeza de áreas onde tem cana ( retirada de entulho). Não cabe a gente tomar decisões, é de apoio, vamos lá e prestamos consultoria, vê olha o que está errado e fala, o departamento comunicou e cabe ao responsável pela área fazer. Dificuldade em educação ambiental, pq o pessoal não tem consciência ainda que trás benefícios para empresa, é mostrar para a pessoa que vai ter ganho com isso.

**15. L. A. D.**

**Data: 30/08/2007**

**Início: 16:00**

**Término: 17:40**

Produtor de café

Tamanho da propriedade: 4 hectares.

Explicação do projeto

Eu visitei Franca e vi aplicação em café.(a aplicação e de lodo e não de efluente, Luiz confundiu). Agora tem uma espécie de selo verde para cidades, elas têm que ter TAC, agenda 21, e como uma ISO publica.

Lins esta adiantada em sistemas de tratamento de esgoto e de água, o que ainda não tem e aterro com biodigestores, Lins tem lixão e não aterro, agora que estão tentando implementar coleta seletiva.

Acho q se tiver que sair de curtíssimas distancias para media, grande, já seria inviável o valor de todos os componentes não compensaria o gasto com transporte.

Eu irriego o café, 100 metros cúbicos/ dia com poço, por gotejamento q tem aproveitamento de 100%.

Eu irriego 4 há, 40.000m, 25 mm/dia, 700mm/mês.

Toda parte de nutrição e via água e alguns defensivos também são via água, o sistema de gotejamento e caro na implementação, eu poderia economizar energia usando durante a noite, mas daí estaria gastando com mão de obra. Prefiro fazer o ciclo em dois dias, em horário de empregado.

Meu sistema tem uns 8 anos, e de uma firma israelense, foi bem mais caro que outros sistemas, mas optei já por esse porque teria serias restrições de água, esse sistema e irrigação localizada com pouca perda, se viesse uma lei que não pudesse mais usar tanta água.

Para aplicação da uréia, vai gente, vai dinheiro, a fertirrigacao e uma solução.

Mas, estão feitos estudos com relação a fertirrigacao, tão se formando cristais , alguns tipos de adubo criam sais, como o cloreto de potássio, agora vai ser jogado “na mão” e não mais pela água. (praticas de reuso na propriedade).

Eu jogo a palha da colheita, tem potássio. Tenho confinamento e jogo esterco dele, teria que dar um uso pra ele mesmo, sei que existem vários produtos como torta de mamona, mas o transporte inviabiliza.

Leio sobre café orgânico, mas tem restrições, para certificação, o café orgânico tem um preço mais alto.

A certificação e demorada, e empresas estrangeiras, ONGs, são porras-loucas, não tem pássaros na lavoura já não dão a certificação. Acho mais fácil, para quem vai começar. No meu caso são anos e anos jogando produto químico, tem que três anos de transição.

Eu tenho café muito bom, café campeão na região em 150 cafés da região, há aumento de produtividade com irrigação.

O café orgânico não consegue nem a metade do que eu tenho na minha produção.

A produtividade e devido à química, tem restrições tem, mas tem aumento de produtividade quando usa produtos químicos pesados e tem ganho de produtividade.

Você gasta, mas tem certeza do resultado, sabe que vai segurar a folha, vai ter aumento de produtividade. Eu ponho veneno para as pragas.

Eu que colho um café bom (mais ou menos 260 reais a saca) se eu tivesse um top de orgânico venderia por R\$700,00, mas para mudar era e difícil, já e campeão.

Sobre transgenicos.

A não aprovação dos transgenicos e totalmente sonhador, usar um Roundup, melhor do que aqueles agricultores que não estão usando, mas não sabem o que estão fazendo, não sabem manipular, não recolhem.

Eu deixo 1l, recolho tudo, o pessoal Poe em galão de 5l e depois poe em curso d'água.

A lei esta ai (da entrega da embalagem), ia ter um premio , se montou um lobby para recicladora de plástico ganhar dinheiro e a gente não ganha nada com isso, daí num tem fiscalização, os agricultores não fazem. Você faz por consciência, não tem controle, não tem incentivo.

O agricultor de um modo geral e tão penalizado que se alguém já tiver levando vantagem, ele não faz mesmo, tem que ter um trabalho educativo.

Equipamento de proteção individual.

Lá na fazenda, o trabalhador não usa EPI, Você precisa brigar, falar, porque acham que não acontece nada. Estes dias tava um vento, daí pedi para parar a aspersão do produto químico.

O mesmo acontece com as máquinas, manda empregados para curso, mas só assimilam 1 parte, são semi- analfabetos.

Os trabalhadores não conseguem ler os rótulos dos produtos, tem facilidade de memorização, pela cor. Mas tem um felling sobre as coisas.

(o que você acha da prática do efluente?)

Não tenho a menor noção do valor nutricional dele e difícil ter parâmetros, mas acho difícil, tem gasto de transporte, caminhão tanque, seria para mais próximos a área. Tenho área em Getulina e mais três postos de combustível.

Equipav: As áreas próximas a vinhaça são deles, daí sai da planta industrial e vai para lá.

Transporte:

As estradas são ruins, profissional e caro tem que ter segurança para cargas perigosas, acidentes sempre acontecem perto de rios, acidentes ambientais, multas torna o frete muito caro (Estou falando mais em termos de gasolina, álcool, diesel), mas uma descarga desse efluente na cidade (queda) seria um problema.

Os gotejamentos bons são altamente restritivos a qualquer material, faz adubação e que dissolver com produtos químicos.

Rafael explicou dados de produtividade.

E interessante o valor nutricional

Sobre o sódio sendo disperso:

Mas hj também vai ,não vai para o rio?

Sobre a prática:

Acho que deve ter vários experimentos e ver custo benefício, tanto diretamente ao ambiente , solo, etc. quanto ao custo de transporte. O poder público tem que intervir, vai produzir biodiesel?? A sociedade vai ter q se conscientizar, que vai ter que arcar com os custos. O governo paga, ele subsidia, então a sociedade tem que saber que ela subsidia. Funciona, mas custa caro, alguém tem que pagar deveria ter compensações diminuir conta o agricultor.

Eu testaria, faria experimentos, a Secretaria vai por experimentos de café, eu sou bem receptivo a este tipo de coisa, depois ao final vou avaliar economicamente, qual a relação custo benefício disto?? Eu gostaria de ter selo orgânico, mas se me ganho cair pela metade?? Daí não ne?.

E diferente do que eu pensava, aquele em Franca era lodo de esgoto, não efluente.

Sobre leis, código florestal:

O pequeno tem q seguir a risca o grande não.

Fiz uma APP linda por conta na minha propriedade, lá tem nascentes que formam o rio, há quatro anos o gado ia beber lá, cerquei toda a represa, as nascentes, plantei mata nativa, pus bebedouro nos pastos para o gado não beber da nascente, a água voltou, inundou tudo e perdi o pasto.

Fiz um projeto com SOS mata atlântica me deram oito mil miúdas, fiz ate uma casa pus peixes, ficou lindo. Lá tem taboa, eu ia tirar, mas o DPRN não deixou tirar, devia ter cortado, por herbicidinha de leve, mas alegaram que a taboa era como um filtro. Ainda me questionário que não respeitei os 30 m de APP, daí eu falei, aqui não tinha água e agora veio, por minha causa.

A taboa ta vindo pra dentro d' água e quero cortar. Eles engolem sapo de Bertin, equipav, depois vem me pegar.

Tinha uns terrenos perto do campestre, teve que drenar para baixar o nível do lençol freático para poder construir, daí faz a travessia para o rio (canaliza), alegaram (policia florestal) que era

agressão ao meio ambiente, mas ali era uma área de loteamento. Tive que responder a um processo, por causa de um capricho, o município tinha aprovado planta e tudo.

A prefeitura esse ano lançou a lei das águas, teve uma reunião, dando um prazo de 90 dias para todas as propriedades terem APP. É fácil eu fazer, porque a agricultura não é minha atividade principal, dá para investir na propriedade, e importante para a sociedade, para o meio ambiente, mas o pequeno, que tem dívidas, vai conseguir fazer?? Ele não consegue nem sobreviver, quem vai subsidiar? Agora o prefeito retirou a lei para melhor avaliar.

Tudo tem que ter bom senso na vida, tem que ver os 2 lados.

Consumo de produtos irrigados com EETE:

Não acho que deixariam colocar no mercado qq produto com contaminação pelo EETE, mesmo no café, só vão colocar no mercado algo não contaminado, tem que acreditar nas ANVISA da vida, tudo tem risco. Mas, tem que confiar desconfiando (por exemplo, o IMETRO e os brinquedinhos lá que tiveram q ser recolhidos).

Lidei muito com a CETESB, com licenciamento ambiental dos postos (tanques ecológicos), e melhor que na Europa, a lei é boa, o cumprimento não.