

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE QUATRO ESPÉCIES DE  
GRAMA IRRIGADAS COM EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO  
DE ESGOTO DOMÉSTICO.

**ALINE REGINA PIEDADE**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP  
Junho – 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE QUATRO ESPÉCIES DE  
GRAMA IRRIGADAS COM EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO  
DE ESGOTO DOMÉSTICO.

**ALINE REGINA PIEDADE**

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP  
Junho - 2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E  
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO  
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

P613d Piedade, Aline Regina, 1979-  
Desenvolvimento vegetativo de quatro espécies de grama irrigadas com efluente de Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico / Aline Regina Piedade. -- Botucatu, [s.n.], 2004.

x, 79 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (mestrado) -- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas.

Orientador: Raimundo Leite Cruz.

Inclui bibliografia.

1. Água na agricultura. 2. Água - Reutilização. 3. Água - Uso. 4. Água de irrigação. 5. Águas residuais. I. Cruz, Raimundo Leite. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

Palavras-chave: Água - Reúso; Gramados.

Bendito sejais, ó Deus Criador,  
pela **ÁGUA**, criatura vossa,  
fonte de vida para a terra e os seres que a povoam.

Bendito sejais, ó Pai Providente,  
pelos rios e mares imensos,  
pela bênção das chuvas, pelas fontes refrescantes  
e pelas **ÁGUAS** secretas do seio da terra.

Bendito sejais, ó Deus Salvador,  
pela água feita vinho em Caná,  
pela bacia do lava-pés e pela fonte  
regeneradora do Batismo.

Perdoai-nos, Senhor Misericordioso,  
pela contaminação da **ÁGUAS**, pelo desperdício  
e pelo egoísmo que privam os irmãos desse bem  
Tão necessário à vida.

Dai-nos, ó Espírito de Deus,  
um coração fraterno e solidário,  
para usarmos a **ÁGUA** com sabedoria e prudência  
e para não deixar que ela falte  
a nenhuma de vossas criaturas.

Ó Cristo, Vós que também tivestes sede,  
ensinai-nos a dar de beber a quem tem sede.  
E concedei-nos com fartura a **ÁGUA VIVA**  
que brota de Vosso coração  
e jorra para a vida eterna.  
Amém.

Ao Professor Paulo Rodolfo Leopoldo (in  
memorian),

Grande Mestre e Amigo, com o qual pude  
apreender muito...

A minha eterna saudade e infinita  
gratidão.

### **DEDICO**

Aos meus pais,

Walkíria Regina Sacco Piedade e José  
Antonio Piedade

Pelo carinho, amor e dedicação sempre  
dispensados a mim...

### **OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo Dom da Vida.

Ao Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz, meu orientador, pelos ensinamentos e colaboração em todas as etapas desse trabalho e pela amizade firmada nesses anos.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela bolsa de estudo concedida durante o desenvolvimento do meu curso de mestrado.

À Empresa Itogross, em especial ao Sr. Minoru Ito, pela concessão dos plugs de grama para realização deste trabalho.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Campus de Botucatu, especialmente ao Departamento de Engenharia Rural, pela excelente formação profissional, pela oportunidade de poder participar do curso de pós-graduação e por proporcionar as condições necessárias à realização do trabalho.

Ao Diretor da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Prof. Dr. Carlos Antonio Gamero, pela amizade e ensinamento desde o início do meu curso de graduação em agronomia.

Ao Prof. Dr. João Carlos Cury Saad, coordenador do curso de pós-graduação em Agronomia, programa em Irrigação e Drenagem, e demais membros do Conselho de Curso, pela constante colaboração. Aos docentes responsáveis pelas disciplinas do programa em Irrigação e Drenagem, pelo empenho e capacidade, que me possibilitaram enriquecimento técnico e profissional.

Ao Prof. Dr. Lincon Ghering Cardoso, itapetiningano como eu e chefe do Departamento de Engenharia Rural, em nome de quem agradeço profundamente a todos os professores do referido departamento pela amizade.

Aos componentes da banca examinadora: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Boas e Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel, pelas excelentes sugestões, as quais foram de grande valia pra o enriquecimento das informações contidas nessa dissertação.

Ao meu grande amigo e maior colaborador, Sr. Pedro Alves, funcionário do Departamento de Engenharia Rural, pela dedicação e auxílio impecável na realização da fase experimental desse trabalho e na manutenção da Estação de Tratamento de Esgoto do Lageado.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural: Gilberto Winckler, Silvio Sabatini Scolastici, Ronaldo Polo, Pedro Alves, Maury Torres, Maria Aparecida Gonçalves, Rosângela Moreci, Antonia de Fátima Oliveira, Rita de Cássia Miranda e José Israel de Ramos, pelos constantes auxílios dispensados e pela amizade.

Aos amigos e funcionários da biblioteca, em especial a Denise de Melo Nogueira Assis, Luiz Carlos Rodrigues da Paz, Ermeti Nibi Neto (Bigode), Nilson de Camargo, Maria Aparecida Martins Alho, Joel DiCredo, Solange Aparecida Paulossi Spadin, Célia Regina Inouê, Maria Inês de Andrade e Cruz, Maria do Carmo Barbosa, Helen Sayuri Sato, Neusa Maria Peres Branco, pela seriedade, educação e atenção que sempre me dispensaram.

Aos mestres Fábio Suano de Souza, Mirina Luiza Myczkowski, Fernanda Cristina Pierre Dal Farra, André Jose de Campos, Leonardo Pretto de Azevedo, Elizana Baldissera, Milene Rodrigues Perez e Rogério Germino, frutos da safra de agrônomos de 2001 da FCA/UNESP.

Aos amigos Rodrigo Domingues Barbosa, Fabianna Lie Minekawa, Neilson Cassimiro da Silva e Laura Arruda da Silva pela amizade sincera durante todos esses anos em Botucatu.

Aos colegas do Laboratório de Recursos Hídricos: Andréa Bogatti Guimarães Tomazela, Carlos César Breda, Maria de Lourdes Conte e José Israel de Ramos pela amizade, contribuição e auxílio.

Aos meus familiares Júnior, Patrícia, Soraya, Leandro, Tia Vivi, Tia Vade, Tio Key, Tia Graça, Tiago e Silvia, por compartilhar os momentos felizes e pela força nos momentos tristes de nossas vidas.

E a todos aqueles que de maneira direta ou indireta colaboraram para o desenvolvimento desta pesquisa.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	VII
SUMMARY.....	IX
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Água.....	4
2.1.1 Disponibilidade e qualidade da água.....	4
2.1.2 Agenda 21 e reúso de água.....	5
2.1.3 A escassez e reúso de água em âmbito mundial.....	7
2.1.4 Tecnologia para tratamento de esgoto.....	10
2.1.5 Utilização de reúso de água na agricultura.....	11
2.1.6 Aspectos de saúde pública.....	13
2.1.6.1 Água e sua relação com as doenças.....	13
2.1.6.2 Parâmetros microbiológicos presentes no esgoto.....	15
2.2 Gramados.....	18
2.2.1 Espécies de grama.....	18
2.2.2 Principais gramas de clima quente.....	20
2.2.3 Mercado brasileiro de gramas.....	25
2.3 Sistema de irrigação localizada.....	27
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Local do experimento.....	28
3.2 Clima.....	28
3.3 Estação Experimental de Tratamento de Efluente Doméstico do Lageado.....	28
3.4 Espécies de grama.....	31
3.5 Instalação do experimento.....	32
3.6 Controle de nematóides.....	33
3.7 Recomendação de adubação e calagem.....	34
3.8 Sistema de irrigação.....	35
3.9 Manejo de irrigação.....	36
3.10 Coeficiente de uniformidade de irrigação.....	36
3.11 Delineamento experimental.....	37
3.12 Parâmetros avaliados.....	37
3.12.1 Avaliação no desenvolvimento das espécies de grama.....	38
3.12.2 Avaliação dos parâmetros físico-químicos da água.....	40
3.12.3 Avaliação no solo.....	40
3.13 Dados climatológicos.....	41

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
4.1	Avaliação no desenvolvimento das espécies de grama.....	43
4.1.1	Análise foliar.....	43
4.1.2	Porcentagem de Cobertura.....	45
4.1.3	Análise microbiológica.....	47
4.2	Avaliação dos parâmetros físico-químico da água.....	48
4.3	Avaliação no solo.....	49
4.3.1	Análise do solo.....	50
4.3.1.1	Análise básica.....	50
4.3.1.2	Análise de micronutrientes.....	58
5	CONCLUSÕES.....	63
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
7	ANEXOS.....	74

DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE QUATRO ESPÉCIES DE GRAMA IRRIGADAS COM EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO. Botucatu, 2004. 79p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autora: ALINE REGINA PIEDADE

Orientador: RAIMUNDO LEITE CRUZ

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar o desenvolvimento de quatro espécies de grama irrigadas por gotejamento com efluente de Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico de uma pequena comunidade rural, e água de abastecimento (Sabesp); além da determinação de patógenos no produto final. Para esta finalidade, conduziu-se o experimento em casa de vegetação da área experimental da FCA/UNESP (SP, Brasil) durante 12 meses (março/2003-março/2004), em um delineamento inteiramente casualizado num fatorial 4x3, seguidos de quatro repetições totalizando 48 parcelas (cada parcela com 0,676m<sup>2</sup>). A escolha de se trabalhar com espécies de grama, se deve ao fato de que a grama além de possuir valor no mercado como ornamentação e forração de praças, jardins e campos esportivos, não é utilizada como alimento pelo homem e, portanto, a utilização de água contaminada por esgoto não deprecia o produto e o risco à saúde humana é menor. Outro fator importante que determinou nessa escolha é a indicação da literatura específica em reúso de água, que afirma que um dos principais fins de uso desse tipo de material fosse em irrigação de gramados. As espécies de grama utilizadas neste experimento foram: Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze); Bermudas (*Cynodum dactylon*); Esmeralda (*Zoysia japonica*) e São Carlos (*Axonopus sp*). E os tratamentos foram: T1- Irrigação com reúso; T2- Irrigação com reúso + adubação química e T3- Irrigação com água de abastecimento da Sabesp (Testemunha). Os dados foram submetidos a comparação de médias por Tukey com 5% de probabilidade. Com base nos resultados obtidos, verificou-se que o

nitrogênio presente na água de reúso foi suficiente para o bom desenvolvimento das espécies de grama, porém com sua utilização houve uma maior lixiviação de potássio. Foi possível utilizar água de reúso como forma de irrigação em gramados, ainda que haja contaminação das folhas das gramas com coliformes totais e fecais.

---

Palavras-chave: reúso de água, efluente, irrigação, gramados, água residuária, esgoto.

VEGETATIVE DEVELOPMENT OF FOUR GRASS SPECIES IRRIGATED WITH EFFLUENT OF DOMESTIC WASTERWATER STATION TREATMENT. Botucatu, 2004. 79p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ALINE REGINA PIEDADE

Adviser: RAIMUNDO LEITE CRUZ

## SUMMARY

This research aimed to compare the development of four grasses species irrigated by dripping with effluent of domestic wastewater station treatment of a small rural community, and supply water from Sabesp and determination of pathogens in the final product. For this purpose an experiment was conducted in a greenhouse from FCA/UNESP (SP, Brazil) for 12 months (March/2003 – March/2004) in a completely randomized design in a 4x3 factorial, with four replications, totalizing 48 parcels (0.676m<sup>2</sup> each). Grass species were chosen to be studied because they have great importance as ornament and gardens covering and sports fields; it is not used as food and, therefore, the use of contaminated sludge water doesn't depreciate the product and risks to human health are lower. Another important factor, which determined this choice, was the indication of specific literature in water re-use, which claims that one of the main objectives for the use of this kind of material could be the use in grass irrigation. Grass species used in this experiment were: Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze); Bermudas (*Cynodum dactylon*); Esmeralda (*Zoysia japônica*) and São Carlos (*Axonopus sp*). The treatments were: T1- Irrigation with re-use; T2- Irrigation with re-use + chemical fertilization e T3- Irrigation with supply water from Sabesp + chemical fertilization (control). Data were submitted to means comparison by Tukey test with 5% of probability. The results showed that nitrogen in the wasterwater was enough for the good development of the grass species. However, its use led to higher potassium loss. It is possible

to use the re-use water as a way of irrigation in grasses, even with the contamination of the leaves with total and fecal colliforms.

---

Keywords: Re-use water, effluent, irrigation, grass, sludge.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas deste século, a humanidade vem se defrontando com uma série de problemas globais – ambientais, financeiros, econômicos, sociais e de mercado. Por isso as preocupações com o ambiente, em geral, e com a água, em particular, adquirem especial importância, pois a demanda está se tornando cada vez maior sob o impacto do crescimento acelerado da população e do maior uso da água, imposto pelos padrões de conforto e bem-estar da vida moderna. Entretanto, a qualidade das águas da Terra, dos ecossistemas e da vida, em geral, vem sendo degradada de maneira alarmante e esse processo pode ser logo irreversível, principalmente nas áreas mais povoadas dos países emergentes, como o Brasil.

Embora seja antiga a idéia de que o Globo Terrestre é coberto por água na sua maior extensão, somente na década de 60 surgiu a denominação de Planeta Água para o Globo Terrestre.

Entretanto, deve-se considerar que a maior parte da água existente na Terra não é utilizável para o consumo humano e desenvolvimento de suas atividades socioeconômicas. A primeira peculiaridade geral da água de consumo doméstico, industrial e irrigação é que ela deve apresentar baixa salinidade, ou seja, “ser doce”.

A classificação das águas designa como água doce àquela que apresenta teor de salinidade inferior a  $1.000\text{mg L}^{-1}$ , portanto, apenas 3% da totalidade de água na Terra é considerada doce e propícia ao desenvolvimento das atividades antrópicas.

O crescimento desordenado e localizado, associado ao processo de degradação da qualidade da água, vem engrenando sérios problemas de escassez tanto quantitativa quanto qualitativa e conflitos de uso, até mesmo nas regiões naturais com excedente hídrico vem se tornando cada vez mais freqüentes.

O Brasil passou a ter uma política mais sólida para recursos hídricos há pouco tempo, com aprovação de algumas Leis em âmbito nacional e no Estado de São Paulo. Com a política de gerenciamento dos recursos hídricos definidos por essas Leis, inúmeros e diferentes sistemas de tratamento de efluentes de origem urbana, industrial ou agrícola foram e estão sendo desenvolvidos e implantados para atender as exigências legais no que se refere ao uso e manejo da água dentro dessas bases racionais.

A principal função das Estações de Tratamento de Esgoto é contribuir com Ciclo Hidrológico na sua etapa final, fazendo com que a água retorne ao ambiente sem oferecer riscos. Após a saída das estações de tratamento, a água pode não ter, ainda, qualidades para consumo, mas pode ter utilidade em tarefas que não necessitam de água com qualidade superior, por exemplo, a prática da irrigação, em áreas agrícolas.

Diante disso, surgiu o interesse em realizar estudos nessa linha objetivando desenvolver novas tecnologias para o tratamento e o reúso de águas oriundas de atividades domésticas, levando em consideração a viabilidade econômica e operacional do sistema desenvolvido.

A Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, município de Botucatu-SP realiza estudos para o desenvolvimento de novas tecnologias, cujo objetivo é melhorar a qualidade dos efluentes domésticos antes de sua disposição final na natureza. Para isso, foi construída a Estação Experimental de Tratamento de Esgoto do Lageado (ETL), na qual se estuda a eficiência do sistema fito-pedológico composto por substrato filtrante e macrófitas aquáticas na depuração dos dejetos domésticos gerados por uma pequena comunidade rural.

O efluente doméstico mostra-se como um líquido rico em matéria orgânica e nutrientes, por isso a prática do seu reúso torna-se conveniente, principalmente para ser utilizado na agricultura.

Dentro deste contexto, o estudo de suas características, bem como as verificações dos efeitos de sua aplicação nas plantas, no solo e nas águas superficiais se mostram de significativa importância, trazendo segurança aos produtores que utilizarão essa técnica e a população consumidora do produto final.

Diante do que se apresenta, o objetivo desse trabalho foi estudar o efeito da aplicação de efluente doméstico, gerado numa Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico, para irrigação em espécies de grama e determinação de patógenos no produto final.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Água**

#### **2.1.1 Disponibilidade e qualidade da água**

O novo século traz crises de falta de água potável e o homem precisa discutir o futuro da água e da vida. A abundância do elemento líquido causa uma falsa sensação de recurso inesgotável. Pelas contas dos especialistas, 95,1% da água do planeta é salgada, sendo imprópria para o consumo humano. Dos 4,9% que sobram, 4,7% estão em forma de geleiras ou em regiões subterrâneas de difícil acesso e somente 0,147% restantes estão aptos para o consumo em lagos, nascentes e em lençóis subterrâneos (RAINHO, 1999).

Conforme o Jornal FOLHA DE SÃO PAULO (1999) e segundo Nogueira (1999), ressalta-se que 97,5% da água disponível na terra é salgada e está em oceanos e mares, 2,493% é doce, mas se encontra em geleiras ou regiões subterrâneas de difícil acesso e somente 0,007% é doce encontrada em rios, lagos e na atmosfera, de fácil acesso para o consumo humano.

Dados publicados pela FOLHA DE SÃO PAULO (1999), informaram que a agricultura é a principal consumidora de água, principalmente nos países em desenvolvimento (a demanda atual da água para o setor agrícola brasileiro representa atualmente 70%), enquanto na Europa e América do Norte a indústria consome 55% e 48%,

respectivamente, ou seja, o consumo maior é na área industrial. Na América Latina e Caribe, na Ásia e na África, a agricultura consome 79%, 85% e 88%, respectivamente, da água disponível. Sendo que, a Oceania é o único país em que 64% do uso da água está concentrado no setor doméstico.

### **2.1.2 Agenda 21 e reúso de água**

A Agenda 21 dedicou importância especial ao reúso de água, recomendando aos países participantes da ECO 92, a implantação de políticas de gestão dirigidas para uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção de saúde pública de grupos de risco, com práticas ambientais adequadas.

No capítulo 21, de “Gestão ambientalmente adequadas de resíduos líquidos e sólidos”, estabeleceu-se, como objetivos básicos: vitalizar e ampliar os sistemas nacionais e reúso de água e reciclagem de resíduos; tornar disponíveis informações, tecnologia e instrumentos de gestão apropriados para encorajar e tornar operacional os sistemas de reciclagens e reúso de água.

A prática do reúso de águas também é associada às seguintes áreas programática incluídas nos capítulos 14 – “Promovendo a agricultura sustentável e o desenvolvimento rural”; e 18 – “Proteção de qualidade das fontes de águas de abastecimento – Aplicação de métodos adequados para o desenvolvimento, gestão e uso dos recursos hídricos”, visando à disponibilidade de água para a produção sustentada de alimentos e desenvolvimento rural sustentado e também para a proteção dos recursos hídricos, qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos.

Segundo Hespanhol (1997), as possibilidades e formas potenciais de reúso de águas dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como: decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

Especial atenção deve ser atribuída a tal prática, principalmente para fins agrícolas. A agricultura depende, atualmente, de suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais. Esta condição crítica é fundamentada no fato de que o aumento da produção não pode mais ser

efetuado através de mera expansão de terra cultivada. Com poucas exceções, tais como áreas significativas do nordeste brasileiro, que vêm sendo recuperadas para uso agrícola, a terra arável, em nível mundial, se aproxima muito rapidamente de seus limites de expansão. A Índia já explorou praticamente 100% de seus recursos de solo arável, enquanto Bangladesh dispõe de apenas 3% para a expansão lateral. O Paquistão, as Filipinas e a Tailândia, ainda têm um potencial de expansão de aproximadamente 20% (World Bank / UNDP / ICID, 1990).

Durante as últimas décadas, o uso de esgoto para a irrigação de culturas aumentou significativamente, devido aos seguintes fatores: dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para a irrigação; custo elevado de fertilizantes; a segurança de que os riscos de saúde pública e os 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 reúso agrícola e o reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos de valores intrínsecos da prática.

A aplicação de esgotos no solo é uma forma efetiva de controle da poluição dos rios. Os maiores benefícios dessa prática estão associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública. Os benefícios econômicos são referentes graças ao aumento da área cultivada e ao aumento da produtividade agrícola, os quais são mais significativos em áreas onde se depende apenas de irrigação natural, proporcionada pela água das chuvas. Um exemplo notável de recuperação econômica, associada à disponibilidade de esgotos para irrigação é o caso do Vale do Mesquital, no México, onde a renda agrícola aumentou no início do século, quando os esgotos da cidade do México foram postos à disposição aumentando aproximadamente 4 milhões de dólares/ha, em 1990 (CNA, 1993).

Efluentes de sistemas convencionais de tratamento, tais como lodo ativado, têm uma concentração típica de  $15\text{mg L}^{-1}$  de N total e  $3\text{mg L}^{-1}$  de P total, proporcionando, às taxas usuais de irrigação em zonas-áridas, uma aplicação de N e P de 300 e 60 kg/ha/ano, respectivamente (HESPANHOL, 1999). Essa aplicação de nutriente reduz a necessidade do emprego de fertilizantes comerciais. Além de nutrientes, a aplicação de esgotos proporciona a adição de matéria orgânica, que age como um condicionador do solo, aumentando a sua capacidade reter água.

Diversos pesquisadores afirmam que, o reúso de água adequadamente planejado e administrado, traz melhorias ambientais e de condições de saúde pública, evitando a descarga de esgotos em corpos de água; preservando recursos subterrâneos, principalmente em áreas onde a utilização excessiva de aquíferos provoca intrusão de cunha salina; e permite conservação do solo, através da acumulação de “húmus”, aumentando a resistência à erosão.

Apesar disso, alguns efeitos detrimenais podem ocorrer em associação com o uso dos esgotos na irrigação. Um efeito particularmente negativo é a poluição, particularmente por nitratos, de aquíferos subterrâneos, utilizados para o abastecimento de água. Isso ocorre quando uma camada insaturada, altamente porosa se situa sobre o aquífero, permitindo a percolação de nitratos. Entretanto, ocorrendo uma camada profunda e homogênea, capaz de reter nitratos, a possibilidade de contaminação é bastante pequena. A assimilação de nitrogênio pelas culturas reduz a possibilidade de contaminação por nitrato, mas isso depende das taxa de aplicação de esgotos no solo. O acúmulo de contaminantes químicos no solo é outro efeito negativo que pode ocorrer. Dependendo das características dos esgotos, a prática da irrigação por longos períodos pode levar à acumulação de compostos tóxicos, orgânicos e inorgânicos, e ao aumento significativo da salinidade, em camadas insaturadas (FOSTER et al., 1994).

Para evitar essa possibilidade, a irrigação deve ser efetuada com esgotos de origem predominantemente doméstica. A necessidade de um sistema de drenagem adequado deve ser também considerada, visando minimizar o processo de salinização de solos irrigados com esgoto. Da mesma maneira, a aplicação de esgotos por períodos muito longos, pode levar à criação de “habitats” propícios à proliferação de vetores transmissores de doenças, tais como os mosquitos e espécies de caramujos. Nesse caso, devem ser empregadas técnicas integradas de controle de vetores, para proteger os grupos de risco correspondentes (Hespanhol, 1999).

### **2.1.3 A escassez e reúso de água em âmbito mundial**

Mancuso & Santos (2003), relataram sobre a escassez e reúso de água em âmbito mundial e salientaram que na história do homem constatava-se que os vales fluviais férteis, que dispunham de água em abundância foram os sítios iniciais da civilização, onde a

maior parte da água utilizada era destinada à irrigação e à agricultura, enquanto que somente uma pequena parcela era consumida pela população.

Na tradução da obra *Control de Calidad y Tratamiento del Agua*, de uma antiga publicação da American Water Works Association (AWWA,1975), os historiadores antigos somente vinculavam a característica qualidade à água para beber, apesar de sua absoluta necessidade à vida.

Postel (1992), relata que o problema da escassez de água surge da distribuição desigual da precipitação e do mau uso que se faz da água captada.

Em muitas regiões do globo, a população ultrapassou o ponto em que podia ser abastecido pelos recursos hídricos disponíveis. Hoje existem 26 países que abrigam 262 milhões de pessoas e que se enquadram na categoria de áreas de escassez de água. Além disso, argumenta Postel (1992), a população está crescendo mais rapidamente onde é mais aguda a falta de água. No Oriente Médio, nove entre quatorze países vivem em condições de escassez, seis dos quais devem duplicar a população dentro de 25 anos. Aproximadamente 40% da população mundial vivem em bacias hidrográficas compartilhadas por dois ou mais países, freqüentemente em litígio, como a Índia e Bangladesh por causa do Ganges, o México e os Estados Unidos pelo Colorado, e a República Eslovaca e a Hungria pelo Danúbio.

No Oriente Médio, a retirada excessiva do aquífero subterrâneo provoca a intrusão da salinidade do oceano, que contamina a água do subsolo. O Parque Nacional de Everglades, na Flórida, pode sofrer falência ecológica dentro de vinte anos em razão da poluição e das tomadas d'água, que têm sido feitas com fins agrícolas e urbanos. A solução do problema passa pelo aumento na eficiência da distribuição da água captada (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Um outro ponto a ser explorado diz respeito à água, que depois de usada, é descartada. Sua adaptação a um novo uso, mediante tratamento adequado, pode construir um manancial alternativo principalmente para fins industriais e agrícolas.

No Brasil, recentemente, a ANA (Agência Nacional das Águas) criou uma equipe de estudos para desenvolver um programa nacional de reúso da água como uma das soluções para diminuir a coleta dos mananciais e prolongar a reserva hídrica dos rios, fortalecendo a posição de que a gestão que afastaria a escassez deve ser apoiada na conservação e no reúso (Prof. Dr. Ivanildo Hespanhol à *Folha de S. Paulo*, 2001).

Segundo Harremoes (2000), até a alguns anos o reúso era tido como uma opção exótica, sendo hoje uma alternativa que não pode ser ignorada, notando-se distinção cada vez menor entre técnicas de tratamento de água *versus* técnicas de tratamento de esgotos.

Harremoes (2000) salientou ainda que medidas como conservar, aumentar a eficiência no consumo e reusar, adiam a escassez que se aproxima no futuro e podem trazer sustentabilidade ao crescimento populacional.

A escassez progressiva da água em âmbito mundial tem incentivado pesquisas aplicadas do mais alto nível científico e tecnológico como é o caso dos países da Comunidade Econômica Européia, desenvolvendo atualmente um programa para avaliação de tecnologias de remoção de produtos farmacêuticos e de higiene pessoal dos esgotos e das instalações de tratamento de água (Projeto Poseidon).

De forma análoga, existe o *Middle East and North África* (MENA), que desenvolve tecnologias de conservação e combate à falta de água para a região de maior escassez de água do planeta e compreende 21 países. Nos Estados Unidos, existe o Centro Nacional para o Desenvolvimento Sustentado do Abastecimento de Água (*National Center for Sustainable Water Supply* – NCSWS). O NCSWS é um grupo nacional patrocinado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e pela Fundação de Pesquisas da American Water Works Association (AWWA) e tem como objetivo propor soluções para os problemas fundamentais de gerenciamento sustentável do reúso da água.

No Brasil, a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), entre outras entidades, principia a se destacar nesse campo, já bem desenvolvido em outros países. Reforçando essa afirmação, o capítulo primeiro da obra de Asano & Levine (1998), numa digressão da história do conhecimento humano sobre o reúso de água, divide o tempo em três segmentos. O primeiro compreendido entre 3000 a.C. e o ano de 1850, refere-se às primeiras notícias que se têm com o famoso Relatório Chadwick, que relatava “a chuva para os rios e os esgotos para o solo”. O segundo segmento, que começa com os trabalhos do Dr. Snow, na Inglaterra, encerra-se em 1950 após um fato notável, ocorrido por volta de 1930 na Califórnia, que foi a regulamentação do uso de esgotos na agricultura. Esse segmento foi denominado por Asano & Levine (1998) como o “despertar sanitário”. A época seguinte, denominada como “a era da recuperação, reciclagem e reúso” é a que estamos vivendo hoje.

A conclusão de alguns pesquisadores é que a sobrevivência do homem relaciona-se à sua capacidade de reaproveitamento dos recursos escassos, em particular a água, bem como a sua proteção, recuperação e seu reúso.

#### **2.1.4 Tecnologia para o tratamento de esgoto**

As opções para tratamento de esgoto ou recuperação de águas servidas de origem doméstica, agrícola ou industrial envolvem inúmeras alternativas, que podem ser complexas e onerosas, ou simples e de baixo custo (GASI, 1988; METCALF & EDDY INC., 1979).

Os métodos convencionais mais aplicados ao controle da carga poluidora de esgotos domésticos e efluentes industriais são lagoas de decantação ou de estabilização (BERTHET, 1982; KAWAI et al., 1990; SHIMADA et al., 1987), filtros e mantas (MATSUMOTO, 1987; PATERNIANI, 1991), biodigestores (BENICASA et al., 1986; TOLEDO, 1996; VIEIRA, 1984), disposição sobre o solo (BRAILE, 1979; PAGANINI, 1997; BREDA, 2002), além de considerar o papel depurador desempenhado pelas plantas macrófitas (LEOPOLDO et al., 1999).

Além de ser freqüentemente utilizada pelas indústrias para o tratamento de seus resíduos, principalmente nas usinas de cana-de-açúcar, a disposição de efluentes sobre o solo também pode ser utilizada para o tratamento de esgoto doméstico, como pode ser observado nos estudos realizados por Paganini (1997), que trabalhando por 12 anos no município de Populina-SP, despejando esgoto doméstico *in natura* em solo cultivado com *Brachiaria humedricula*, concluiu que a disposição no solo é uma alternativa boa e barata para reduzir investimentos e proteger o meio ambiente, obtendo resultados significativos na redução da DBO, sólidos em suspensão e dos níveis de nitrogênio; além da elevação do nível de oxigênio dissolvido, sem causar alterações nas qualidades dos solos e da água do lençol freático.

Na Alemanha e nos Estados Unidos surgiram os primeiros resultados decorrentes do uso de plantas aquáticas vasculares na depuração de águas servidas de origem doméstica e industrial por volta de 1955 (BLAKE, 1982). O mesmo autor observa que plantas do gênero *Spircus*, *Typha* e *Phalaris* apresentam propriedades depuradoras úteis no controle da carga poluidora de águas residuárias.

Conte et al. (1992) obteve estudos promissores através do monitoramento de um sistema de tratamento de efluentes domésticos utilizando-se Taboas, Junco e Lírio do Brejo, estudo este que foi realizado na Fazenda Demétria (Botucatu-SP). A autora relatou a eficiência das plantas aquáticas na retenção de espécies químicas dissolvidas (N e K) e na redução das taxas de DBO, DQO e material sólido em suspensão. Observações similares foram relatadas por Zirschky (1986), Reuter et al. (1992) e Roston (1993), ressaltando o uso de macrófitas como interessante alternativa no controle da carga poluidora de massas de água.

Estudando a eficiências de plantas de Taboa (*Typha sp*) implantadas sob leito filtrante, composto por camadas de areia grossa, solo e casca de arroz, no tratamento do esgoto doméstico de uma pequena comunidade rural, Conte et al (1998) alcançaram resultados significativos, como a redução de 92% da DQO, 77% e 71% para turbidez e sólidos em suspensão, respectivamente, e uma atuação altamente considerável no controle de coliformes totais e fecais, com reduções superiores a 99,9%.

A Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, município de Botucatu-SP, realiza estudos para o desenvolvimento de novas tecnologias, cujo objetivo é melhorar a qualidade dos efluentes domésticos antes de sua disposição final na natureza. Para isso foi construída a Estação Experimental de Tratamento de Esgoto do Lageado (ETL), na qual se estuda a eficiência do sistema fito-pedológico composto por substrato filtrante e macrófitas aquáticas na depuração dos dejetos domésticos gerados por uma pequena comunidade rural. Esses resultados foram observados por Guimarães & Conte, (1997), Guimarães et al. (1999), Leopoldo et al. (1999) e Piedade et al. (2003) e Breda (2003).

### **2.1.5 Utilização de reúso de água na agricultura**

Asano & Levine (1996) relatam que o reúso de água na agricultura é antigo, e prática de pequenas civilizações há aproximadamente 5.000 anos, também mencionada por Braile & Cavalcanti (1993), que desde tempos antes de Cristo (a.C.) em Atenas, na Grécia, eram utilizadas.

Durante a segunda metade do século XIX, os rios da Europa sofriam sérios problemas de poluição, ampliavam-se os sistemas de rede de esgoto sanitário, mas a disposição dos esgotos no solo era o único sistema de tratamento então disponível. A prática

de transportar esgoto bruto para as áreas rurais para disposição e irrigação nas “fazendas de esgotos” foi largamente utilizada na Europa e EUA (Bastos, 1993).

Segundo Ayres e Westcot (1991), dentre as diversas formas de reúso no mundo, é na agricultura que é utilizada a maior quantidade e podem ser toleradas águas de qualidade inferior a da indústria e do uso doméstico. É, portanto, inevitável que exista crescente tendência para encontrar nessa atividade a solução dos problemas relacionados com a eliminação de efluentes. A aplicação de esgoto na agricultura vem tendo um grande avanço nas últimas décadas devido aos benefícios econômicos incontestáveis pelo aumento da produtividade e pela dificuldade crescente de fonte de água para a irrigação.

Após a segunda Guerra Mundial, ocorreu um aumento significativo no uso de esgotos e efluentes na irrigação, principalmente nas regiões semi-áridas, em países desenvolvidos e em processos de desenvolvimento. Porém, a crescente utilização de esgotos na irrigação não se seu deu, por necessidade do pós-guerra, e sim devido ao avanço tecnológico que permitiu melhor conhecimento do assunto. Evoluíram-se as técnicas agrícolas de manejo de solo e da irrigação e, por outro lado, o conhecimento físico-químico e microbiológico aplicado aos esgotos (MATTOS, 2003). No Quadro 1, pode-se observar os dados apresentados por Hespanhol (1995), que apresenta as áreas (ha) que são irrigadas com esgotos em diversos países.

Nas últimas décadas, a intensificação do uso de esgotos na irrigação é cada vez mais marcante. Em Israel, no ano de 1985, os efluentes de sistemas de tratamento de esgotos já representavam cerca de 7% das águas de irrigação e as previsões para o ano 2000 eram de que esse valor aumentasse para 25% (GRILO JR, 2000).

A partir da década de 1970, principalmente após o Encontro de Especialistas da Organização Mundial de Saúde em 1971, várias organizações internacionais, universidades e outras instituições intensificaram os estudos e experimentos sobre o uso de esgotos na irrigação. Os anos 80 foram eleitos pela ONU como a década da água e do saneamento e a principal investigação nesse assunto foram em determinar os padrões microbiológicos para sua utilização na irrigação.

Quadro 1: Áreas irrigadas com esgotos nos diversos países.

País	Área irrigada (ha)
Argentina	3.700
Austrália	10.000
Alemanha	28.000
África do Sul	1.800
Arábia Saudita	4.400
Chile	16.000
China	1.330.000
Estados Unidos	14.000
Índia	73.000
Israel	10.000
Kuwait	12.000
México	250.000
Peru	4.300
Sudão	2.800
Tunísia	7.350

Fonte: Hespanhol, 1995.

## 2.1.6 Aspectos de saúde pública

### 2.1.6.1 Água e sua relação com as doenças

Os maiores problemas sanitários que afetam a população mundial têm profunda relação com o meio ambiente. Como exemplo dessa afirmação Heller (2000), relatou que mais de 4 bilhões de casos por ano estão relacionado com a diarreia, sendo considerada atualmente a doença que mais aflige a humanidade.

O reconhecimento da importância do saneamento e de sua associação com a saúde do homem remonta às mais antigas culturas. Ruínas de uma grande civilização, que se desenvolveu no norte da Índia há cerca de 4000 anos atrás, indicam evidências de hábitos sanitários, incluindo a presença de banheiros e de esgotos na construção, além de drenagem nas ruas. É igualmente de grande significado histórico a visão de saneamento de outros povos, como registro de uma preocupação com o escoamento da água do Egito, os grandes aquedutos e os cuidados com o destino dos dejetos na cultura creto-micênica e as noções de engenharia dos quíchas (ROSEN, 1994).

Em prosseguimento aos estudos que buscavam relacionar os benefícios do saneamento com a saúde, na década de 1960 verificou-se uma certa perplexidade diante da

constatação quanto às dificuldades em se detectarem esses benefícios e até mesmo perante algumas dúvidas quanto a sua existência (CAIRNCROSS, 1989).

Em meados da década de 1970, predominavam a visão de avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgoto sanitário nos países em desenvolvimento e verificaram que tais medidas resultaram na redução das taxas de mortalidade (BRISCOE, 1987).

No final da mesma década, foram iniciados esforços no sentido de estudar as doenças infecciosas, sob o enfoque de estratégias mais adequadas para o seu controle (FEACHEM et al., 1983).

O interesse pelas relações entre saneamento e a saúde pública vem sendo despertado em alguns militantes do setor de saneamento básico no Brasil, a partir, sobretudo de meados da década de 1980 (MATTOS, 2003).

Ausência de instrumentos de planejamento relacionadas à saúde pública constitui importante lacuna em programas governamentais no campo do saneamento básico no Brasil. Essa limitação tem sido objeto de reconhecimento por parte de técnicos (CYNAMON, 1986; FREITAS ET AL, 1990; ROMANE, 1993) e do próprio poder público.

Dados do IBGE (2000) envolvendo a população brasileira como um todo aponta que 47,5% não dispõem de rede coletora de esgotos, 10,8% não apresentam sistemas de abastecimento de água, sendo que, cerca de 8 milhões de brasileiros não tem acesso a água potável.

Ainda, os mesmos dados do IBGE revelam que 80% do esgoto coletado estão sendo lançados no meio ambiente, sem passar por uma Estação de Tratamento ou por uma fossa, sendo que 62,2% das residências urbanas e rurais não apresentam serviços de esgoto sanitário.

A questão da qualidade das águas ganha evidência no cenário atual com o aumento dos problemas decorrentes da ausência de gestão dos recursos hídricos, principalmente no que diz respeito a doenças de veiculação hídrica. A fragilidade dos sistemas públicos de saneamento materializa-se na ausência de redes coletoras de esgotos e principalmente, na qualidade da água distribuída à população, quando os sistemas de abastecimento se fazem presentes. A razão para que o Brasil tenha índices de mortalidade

infantil entre os mais elevados do continente se deve ao fato de possuir pouco investimento em saneamento básico de qualidade.

A febre (tifóide e paratifóide), a disenteria (bacilar e amebiana), a cólera, a giardíase, a hepatite (A e B) e a poliomelite, são exemplos de doenças transmitidas pela água.

Segundo o Ministério da Saúde, 70% dos leitos de hospitais são ocupados por pessoas que contraíram doenças transmitidas pela água. Esta informação está condizente com os dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), os quais demonstram que para cada dólar aplicado em saneamento (esgoto recolhido e tratado, água tratada) são economizados cinco dólares, nos 10 anos seguintes, em postos de saúde e atendimento médico (THAME, 2000).

O mesmo autor afirmou que “investir em saneamento significa investir em saúde preventiva e economizar em saúde curativa. Por isso, a recuperação da qualidade das águas é mais do que um programa ambiental. É uma questão de saúde pública e bem-estar social”.

#### **2.1.6.2 Parâmetros microbiológicos presentes no esgoto**

É freqüente interpretar a expressão “controle de microorganismo” como sendo a atividade que visa eliminar sumariamente todos os microorganismos que habitam as águas. Entretanto, tal interpretação é falsa, podendo levar a erros graves, pois os microorganismos não são necessariamente nocivos à saúde pública, em certos casos eles são de interesse econômico e mesmo sanitário. Os benefícios dos microorganismos são inúmeros, tais como bactérias, protozoários, algas e fungos que auxiliam na depuração natural ou artificial de esgotos. Há, entretanto, ao lado dos benefícios vários prejuízos, principalmente relacionados à transmissão de doenças.

Segundo Branco (1986) e Metcalf & Eddy (1991), os microorganismos patogênicos, que provocam enfermidades entéricas encontrados nos esgotos, são provenientes de excreções de pessoas doentes.

O potencial de sobrevivência dos microorganismos patogênicos diminui com o tempo devido a condições adversas como: calor, luz solar, dissecação e predadorismo existente entre um organismo e outro (USEPA, 1999). A infecção pode ser por contato direto

(ingestão), indireto (inalação) e acidental (contato com a pele); e os meios de transmissão são de fundamentais importância para se tomar medidas preventivas (WEF, 1996).

O esgoto doméstico contém aproximadamente 99,9% de água na forma líquida, e devido à fração 0,1% é que existe a necessidade de tratamento, pois inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, além de microorganismos (VON SPERLING, 1996).

As características das águas de abastecimento, o uso aos quais essas águas foram submetidas, as condições socioeconômicas, o clima da região e o consumo de água per capita, são fatores que determinam a concentração dos esgotos domésticos (PAGANINI 1997).

Segundo Pereira de Brito (1997), a maior preocupação com o reúso de água é a possibilidade de transmissão de enfermidades, devido à presença de microorganismos patogênicos. Mota (1997), destaca que os principais organismos encontrados nos rios e esgotos são as bactérias, fungos, algas e outros grupos de plantas e animais. No reúso para irrigação os contaminantes de importância para a saúde pública são os contaminantes biológicos tais como vírus, bactérias, protozoários e helmintos. Contaminantes químicos não são relevantes, exceto em dejetos de indústrias (VON SPERLING, 1996).

Atenção maior será dada nessa revisão de bibliografia para as bactérias, visto que a determinação de patógenos em gramados, feita nesse experimento, foi à quantificação de coliformes totais e fecais pertencentes a esse microorganismo.

Bactérias são microorganismos unicelulares, apresentando-se isoladamente ou em colônias. A célula que constitui cada indivíduo possui tamanho variável entre 0,5 a 25 $\mu$  aproximadamente, com forma esférica, de bastonete espiralada, podendo apresentar flagelo para locomoção. As bactérias se reproduzem por meio de simples divisão, ou formação de esporos, não ocorrendo em geral por meio de reprodução sexuada (HAMMER & HAMMER JR, 1996).

As espécies de dos gêneros *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella* podem persistir por longos períodos e se multiplicarem em ambientes não fecais (SIQUEIRA, 1995).

A detecção e quantificação de todos microorganismos em uma amostra de água são extremamente difíceis e laboriosas, em razão das suas baixas concentrações, o que demandaria o exame de grandes volumes de amostras para que fosse detectado um único ser patogênico, demandando tempo, com custos elevados, e nem sempre se obtêm resultados positivos, ou que confirmem a presença de microorganismos, inviabilizando sua aplicação de rotina (VON SPERLING, 1996; LIMA et al., 1999).

Por esse motivo, em uma avaliação de qualidade de água do ponto de vista bacteriológico, é necessária a utilização de um microorganismo indicador da contaminação fecal, que de forma indireta indique a presença de microorganismo patogênico, garantindo a essa água uma segurança no seu consumo com riscos mínimos quando esse organismo indicador não estiver presente.

Para ser considerado um microorganismo indicador deve-se seguir certas exigências, tais como:

- Ser membro normal da flora intestinal dos indivíduos sadios;
- Habitar exclusivamente o intestino e conseqüentemente ser de origem exclusivamente fecal e humana quando encontrado no ambiente aquático;
- Estar presente quando organismos patogênicos de origem fecal estiverem presentes;
- Estar sempre em maior número que os indivíduos patogênicos fecais;
- Ser incapaz de crescer em ambiente externo ao intestino e apresentar taxa de inatividade inferior aos patogênicos de origem fecal;
- Não ser patogênico;
- Ser resistente aos fatores antagônicos naturais e aos processos de tratamentos de águas e de esgotos em grau igual, ou superior, do que os patogênicos de origem fecal.

De acordo com Morais Barros (1997), os organismos mais usados como indicadores de contaminação fecal são as bactérias do grupo coliformes devido: a sua presença em grande quantidade nas fezes humanas e de animais de sangue quente; por apresentarem resistência similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais e as técnicas bacteriológicas

para a detecção são rápidas e econômicas. Coliforme totais (CT) e bactérias do grupo coliformes fecais (CF), são exemplos de microorganismos indicadores de patógenos.

Padrões bacteriológicos de qualidade da água em nível nacional e internacional estão baseados na detecção e enumeração de coliformes totais e fecais (CONAMA, 1998; WHO, 1985).

## **2.2 Gramados**

### **2.2.1 Espécies de grama**

A Família das Gramíneas (Gramineae) é uma família botânica que engloba inúmeras espécies. E recebe a seguinte classificação:

- Divisão: Angiospermae
- Classe: Monocotyledoneae
- Ordem: Graminales
- Família: Gramineae

Segundo Gurgel (2003), as Gramíneas possuem mais de 10.000 espécies dispersas pelo mundo. As mais importantes servem como alimentação humana, como o arroz e o trigo, ou ainda como alimentação animal como as brachiarias, também havendo outras que são usadas até em construções, como os bambus.

A presente revisão bibliográfica visa tratar das variedades que podem ser usadas como gramas ornamentais, como gramas destinadas a práticas esportivas ou como gramas com outras utilidades estéticas e ambientais.

Pode-se classificar as gramas ornamentais e esportivas em dois grandes grupos: gramas de clima quente e gramas de clima frio. As espécies de grama de clima quente são as que mais se adaptam ao clima do Brasil, e se caracterizam por não possuírem capacidade de entrar em dormência em longos invernos de temperatura abaixo de zero, e se regenerar após este período. Ao contrário, possuem capacidade de se desenvolverem em altas temperaturas, sendo que algumas variedades toleram geadas esporádicas e outras espécies toleram baixas temperaturas, mas sempre acima de zero. Assim sendo, uma vez adaptadas no clima subtropical e tropical, em que não há longos períodos de temperaturas abaixo de zero,

ou ocorrência de nevascas; predomina no Brasil as variedades de grama de clima quente (GURGEL, 2003). Há seis espécies consideradas como as principais espécies de clima quente:

- Santo Agostinho – *Stenotaphrum secundatum*
- Bermudas – *Cynodon spp.*
- Zoysia – *Zoysia spp.*
- Centipede – *Eremochloa ophiuroides*
- Bahia ou Batatais – *Paspalum notatum*
- São Carlos ou Curitiba – *Axonopus compressus*

Outra espécies consideradas de espécies de clima quente:

- Kikuo – *Pennisetum clandestinum*
- Seashore paspalum – *Paspalum vaginatum*
- Buffalo grass – *Buchloe dactyloids*

É possível ainda, dividir as gramas de clima quente em dois grandes grupos:

- Rizomatosas – Onde a base do desenvolvimento vegetativo se dá a partir de rizomas sub-superficiais.
- Estoloníferas – Onde a base do desenvolvimento vegetativo se dá a partir de estolões superficiais.

A partir desta classificação é que se determina qual espécie pode ou deve ser usadas em diferentes situações. As variedades rizomatosas possuem grande capacidade de regeneração, principalmente se a injúria for causada por tráfego excessivo. Isto ocorre devido ao fato dos rizomas, que são à base do crescimento vegetativo, estarem enterrados em sub-superfície. Desta forma, os rizomas ficam protegidos de danos mecânicos diretos. É por isso que as variedades de grama de clima quente rizomatosas se prestam perfeitamente para gramados esportivos, onde o tráfego é intenso, e sempre ocorrem danos superficiais. Entretanto, justamente devido a esta alta capacidade de recuperação, também são variedades altamente exigentes em manutenção, desde adubação até poda, havendo situações específicas em que a poda deve ser diária. São exemplos de gramas de clima quente Rizomatosas, as variedades de Bermudas, de Zoysia e de Batatais (GURGEL, 2003).

Já as variedades consideradas estoloníferas, não possuem boa capacidade de suportar tráfego intenso, uma vez que este tráfego irá danificar os estolões, que são superficiais. São gramas mais sensíveis ao pisoteio, não devendo ser usadas em áreas de tráfego intenso, e menos ainda em gramados esportivos. Suas folhas são geralmente mais largas, conferindo a este grupo de variedades de grama uma grande capacidade de se desenvolver bem em áreas sombreadas, onde suas folhas mais largas compensam a deficiência de luz com uma maior área foliar e, portanto, uma maior capacidade de realizar fotossíntese. Servem bem para áreas ornamentais por possuírem um tom de verde mais forte do que as gramas rizomatosas, se considerarmos o mesmo estado nutricional para ambas. Como exemplos de gramas de clima quente estoloníferas tem-se: a grama Santo Agostinho e a grama São Carlos (GURGEL, 2003).

### **2.2.2 Principais Gramas de Clima Quente**

#### **Grama Santo Agostinho – *Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze**

*Origem:* a grama Santo Agostinho, também conhecida como grama inglesa, tem sua origem na Europa central, apesar de algumas controvérsias que atribuem a grama como nativa das Américas. Há relatos escritos do uso desta grama na Florida, EUA em 1880; assim como registros de que teria sido a grama trazida da Europa para ser plantada nos gramados em formação da ESALQ/USP – Piracicaba.

*Características:*

- Hábito de crescimento: estolonífero
- Textura: folhas largas
- Densidade: média à alta
- Cor: verde escuro
- Bainha dobrada e lígula membranácea, frangeada, com poucos pêlos.
- Reprodução predominante: vegetativa (estolões, plugs ou tapetes).
- Variedades: Floratam, Raleigh, Palmetto e comum.
- Principais problemas: baixa resistência ao pisoteio
- Ciclo: perene

*Usos:* É uma grama muitíssimo utilizada no Sudoeste dos EUA, onde corresponde a mais de 80% dos gramados residenciais e ornamentais. Tem ótima adaptação a áreas sombreadas e a áreas salinas. Algumas variedades como Palmetto e Raleigh apresentam excelente resistência a baixas temperaturas, chegando a resistir temperaturas de até  $-5^{\circ}\text{C}$ . Pode ser usada em gramados residenciais, parques e indústrias, porém não devem ser usadas em gramados esportivos, devido à sua baixa resistência ao pisoteio. É recomendada para solos de média à alta fertilidade, com boa drenagem e de composição mista, tendendo para mais arenosos. Deve ser mantida com uma altura de corte de 2,5 a 6,0cm, dependendo do local onde é utilizada. Locais mais sombreados devem ser mantidos no limite superior de corte, já os mais ensolarados podem ser mantidos no limite inferior de altura de corte.

#### ***Zoysias – Zoysia spp.***

Este gênero de gramas engloba três espécies principais: *Z. japonica*, *Z. matrella* e *Z. tenuifolia*. A mais conhecida e usada no Brasil é a *Z. japonica*, também conhecida como Esmeralda. Durante muitos anos foi atribuída a esta variedade erroneamente o nome científico de *Wild zoysia* (*Zoysia* selvagem). Atualmente, esta variedade representa a grande maioria dos gramados instalados e em produção no Brasil. Existem também híbridos interespecíficos, isto é, resultantes do cruzamento de duas espécies distintas. É o caso da variedade “Emerald”, resultante do cruzamento de *Z. japonica* com *Z. tenuifolia*. A reprodução é majoritariamente vegetativa, podendo ser por também por sementes.

#### ***Zoysia japonica Steud.***

*Origem:* A grama *Z. japonica* (ou Esmeralda) é originária da Ásia, principalmente do Japão, onde a primeira referência escrita a gramados foi descrita em “Man-yo-shu”, uma coleção de poemas datados de 759 a.C. que provavelmente estavam ligados ao gênero *Zoysia*. Foi introduzida nos EUA em 1895, onde após a domesticação, gerou diversas variedades melhoradas. No Brasil, foi introduzida no início da década de 80, pelo Sr. Minoru Ito (Itograss), trazida dos EUA.

#### *Características:*

- Hábito de crescimento: rizomatoso

- Textura: folhas finas ou médias, dependendo da variedade.
- Densidade: excelente, mas com baixo crescimento lateral.
- Cor: verde claro podendo chegar a um verde mais forte.
- Bainha dobrada, com lígula frangeada e pêlos de comprimento médio.
- Variedades: Esmeralda, ITG-3 e ITG-5.
- Principais problemas: pode desenvolver uma grande camada de *thatch*, se não manejada corretamente. Exigente em adubação nitrogenada. Difícil controle contra “invasão” de canteiros de flores.
- Ciclo: perene.

*Usos:* *Z. japonica* é uma grama de ampla adaptação às condições brasileiras, podendo ser usada de Norte a Sul, em regiões litorâneas ou nos Planaltos. Devido à sua boa capacidade de resistência ao pisoteio, foi durante muitos anos a variedade dos principais gramados de futebol do Brasil, como Maracanã, Morumbi, Mineirão e outros. Também é a espécie de grama da grande maioria dos gramados residenciais brasileiros, e sua produção, apesar de concentrada no Estado de São Paulo, está distribuída por muitos estados como PR, RJ, ES, MG, GO, DF, BA, MS e RN. Devido ao seu forte sistema radicular e rizomas, é uma grama bastante usada em contenção de taludes e em áreas de potenciais problemas de erosão. Adapta-se a diferentes tipos de solo, desde arenosos, a argilosos; exceto os solos com baixa capacidade de drenagem. Desenvolve-se bem em áreas de plena insolação, tolerando um mínimo de sombreamento. Sua altura de corte ideal é de 1,25 a 3,0 cm. Durante muitos anos houve apenas uma variedade disponível no mercado brasileiro. Atualmente, novas variedades patenteadas estão chegando ao mercado brasileiro, como a ITG-5, de folhas mais largas que facilitam a poda (ou roçada), e de maior crescimento lateral; e a ITG-3 de folhas mais finas e delicadas. Nos EUA, uma variedade bastante antiga (lançada em 1951), e conhecida, é Meyer.

### **Grama Bermudas – *Cynodon spp.* L.C.Rich**

Conhecida como uma das piores ervas daninhas do mundo (a conhecida grama seda), mas também como sendo a planta com a maior distribuição geográfica do planeta. De pastagens à “greens” de campos de golf, que fazem a grama parecer uma mesa de bilhar, às gramas Bermudas se recuperam muito rápido de perdas (ou podas) de folhas. A alta

taxa de crescimento deste gênero, resulta em uma capacidade de altíssima recuperação em áreas marginais ou danificadas por tráfego excessivo. Chegou a ser demonstrado (BUSEY e MYERS, 1979), que num ambiente ideal de crescimento, temperatura, umidade e nutrição e com multiplicações freqüentes e programadas, seria possível em um ano, a partir de 1m<sup>2</sup> de Bermuda, cobrir 50% da área do mundo.

*Origem:* As variedades primitivas são originárias da África, de onde foram introduzidas nos EUA em 1751. Em 1920, variedades de Bermuda já eram utilizadas em gramados residenciais e em campos de golf.

*Características:*

- Hábito de crescimento: estolonífero-rizomatoso
- Textura: Folhas finas a médias.
- Densidade: alta e excelente.
- Cor: Verde de intensidade moderada à verde intenso e profundo.
- Bainha dobrada, lígula frangeada com presença de pêlos e facilmente confundida com a lígula de Zoysias. Porém, seus perfilhos são mais prostrados se comparados aos de Zoysias (erectos), suas folhas possuem pêlos esparsos nas duas faces, enquanto as folhas de Zoysia tem mais pêlos na face superior das folhas, e seus rizomas e estolões são mais macios e delicados, em oposição aos de Zoysia que são grossos, duros e pontiagudos. Reprodução vegetativa ou por sementes.
- Principais problemas: não tolera áreas sombreadas, é altamente exigente em nutrição e umidade e manutenção (poda), exatamente devido ao seu alto potencial de recuperação e conseqüentemente de consumo. Não se desenvolve bem em áreas de má drenagem, nem em solos compactados. Também não se desenvolve bem em baixas temperaturas, passando para uma cor marrom (princípio de dormência) em temperaturas abaixo de 8°C. Tolerar apenas geadas leves, mas acaba morrendo em temperaturas abaixo de zero por muitos dias seguidos.

*Usos:* As variedades são na sua maioria, amplamente utilizadas em gramados esportivos, devido às suas características de rápida recuperação. Em Campos de futebol no Brasil tem-se assistido a uma gradual substituição de Esmeralda, por variedades de grama Bermudas, principalmente híbridos. Mas nos EUA, a maioria dos campos de *golf* são compostos de grama

Bermudas, sendo que as “anãs”, que possuem folhas de dimensões bastante pequenas, são utilizadas em *greens* de campos de *golf*, e outras variedades compõem os *fairways*. Também podem ser usadas em gramados residenciais, desde que seus proprietários estejam cientes e dispostos a investir pesado em poda, nutrição e irrigação. A altura ideal de corte pode variar de 2 a 25mm.

*Variedades:* Há oito espécies reconhecidas, mas apenas 3 se encaixam como variedades esportivas ou ornamentais:

*C. dactylon* 2n=36 (comum, U-3)

*C. transvaalensis* 2n=18 (Bermuda Africana)

*C. magenissii* 2n=27 (Tifton 328, 419, Tifdwarf e muitos outros). Híbridos interespecíficos de *C. dactylon* x *C. transvaalensis*.

As variedades de *C. dactylon* apresentam folhas mais largas do que as outras espécies de Bermuda, são mais sensíveis a baixas temperaturas, entrando em dormência mais rapidamente, possuem rizomas e estolões, e uma alta produção de sementes viáveis. Já as variedades de *C. transvaalensis* tem folhas mais finas, alta retenção de verde no início do inverno (menor sensibilidade ao frio), são mais estoloníferas, com uma produção média de sementes. Os híbridos são a exata mistura das duas espécies, possuindo uma ampla faixa de largura de folhas, variação de retenção de verde no outono, rizomas e estolões, e estéreis, sem produção de sementes.

### **Grama São Carlos – *Axonopus compressus* Chase**

*Origem:* Sua mais provável origem é a América do Sul, podendo ser nativa da região Sul do Brasil, de onde vem uma de suas denominações: Curitiba.

*Características:*

- Hábito de crescimento: estolonífero
- Textura: folhas largas e pilosas
- Densidade: baixa
- Cor: verde brilhante
- Bainha dobrada, e lígula apresentando anel de pêlos difusos na base.
- Reprodução: vegetativa por estolões plugs e tapetes; e por semente.

- Variedades: são pouco conhecidas. Além da São Carlos comum, há a São Carlos Paulista, que tem folhas mais largas e onduladas, e uma maior capacidade de tolerar áreas ainda mais sombreadas, além de crescer mais rápido.
- Principais problemas: baixa resistência ao pisoteio, má formação de tapetes, devido aos seus estolões susceptíveis a apodrecimento. Sensível a algumas doenças foliares e de solo.

*Usos:* Tem boa adaptação a áreas sombreadas, podendo ser usada em projetos específicos. Não é utilizada em gramados esportivos devido ao seu hábito estolonífero, e conseqüentes baixa capacidade de regeneração a danos mecânicos. Média exigência em termos de nutrição, não se adapta a solos pesados e mal drenados. Ciclo perene. Sua altura ideal de poda deve ser mantida em torno de 3 a 4cm.

### **2.2.3 Mercado brasileiro de gramas**

Segundo Zanon (2003), para melhor definir o mercado brasileiro de gramas e suas características, deve-se inicialmente separá-lo em duas categorias: gramas nativas e gramas cultivadas. As gramas nativas têm como característica principal a dificuldade de serem produzidas, ou seja, na grande maioria dos casos ocorre o puro extrativismo. A grande vantagem da utilização das variedades nativas está no baixo custo do metro quadrado.

Como principais exemplos de gramas nativas, podem ser citadas: a grama Batatais, assim conhecida no interior de São Paulo, pois em outros estados possui outras denominações como Boiadeira ou Cuiabana; e a grama São Carlos ou Sempre Verde, que apesar de ser cultivada, também é extraída principalmente no Paraná. As gramas cultivadas, como o próprio nome diz, são cultivadas com o objetivo de ser, se não a fonte principal de receitas do produtor, uma diversificação em sua produção e diferenciando das gramas nativas é que possuem uma certa padronização. As principais vantagens das gramas cultivadas em relação às gramas nativas são a padronização dos tapetes e uma oferta mais homogênea. Já sendo produzidas em áreas destinadas a esse fim, normalmente irrigadas, sua oferta é mais homogênea durante o ano do que a grama nativa. Como exemplo de gramas cultivadas, podem ser citadas a Esmeralda, a São Carlos, a Santo Agostinho e os diversos tipos de Bermudas.

Dentre os consumidores de gramas no Brasil, pode-se citar: obras públicas, parques industriais, áreas esportivas, e jardins residenciais.

Apesar do Brasil não possuir dados consolidados da quantidade de grama comercializada, pode-se concluir que, baseados na experiência e em algumas informações obtidas na Itograss, a maior empresa produtora de grama do Brasil, que o mercado anual brasileiro de grama é de aproximadamente 170 milhões de metros quadrados, sendo 70% ou 120 milhões de gramas nativas e o restante, 50 milhões ou 30% de gramas cultivadas. Quanto à comercialização, na média, o preço médio das gramas nativas no Brasil gira em torno de R\$ 0,80m<sup>-2</sup> e das gramas cultivadas é de aproximadamente R\$ 1,20m<sup>-2</sup>. Baseados nestes dados foi dimensionado o mercado brasileiro de grama em aproximadamente R\$ 155 milhões de reais (ZANON, 2003).

Segundo a TURFGRASS PRODUCERS INTERNATIONAL (2002), documentam e concluem muitos benefícios dos gramados ao nosso ambiente, como:

- Fornecer um ajuste natural, confortável e seguro para o divertimento e a prática de esportes;
- Liberar oxigênio – 232,25m<sup>2</sup> de gramados liberam oxigênio suficiente para uma família de quatro pessoas respirarem;
- Refrigerar o ar – num dia quente do verão os ambientes gramados terão temperaturas inferiores aos com asfalto ou com o solo descoberto;
- Controlar a poluição e reduzir a erosão do solo;
- Purificar e reter a água para os lençóis freáticos;
- Satisfazer o ser humano pela beleza da paisagem – as pessoas recuperam-se mais rapidamente em um hospital dotado de vista para paisagens do que em outros onde só se vêem paredes;
- Os gramados prendem e removem a poeira e a sujeira do ar.
- Valorização do imóvel;

Para a formação de gramados existem dois tipos de comercialização das mudas: em tapetes ou rolos e em plugs. Os plugs são gramas oferecidas em formas de pequenas mudas dispostas em bandejas. A produção de plugs emprega procedimentos semelhantes à produção de outras mudas de plantas que se proliferam vegetativamente. Os

plugs têm como principal virtude comercial o baixo custo de implantação e formação de um gramado, tendo estimada e comprovada uma redução de até 1/3 no capital envolvido. O tempo de formação de um gramado implantado por plugs varia de 03 a 08 meses, variando, principalmente, em função da variedade de grama escolhida, das condições do solo e do clima (PIMENTA, 2003).

### **2.3 Sistema de irrigação localizada**

Hiler & Howell (1973) comentam que a maior parte do consumo de água no oeste dos Estados Unidos pode ser atribuída à agricultura irrigada. Como o suprimento de água torna-se restrito e na maioria das vezes preciosa, torna-se importante aumentar a eficiência de aplicação da água dos métodos de irrigação. Deste modo, os métodos de irrigação localizada oferecem considerável promessa para aumento da eficiência do uso da água.

Schmidt (1995) afirma que os sistemas de irrigação localizada são projetados para que aproveitem ao máximo os recursos hídricos disponíveis, permitindo a irrigação das culturas mesmo com a utilização de pequenos mananciais, que seriam insuficientes para o uso dos demais métodos de irrigação.

A expansão do uso de irrigação localizada deve-se, entre outros fatores, às vantagens potenciais que, segundo Bucks et al. (1982), enumeram-se como: maior eficiência da água; obtenção de uma maior produtividade; maior eficiência na fertirrigação; limita o crescimento de plantas daninhas; pequena necessidade de mão de obra; não interfere nas práticas culturais e menor requerimento de energia em relação a outros sistemas pressurizados de irrigação.

Suas principais limitações constituem na possibilidade de obstrução total ou parcial dos emissores (principalmente os gotejadores); possibilidade da concentração do sistema radicular no volume de solo úmido, ocasionando em alguns casos uma diminuição da estabilidade da planta; acúmulo de sal na periferia do bulbo molhado; e elevado custo inicial.

Soares et al. (1993) avaliando o desempenho de sistemas de irrigação localizada, constataram que o coeficiente de uniformidade de distribuição de vazão e problemas com entupimento de gotejadores e microaspersores, podem variar com o tempo.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local do experimento**

O experimento foi desenvolvido em área da Fazenda Experimental do Lageado, Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP, município de Botucatu, SP, Brasil, com coordenadas geográficas de 22°55'S e 48°26'WGr em uma altitude de 786m, no período de março de 2003 a março de 2004.

#### **3.2 Clima**

O clima do município de Botucatu-SP é classificado segundo ao sistema Köpen como Cwa: Clima temperado de altitude (mesotérmico), com chuvas no verão e seca no inverno, sendo a temperatura média anual de 20,6° C e temperatura máxima e mínima de 23,5° C e 17,4° C, respectivamente, precipitação anual de 1.500 mm e uma evapotranspiração média anual de 692 mm.

#### **3.3 Estação Experimental de Tratamento de Efluente Doméstico do Lageado (ETL)**

O efluente utilizado na irrigação das espécies de grama foi proveniente da Estação Experimental de Tratamento de Efluente Doméstico do Lageado, que se encontra

nas proximidades da Colônia da Olaria e Chafariz, constituída por 15 casas habitadas aproximadamente por 60 pessoas, estando em funcionamento deste 1996 (Figura 1).

Todo esgoto produzido nas referidas colônias é coletado e conduzido até a estação por duas redes compostas por tubulação de PVC com diâmetro de 100mm e, aproximadamente, 150m de extensão cada.

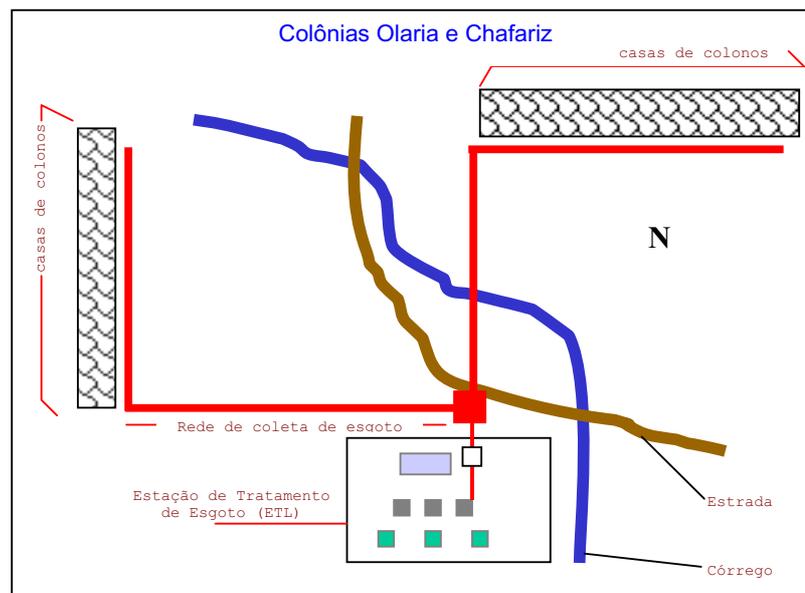


Figura 1: Esquema geral da área experimental, localizada na Fazenda Experimental Lageado, FCA/UNESP, sem escalas e dimensões.

Primeiramente ocorre o encontro dos despejos trazidos pelas duas redes, os quais são conduzidos primeiramente para o sistema de decantação, composto por três caixas de cimento amianto com capacidade de 1000L, onde ocorre a separação das fases líquida e sólida do esgoto. A fase sólida, também chamada lodo de esgoto, que fica retida nas referidas caixas é retirada periodicamente, e depois de seca é utilizada como fonte de nutrientes para plantas de interesse agrícola, conforme pesquisa realizada por Breda (2003).

A fase líquida segue para leitos de pedra britada, também implantados em caixas de cimento amianto de 1000L de capacidade e, posteriormente, para o sistema fitopedológico, que é composto por macrófitas aquáticas implantadas em substrato filtrante, responsáveis pela depuração do efluente. No caso da ETL, utilizam-se plantas de uma espécie de Junco (*Juncus sellovianus*) em substrato composto por 1 parte de solo médio e 3 partes de

casca de arroz *in natura*. Apesar desse tratamento proporcionar melhoras consideráveis na qualidade do efluente, o mesmo passa ainda por mais uma etapa, constituída por 5 valas de alvenaria, onde são cultivadas plantas de uma espécie aguapé (*Eicchornia spp*), para aumentar a eficácia do tratamento. Parte do efluente tratado é despejado no Ribeirão Lavapés, e outra parte é coletada em um tanque de PVC e utilizada na irrigação das espécies de grama que foram estudadas no presente experimento. As etapas do tratamento de efluentes realizado pela Estação Experimental de Tratamento de Efluentes Doméstico do Lageado pode ser observada pela Figura 2.

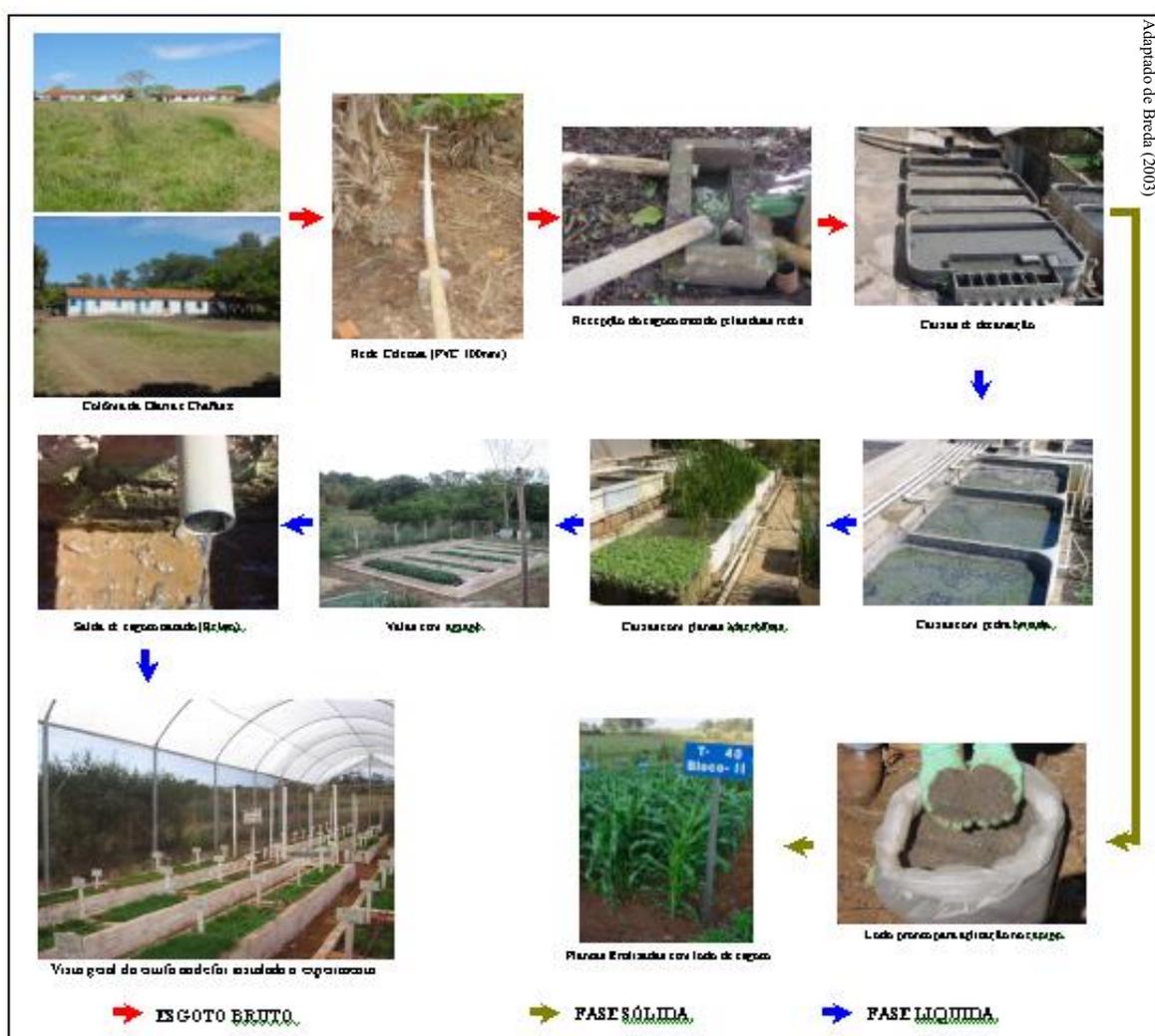


Figura 2: Etapas do tratamento de esgoto realizado pela Estação experimental de efluentes doméstico do Lageado.

### 3.4 Espécies de grama

A escolha de se trabalhar com espécies de grama, se deve ao fato de que a grama além de possuir valor no mercado como ornamentação e forração de praças, jardins e campos esportivos, não é utilizada como alimento pelo ser humano e, portanto a utilização de água contaminada por esgoto não deprecia o produto e os riscos de contaminação para o homem é menor. Outro fator importante que determinou nessa escolha é a indicação da literatura específica em reúso de água (Mancuso & Santos, 2003; Rebouças et al., 1999) que afirma que um dos principais fins de uso desse tipo de material fosse em irrigação de gramados.

As espécies de grama utilizadas nesse experimento foram:

- Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*): Também conhecida como grama inglesa, muito utilizada em áreas serranas e a beira-mar, em função da sua boa resistência a temperaturas baixas e solo salino. Apresenta folhas de médias a largas, cor verde-escuro, estolões abundantes e boa rusticidade.
- Bermudas (*Cynodum dactylon x Cynodum transversalis*): Grama de folha estreita, de cor verde intenso quando bem adubada, crescimento rápido e excelente resistência ao pisoteio. É a grama mais indicada para formação de campos esportivos, em função da sua maciez e alta capacidade de regeneração. Não tolera sombra, sendo a espécie mais exigente em luminosidade.
- Esmeralda (*Zoysia japônica* Steud.): Entre as gramas cultivadas, é a mais comercializada no Brasil, da região sul até a região nordeste. Apresenta folhas médias, cor esmeralda, grande número de estolões, formando um perfeito tapete verde boa resistência ao pisoteio. É indicada para a formação de jardins residenciais, áreas industriais, áreas esportivas e excelente para o controle de erosão.
- São Carlos (*Axonopus compressus* Chase.): Também conhecida como curitibana, apresenta folhas largas, cor verde intenso, com estolões rastejantes e com boa rusticidade. É indicada para formações de jardins residenciais, industriais e principalmente em regiões de clima frio. Adapta-se bem tanto em áreas ensolaradas, quanto em áreas semi-sombreadas.

Foram utilizados plugs de gramas como meio de propagação, os quais foram cedidos pela Empresa Itograss, localizada em Itapetininga, SP. Os plugs de grama foram transplantados no dia 14 de maio de 2003, e o espaçamento utilizado foi de 0,33 por 0,33m.

### 3.5 Instalação do experimento

O experimento foi instalado em casa de vegetação, cuja área de 144m<sup>2</sup> (dimensão 24,0 x 6,0m), de estrutura metálica, coberta com filme plástico de polietileno transparente de 150μ e com revestimento lateral com sombrite de malha 70mm.

No interior da casa de vegetação, já existiam 8 canteiros de alvenaria que foram cultivados anteriormente com a cultura do pepino (*Cucumis sativus*). Aproveitando-se a estrutura existente, subdividiu-se cada canteiro em 6 partes iguais, perfazendo um total de 48 parcelas. Cada parcela possuía uma área de 0,676m<sup>2</sup> (dimensão 1,30 x 0,52m).

O solo do experimento, segundo a classificação feita por Carvalho et al. (1983), é um LATOSSOLO VERMELHO ESCURO Distrófico – LE<sub>d</sub>, série patrulha, atualmente denominado LATOSSOLO VERMELHO, segundo EMBRAPA (1999).

Sabe-se pelo histórico da área, que o solo utilizado com o cultivo de pepino foi infestado por nematóides. Por isso, encaminhou-se ao Laboratório de Nematologia do Departamento de Produção Vegetal da FCA/UNESP amostras de solo para análise nematológica, conforme pode ser observado na Quadro 2.

Quadro 2: Resultados da análise nematológica antes da instalação do experimento.

Nematóides encontrados	Canteiros								Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	
<i>Meloidogyne sp.</i>	01	00	00	22	02	00	04	60	11,1
<i>Pratylenchus sp.</i>	00	00	01	00	00	00	00	00	0,13
<i>Helicotylenchus dihystera</i>	03	01	04	20	03	08	00	00	4,87
<i>Criconematidae</i>	00	01	00	03	00	00	00	00	0,50
<i>Xiphinema sp.</i>	00	00	00	00	01	00	00	00	0,13
<i>Rotylenchulus reniformis</i>	00	00	20	60	00	11	08	18	14,6
Nematóides não fitoparasitos	40	33	52	220	60	34	16	42	62,1

Para que se possa avaliar possíveis alterações causadas no solo pela prática da irrigação com reúso de água, deve-se saber qual era o estado do solo antes de se realizar tal prática, por isso foi enviada para o Laboratório de Fertilidade do Solo, do Departamento de Recursos Naturais, Área Ciência do Solo da FCA/UNESP amostras de solo para análise química básica e de micronutrientes do solo com profundidade de 0-10cm, com objetivo de verificar a fertilidade antes de se iniciar o desenvolvimento do experimento e também para se fazer à recomendação de adubação e calagem. Os resultados dessas análises estão apresentados nos Quadros 3 e 4 e serão adotados como sendo o estado inicial do solo.

Quadro 3: Resultados da análise química do solo da área experimental antes da instalação do experimento com 0-10cm de profundidade.

pH	M.O	P <sub>resina</sub>	Al <sup>+3</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl <sub>2</sub>	(g dm <sup>-3</sup> )	(mgdm <sup>-3</sup> )	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							
6,2	16,5	90,2		21,0	2,3	63,0	22,0	87,5	108,5	81,5

Quadro 4: Concentrações de micronutrientes no solo da área experimental antes da instalação do experimento com 0-10cm de profundidade.

Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
mg dm <sup>-3</sup>				
0,18	0,65	17,5	2,7	4,1

### 3.6 Controle de Nematóides

Apesar da literatura não citar a suscetibilidade dos gramados pelos nematóides, optou-se por fazer o controle químico com o uso do produto comercial Basamid. Trata-se de um produto para fumigação de solo com amplo espectro de ação com eficácias sobre bactérias, fungos, nematóides e plantas daninhas. Sua aplicação se destina ao cultivo de fumo, plantas ornamentais, hortaliças, viveiro de mudas e outros. A dosagem recomendada é 250g do produto para cada m<sup>3</sup> de solo.

Após aplicação do produto, e aguardado o tempo de ação do mesmo (30 dias), foi coletada novamente amostra de solo e enviadas ao Laboratório de Nematologia a fim de verificar a eficiência no controle. Conforme se pode observar no Quadro 5, verifica-se um resultado positivo no controle de nematóides.

Quadro 5: Resultados da análise nematológica após aplicação do produto químico.

<b>Nematóides encontrados</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Média</b>
<i>Meloidogyne sp.</i>	00	00	00
<i>Pratylenchus sp.</i>	00	00	00
<i>Helicotylenchus dihystera</i>	00	00	00
<i>Criconematidae</i>	00	00	00
<i>Xiphinema sp.</i>	00	00	00
<i>Rotylenchulus reniformis</i>	00	00	00
Nematóides não fitoparasitos	40	60	50

### 3.7 Recomendação de Adubação e Calagem

Para adubação e calagem seguiu-se a recomendação de Godoy<sup>1</sup> (2003), em conformidades a análise de solo. A prática da calagem é recomendada para elevação da saturação de bases (V%) a 65%, conforme o Quadro 3 verificou-se a V% de 81,5%, portanto não havendo a necessidade de correção do solo.

Também verificado no Quadro 3 e 4 observou-se que, para o cultivo de grama, necessitou-se apenas de adubação por cobertura de nitrogênio e potássio, na forma de uréia e cloreto de potássio respectivamente.

A quantidade da adubação nitrogenada por cobertura varia de espécie para espécie, sendo a grama Santo Agostinho a mais exigente (40-50g de N m<sup>-2</sup>), seguindo da grama Bermudas (50g de N m<sup>-2</sup>), a grama Esmeralda (40g de N m<sup>-2</sup>) e a grama São Carlos (20g de N m<sup>-2</sup>). A quantidade aplicada de K, na forma de pelo cloreto de potássio foi de 100g m<sup>-2</sup>, independente da espécie de grama a ser cultivada. Também, recomendou-se fazer adubação (N e K) em 3 épocas distintas, aplicando-se: P1- 30 dias após o transplântio (d.a.t.), P2 - 90 d.a.t. e P3 – 120 d.a.t.

Conforme escrito anteriormente, cada parcela possuía uma área de 0,676m<sup>2</sup> (dimensão 1,30 x 0,52m), portanto o peso dos adubos aplicados por parcela segue na Quadro 6.

<sup>1</sup> GODOY, L.G. de, Botucatu: Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo, FCA/UNESP 2003 (Informação Verbal).

Quadro 6: Quantidade de adubos para adubação por cobertura, em g parcela<sup>-1</sup> de uréia e cloreto de potássio.

Espécies	Quantidade de N por parcela (g parcela <sup>-1</sup> )	Quantidade de uréia (45% de N) por parcela (g parcela <sup>-1</sup> )	Quantidade de KCL (60% de K <sub>2</sub> O) por parcela (g parcela <sup>-1</sup> )
Santo Agostinho	30,42	67,60	67,60
Bermudas	33,80	75,11	67,60
Esmeralda	27,04	60,08	67,60
São Carlos	13,52	30,04	67,60

### 3.8 Sistema de irrigação

Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento com linhas laterais superficiais, montadas em tubulação de polietileno com diâmetro interno de 14mm e 1mm de espessura de parede, resistente a radiação ultravioleta. Gotejadores KATIF com vazão de 3,75L H<sup>-1</sup>, espaçados de 0,5m de maneira que cada parcela fosse irrigada por 2 gotejadores.

Para que fosse possível a irrigação das parcelas, com reúso de água de abastecimento da Sabesp de maneira casualizada, duas linhas de distribuição foram montadas e dois reservatórios foram utilizados. Conforme representado na Figura 3.

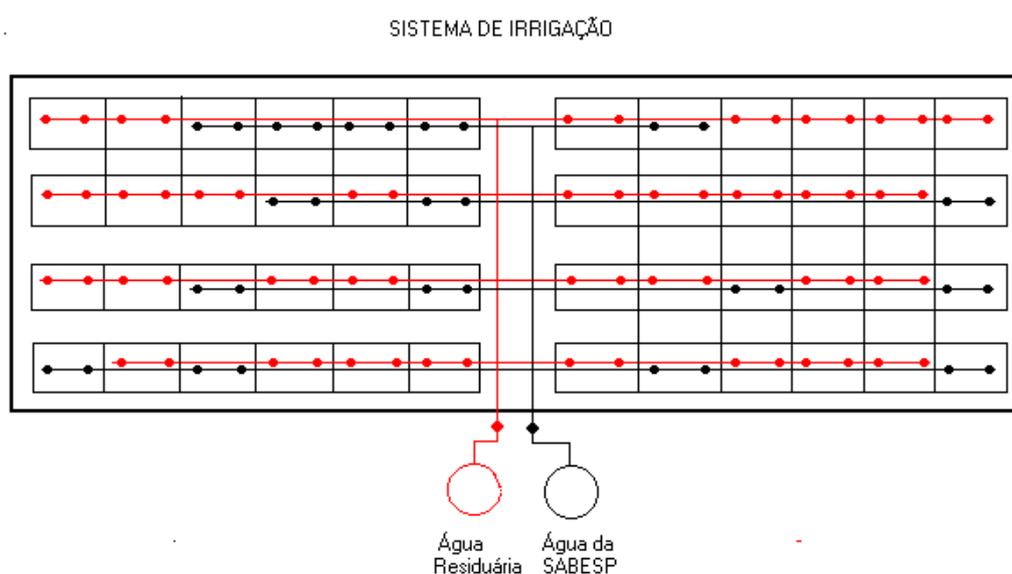


Figura 3: Esquema do sistema de irrigação do experimento, sem escalas e sem dimensões.

### 3.9 Manejo da irrigação

Para o manejo da irrigação foi utilizado Tanque Classe A para determinação da evapotranspiração de referência ( $Et_0$ ) no interior da casa de vegetação, conforme a metodologia de Doorenbos & Kassan (1994), onde:

$$Et_0 = Eca \times K_p$$

sendo:

$Eca$ , a evaporação do tanque Classe A, em  $\text{mm dia}^{-1}$ ;

$K_p$ , um coeficiente de conversão de evapotranspiração do tanque Classe A em evapotranspiração de referência.

O coeficiente  $K_p$  adotado foi 0,8, sugerido por Doorenbos & Kassan (1994). Para a evapotranspiração real ( $Et_m$ ) a equação utilizada segue-se

$$Et_m = Et_0 \times K_c$$

sendo:

$K_c$ , o coeficiente de cultura;

$Et_0$ , a evapotranspiração de referência.

O coeficiente de cultura ( $K_c$ ) adotado nos primeiros seis meses após o transplântio foi de 0,7. Após esse período adotou-se o valor de 1,2 em função do aspecto das espécies Santo Agostinho e São Carlos, que possuem folhas mais largas, dando a impressão de uma necessidade maior de água.

A frequência de irrigação adotada foi de 2 dias, visando repor a água perdida por evaporação nesse período.

### 3.9 Coeficiente de uniformidade de irrigação

Para a avaliação do sistema de irrigação calculou-se o coeficiente de uniformidade de irrigação pela metodologia descrita por Pizarro (1996).

$$CU = \frac{q_{25}}{q_a}$$

sendo:

CU, o coeficiente de uniformidade e irrigação;

$q_{25}$ , a vazão média dos 25% dos emissores com menor vazão;

$q_a$ , a vazão média de todos os emissores da linha lateral.

Os valores encontrados para água de reúso e água de abastecimento da Sabesp foram 92% e 96%, respectivamente, portanto com boa uniformidade de aplicação de água.

### **3.10 Delineamento experimental**

Foi utilizado no experimento o Delineamento inteiramente casualizado, num fatorial 4 x 3, sendo 4 espécies de grama e 3 tipo de águas de irrigação, seguidos de 4 repetições totalizando 48 parcelas.

As espécies de grama cultivadas foram: E1- Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*); E2- Bermudas (*Cynodum dactylon x Cynodum transvalensis*); E3- Esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.) e E4- São Carlos (*Axonopus compressus* Chase). E os tratamentos foram: T1- Irrigação com reúso; T2- Irrigação com reúso + adubação química e T3- Irrigação com água de abastecimento da Sabesp + adubação química (Testemunha).

Os dados referentes às variáveis observadas foram analisados estatisticamente por meio do *software* SISVAR e submetidos à comparação de médias por Tukey com 5% de probabilidade.

### **3.10 Parâmetros avaliados**

As avaliações realizadas nesse experimento podem ser divididas em 3 partes: (1) Avaliação no desenvolvimento das espécies de grama; (2) Avaliação dos parâmetros físico-químicos da água e uniformidade do sistema de irrigação e (3) Avaliação no solo.

A seguir cada uma dessas variáveis serão abordadas detalhadamente.

### 3.10.1 Avaliação no desenvolvimento das espécies de grama

#### Análise foliar:

A coleta das folhas das espécies de grama que foram enviadas para análise foi resultante de aparas do corte realizado nas gramas. Essas folhas foram colocadas em sacos de papel, previamente identificados e levadas para o laboratório, onde foram lavadas com água de abastecimento da Sabesp e com água destilada, procurando dessa maneira retirar as impurezas existentes. Após a lavagem, foram colocadas em uma estufa de circulação de ar forçada com temperatura em torno de 50°C, durante 48 horas e depois de secas moídas com o auxílio de um moinho tipo Willey, marca MARCONI, modelo MA-048.

O material moído foi acondicionado em sacos de papel menores e encaminhados para análise no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo (DRN/CS) da FCA/UNESP.

As amostras foram analisadas para a determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), seguindo a metodologia de rotina do referido laboratório, sendo: Espectrofotometria de absorção atômica para K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, Colorimetria da azometina H para B, Colorimetria do metavanato para P, Turbidimetria do cloreto de bário para S e Semi-micro-Kjeldahl para N, de acordo com Malavolta et al. (1997).

#### Porcentagem de cobertura:

Essa avaliação visa avaliar a porcentagem de cobertura das espécies de grama nas parcelas durante a fase experimental. Através dessa avaliação é que se determina o tempo de duração do experimento, isto é, o término do experimento se deu quando as parcelas estiveram 100% cobertas por grama.

Com o auxílio de fotografias e do *Corel photo-paint* (versão 11), *software* para tratamentos de imagens, foi possível avaliar a porcentagem de cobertura da grama. As fotografias foram tiradas em 3 períodos distintos da fase experimental:

- Aos 90 dias após o transplântio (d.a.t.);

- Aos 180 d.a.t.;
- Aos 270 d.a.t. (parcelas 100% cobertas com grama).

#### Análise microbiológica:

##### Preparo das amostras e suas diluições:

Para a análise, 25 gramas da amostra das folhas de grama foram pesadas e homogeneizadas em 225ml de água tamponada esterilizada, em sacos plásticos apropriados, que foram levados ao Stomacher Lab Blender 400 por trinta segundos. A partir desta diluição inicial de  $10^{-1}$ , foi preparada uma série de diluições decimais, utilizando-se o mesmo diluente.

##### Determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e fecais (KORNACKI & JOHNSON, 2001):

Cada diluição da amostra foi inoculada em volumes de 1mL, em cada série de três tubos por diluição, contendo 10mL de caldo lauril sulfato com um tubo de Durham invertido. Os tubos foram incubados a 35°C por 24-48 horas. Os inóculos positivos revelaram-se pela observação da produção de gás no tubo de Durham. A seguir, três alçadas de cada tubo positivo foram repicadas em tubos de ensaio contendo 10mL de caldo lactose bile verde brilhante (CLBVB) para a confirmação da presença de coliformes totais (CT) e outras três alçadas foram repicadas em tubos de ensaio com 5mL de caldo E.C. (*Escherichia coli*) para a confirmação de coliformes fecais (CF). Todos os tubos de CLBVB e de EC continham tubos de Durham invertidos. O CLBVB foi incubado a 35°C por até 48 horas em estufa e o caldo EC, a 44,5°C por 24 horas em banho-maria. Após o período de incubação, a leitura foi realizada pela observação da presença de gás no tubo de Durham invertido.

##### Contagem de Bolores e Leveduras (BEUCHAT & COUSIN, 2001):

Foi utilizada a técnica da semeadura em superfície. Assim, um inóculo de 0,1mL das diversas diluições eram depositados na superfície do ágar batata dextrose (Difco), acidificado com ácido tartárico (pH 3,5). Após período de incubação a temperatura

ambiente de, por 5 dias, era realizada a contagem na placa entre 15 e 150 UFC (Unidade formadora de colônia).

### **3.10.2 Avaliação dos parâmetros físico-químicos da água**

As amostras de água de reúso e água de abastecimento da Sabesp foram analisadas no Laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Rural (LRH/DER) da FCA/UNESP para determinação de demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio disponível (OD), condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais (ST), coliformes (CF) e (CT), seguindo a metodologia de rotina do referido laboratório, sendo: Espectrofotômetro HACH-DR/2010, Reactor Digestion Method e Colorimetric Determination para DQO, para CE utilizou-se o condutivímetro DIGIMED-DM31 e pH do pHmetro DIGIMED-DMPH2, para ST a metodologia utilizada por Silva (1977) e, para CT e CF de acordo com o kit IDEXX/COLILERT.

Além dessas análises, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do DRN/CS, onde foram analisadas para a determinação de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, seguindo as metodologias de rotina do referido laboratório, já citadas no item 3.10.1 de acordo com Malavolta et. al. (1997).

### **3.10.3 Avaliação no solo**

#### Análise de solo:

No solo foram coletadas amostras em 2 profundidades (0-0,10m e 0,10-0,20m), que também foram encaminhadas para análise, com o intuito de se observar às modificações ocorridas no solo devida à utilização de reúso de água. As coletas das amostras foram retiradas com o auxílio de um trado de caneca, com marcações nas profundidades desejadas.

Todas as análises químicas de solo da fase experimental foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo (DRN/CS) da FCA/UNESP, onde se determinou pH, matéria orgânica (M.O.), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S),

boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), seguindo a metodologia descrita em Raij et al. (1987).

### **3.11 Dados Climatológicos**

Os dados climatológicos ocorridos no presente estudo foram apenas os ligados às variáveis de temperatura média (°C) e umidade relativa média (%). Estes dados foram obtidos no Departamento de Recursos Naturais/Ciência Ambientais da FCA/UNESP. Para facilitar o entendimento, a exposição dos dados foi feita graficamente conforme a Figura 4, sendo que os dados diários se encontram em anexo.

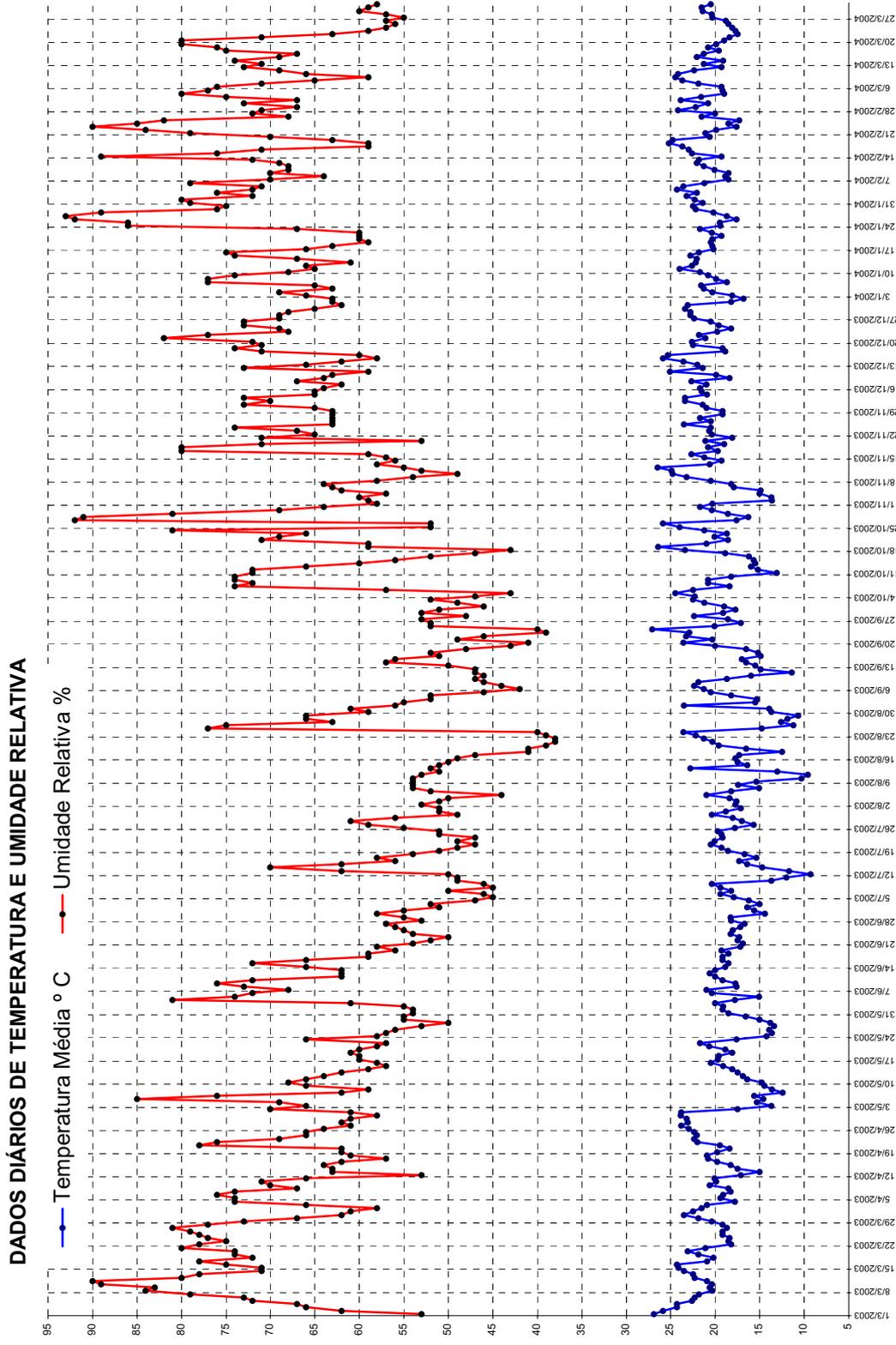


Figura 4: Dados diários de temperatura média (°C) e umidade relativa (%) referente ao período de março/2003 a março de 2004. Botucatu, SP.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Avaliação no desenvolvimento das espécies de grama**

#### **4.1.1 Análise foliar**

Conforme explicado anteriormente no item Material e métodos, as amostras foram analisadas para a determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). No entanto serão discutidos os quadros referentes aos teores de N, P e K, por serem estes os nutrientes mais importantes daqueles extraídos pelos vegetais.

Através dos resultados apresentados no Quadro 7, é possível inferir que a espécie Bermudas apresentou médias de teor de nitrogênio significativamente superior às demais, independentemente do tipo de tratamento de irrigação aplicado entre as espécies. Tal comportamento provavelmente seja resultado de características da espécie em função da manutenção do maior acúmulo de nitrogênio nos três tratamentos de irrigação utilizados.

Quadro 7. Teor de nitrogênio nas folhas, em g kg<sup>-1</sup> das espécies de grama.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	-----g kg <sup>-1</sup> -----			
Reúso	21 ab A	28 c A	17 a A	23 b A
Reúso + Ad. Química	26 b B	35 c B	21 a A	23 ab A
Testemunha	24 a AB	34 b B	20 a A	21 a A

DMS = 4,6

CV (%) = 10,89

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

O tratamento de irrigação constituído de água de reúso + adubação química apresentou uma tendência de aumento do teor médio de nitrogênio para todas as espécies de grama utilizadas, embora não significativos.

É possível observar um padrão de comportamento entre os tratamentos de irrigação aplicados, isto é, o tratamento testemunha (água de abastecimento + adubação química) e o de reúso + adubo químico apresentam valores médios de acúmulo de nitrogênio superiores em relação ao tratamento onde se aplicou somente água de reúso. Isto pode ser devido à presença do adubo químico que favoreceu o acúmulo deste nutriente. A espécie São Carlos apresentou acúmulo de nitrogênio superior no tratamento de reúso em relação à testemunha. Portanto, nota-se que a água de reúso nessa espécie, superou a adubação química em nitrogênio, compensou para a espécie Esmeralda e ficou abaixo apenas para as espécies Bermudas e Santo Agostinho.

No Quadro 8, observa-se os resultados médios obtidos para as concentrações foliares de fósforo, o que de certa forma já era esperado, considerando a baixa concentração de fósforo na água de reúso.

Quadro 8. Teor de fósforo nas folhas, em g kg<sup>-1</sup> das espécies de grama.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	-----g kg <sup>-1</sup> -----			
Reúso	2,4 a A	2,3 a AB	2,0 a A	2,5 a A
Reúso + Ad. Química	2,0 a A	2,0 a A	2,0 a A	2,0 a A
Testemunha	2,0 a A	2,7 b B	2,0 a A	2,0 a A

DMS = 0,58

CV (%) = 14,05

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Pelo Quadro 9, observa-se que os tratamentos reúso + ad. química e testemunha, apresentaram valores superiores e significativos ao tratamento reúso, exceto para a grama São Carlos. Nota-se, portanto maior absorção deste nutriente pelas espécies de grama quando adicionado por adubação química somente (testemunha), verificando-se uma inibição da absorção de potássio pela água de reúso, não afetando entretanto o desenvolvimento das plantas, o que pode ser justificado por uma superdosagem a necessidade da planta nestes tratamentos.

Quadro 9. Teor de potássio nas folhas, em  $\text{g kg}^{-1}$  das espécies de grama.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
Reúso	29 b A	25 b A	14 a A	24 b A
Reúso + Ad. Química	36 b B	31 b B	20 a B	25 a A
Testemunha	40 c B	34 b B	20 a B	25 a A

DMS = 5,22

CV (%) = 11,07

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

#### 4.1.2 Porcentagem de cobertura

O tempo de duração da fase experimental foi em decorrência da análise de cobertura do solo pelas espécies de grama, isto é, o término do experimento se deu quando as parcelas estiveram 100% cobertas por grama.

Com o auxílio de fotografias e do *Corel photo-paint* (versão 11), *software* para tratamentos de imagens, foi possível avaliar a porcentagem de cobertura da grama. As fotografias foram tiradas em 3 períodos distintos da fase experimental:

- Aos 90 dias após o transplante (d.a.t.);
- Aos 180 d.a.t.;
- Aos 270 d.a.t. (parcelas 100% cobertas com grama).

O comportamento das espécies de grama, ou seja, o tempo que necessitam para preenchimento da cobertura do solo, tem uma ligação direta com os fatores climáticos e nutricionais. Dessa forma, procurou-se fazer as discussões dessa análise considerando os dados obtidos para temperatura e umidade relativa (Figura 5).

Pelo Quadro 10 pode-se observar que a grama Bermudas apresentou porcentagem de crescimento superior as demais gramas apesar de não diferir significativamente da grama Santo Agostinho e São Carlos, já a grama Esmeralda apresentou porcentagem de cobertura menor, indicando um crescimento mais lento até os 90 d.a.t.. Esse comportamento pode ser explicado aos fatores climáticos, em que para esse período a temperatura e umidade relativa foram em média de 17,4°C e 58,6% respectivamente, os valores não muito propícios para o desenvolvimento da grama Esmeralda quando comparada com as outras espécies. Também não foi observada diferença significativa aos diferentes tratamentos aplicados nas gramas, o que leva a crer que a aplicação de reúso de água foi tão eficiente quanto ao tratamento testemunha (água de abastecimento da Sabesp + ad. química).

Quadro 10. Porcentagem de cobertura nas parcelas das espécies grama cultivadas em resposta aos tratamentos aplicados, aos 90 d.a.t. .Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- % -----			
Reúso	22 ab A	40 b A	9 a A	19 ab A
Reúso + Ad. Química	11 ab A	32 b A	4 a A	11 ab A
Testemunha	18 ab A	40 b A	4 a A	17 a A

DMS = 22,0

CV (%) = 62,28

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey à 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Comportamento similar ao anterior ocorreu também aos 180 d.a.t., conforme se pode notar no Quadro 11, em que a grama Esmeralda continuou com uma porcentagem de cobertura inferior as demais espécies de grama, e para esse período a temperatura e umidade relativa foram em média de 18,4°C e 54,7% respectivamente.

Aos 270 d.a.t. as parcelas já estavam cobertas totalmente por grama. A grama Esmeralda se igualou na cobertura do solo junto às outras espécies, porque os valores climáticos contribuíram, com uma elevação de temperatura para 21,0°C e umidade relativa para 67,1%.

Quadro 11. Porcentagem de cobertura nas parcelas das espécies grama cultivadas em resposta aos tratamentos aplicados, aos 180 d.a.t. . Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- % -----			
Reúso	90 b B	98 b A	41 a A	83 b A
Reúso + Ad. Química	69 b A	99 c A	40 a A	80 bc A
Testemunha	89 b AB	95 b A	33 a A	76 b A

DMS = 22,0

CV (%) = 16,06

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey à 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

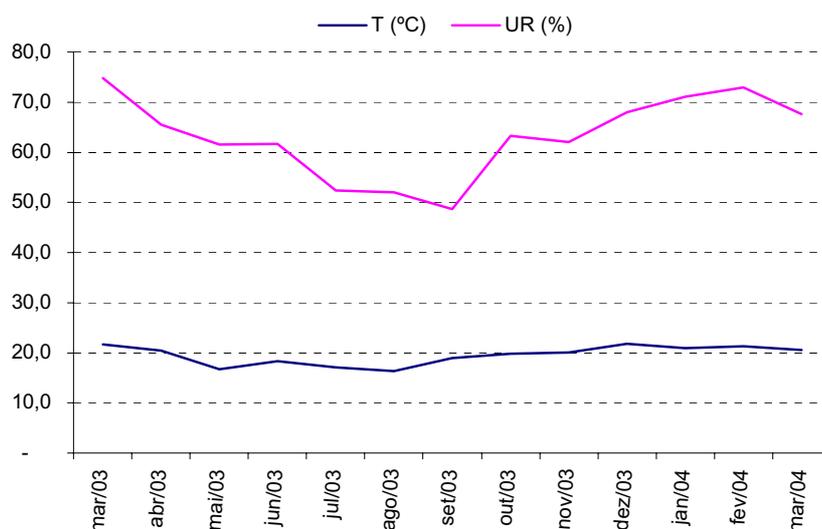


Figura 5: Variação da temperatura (°C) e umidade relativa (%) no período de março/03 a março/04. Botucatu, SP.

#### 4.1.3 Análise microbiológica

A fim de avaliar a existência de microorganismos patogênicos presentes nas espécies de grama devido a utilização de reúso de água como de irrigação, foi realizada pelo Departamento de Microbiologia e Imunologia do Instituto de Biociências, da

Unesp/Botucatu a análise microbiológica. Foram determinadas as quantidades de coliformes (totais e fecais) e bolores de leveduras nas folhas das gramas.

Pelo Quadro 12, notou-se que para todas as espécies exceto a grama bermudas, o tratamento testemunha (Sabesp + ad. química), apresentou menor valor na determinação de coliformes fecais e de bolores e leveduras quando comparados aos outros tratamentos aplicados. Não foram bons os resultados para coliformes totais, pois os valores de difícil explicação mostraram-se discrepantes. Todas as parcelas indicaram a presença de coliformes fecais. A avaliação deste parâmetro pode ter sido prejudicada pela forma de amostragem, sendo que neste caso, cada amostra, representou a mistura das quatro repetições.

Quadro 12. Contagem de Coliformes totais e fecais, Bolores e leveduras das diferentes espécies de gramas.

Variáveis	Coliformes totais (NMP g <sup>-1</sup> *)	Coliformes fecais (NMP g <sup>-1</sup> )	Bolores e leveduras (UFC g <sup>-1</sup> *)
<b>Santo Agostinho</b>			
Reúso	≥ 2400	93	<100
Reúso + Ad. Química	≥2400	93	<100
Testemunha	≥2400	75	1,0.10 <sup>-2</sup>
<b>Bermudas</b>			
Reúso	240	<3	<100
Reúso + Ad. Química	240	15	<100
Testemunha	≥2400	93	<100
<b>Esmeralda</b>			
Reúso	93	23	<100
Reúso + Ad. Química	≥2400	23	11,0.10 <sup>-2</sup>
Testemunha	23	9	3,0.10 <sup>-2</sup>
<b>São Carlos</b>			
Reúso	≥2400	93	4,0.10 <sup>-2</sup>
Reúso + Ad. Química	≥2400	≥2400	4,0.10 <sup>-2</sup>
Testemunha	≥2400	9	1,0.10 <sup>-2</sup>

\*NMP= Número mais provável.

\*UFC = Unidades formadoras de colônia.

#### 4.2 Avaliação dos parâmetros físico-químico da água

As amostras de água (água de reúso e água de abastecimento da Sabesp) foram analisadas no Laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Rural (LRH/DER) da FCA/UNESP para determinação de demanda química de oxigênio (DQO),

oxigênio disponível (OD), condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais (ST), coliformes (CT) e (CF).

Além dessas análises, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do DRN/CS, onde foram analisadas para a determinação de N, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

No Quadro 13 encontram-se os dados referentes à análise físico-química das águas de reúso e Sabesp. Trata-se das médias de análises semanais durante o período experimental, já que a água de reúso apresenta variações dependentes de diversos fatores, como, por exemplo, a temperatura, o índice pluviométrico, entre outros.

Quadro 13. Dados referentes a análise físico-química das águas de reúso e Sabesp.

Parâmetros	Água de reúso	Água Sabesp
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	68	3,3
OD (mg L <sup>-1</sup> )	0,4	8,2
CE (μS cm <sup>-1</sup> )	777	74,1
pH	8,1	7,9
ST (mg L <sup>-1</sup> )	4,22.10 <sup>-2</sup>	0,8.10 <sup>-2</sup>
CT (NMP 100ml <sup>-1</sup> )	> 2419,20	<1
CF (NMP 100ml <sup>-1</sup> )	>2419,20	0,0
N (mg L <sup>-1</sup> )	143,0	6,4
K (mg L <sup>-1</sup> )	59,5	0,83
Ca (mg L <sup>-1</sup> )	25,0	5,25
Mg (mg L <sup>-1</sup> )	4,0	0,92
S (mg L <sup>-1</sup> )	-	-
B (mg L <sup>-1</sup> )	-	-
Cu (mg L <sup>-1</sup> )	0,01	-
Fe (mg L <sup>-1</sup> )	1,24	0,02
Mn (mg L <sup>-1</sup> )	0,16	0,02
Zn (mg L <sup>-1</sup> )	0,10	0,01

Analisando-se os resultados mostrados no Quadro 13, nota-se que a água de reúso apresenta todas as características de água poluída, com elevado teor de nutrientes, elevada DQO, baixo oxigênio disponível e elevada condutividade elétrica. Nota-se pH alcalino para ambas as águas utilizadas.

### 4.3 Avaliação no solo

Os resultados estatísticos para os dados de análise química básica e de micronutrientes do solo podem ser observados nos Quadros 14 a 43.

#### 4.3.1 Análise do solo

Com o intuito de observar a ocorrência de algumas diferenças devido ao acúmulo de nutrientes, foram coletadas amostras de solo em duas faixas de profundidade (0-0,10m e 0,10-0,20m).

##### 4.3.1.1 Análise básica

A análise inicial do solo (Quadro 3) indicava um valor de pH de 6,2. Nota-se pelos Quadros 14 e 15, valores menores ao encontrado na análise inicial. Essa diminuição pode ser atribuída às reações de nitrificação e a geração de ácidos orgânicos das reações envolvidas na degradação da carga orgânica para ambas as profundidades. Esse fenômeno foi observado também por Pigozzo-Jordão (2003) e Logan et al.(1997).

Quadro 14. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para pH, na profundidade de 0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	-----g dm <sup>-3</sup> -----			
Reúso	6,0 a A	5,8 a A	5,8 a A	6,0 a A
Reúso + Ad. Química	5,3 a A	5,3 a A	5,3 a A	5,3 a A
Testemunha	5,8 a A	5,3 a B	5,5 a A	6,0 a A

DMS = 0,8

CV (%) = 7,85

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 15. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para pH, na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	-----g dm <sup>-3</sup> -----			
Reúso	5,3 a A	5,0 a A	5,5 a A	5,5 a A
Reúso + Ad. Química	5,5 a A	5,3 a A	5,8 a A	5,5 a A
Testemunha	5,0 a A	5,8 a B	5,5 a A	5,0 a A

DMS = 0,8

CV (%) = 8,85

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

A diminuição do pH refletiu diretamente nos valores de H+Al (Quadros 16 e 17), resultando em aumento significativo desse parâmetro. Nota-se que o comportamento da acidez potencial foi inversamente proporcional ao pH.

Quadro 16. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de H + Al, em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, na profundidade de 0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
Reúso	20 a A	23 a A	21 a A	20 a A
Reúso + Ad. Química	25 a B	28 a B	33 b C	33 b B
Testemunha	24 b B	33 c C	24 b B	19 a A

DMS = 3,0

CV (%) = 6,57

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 17. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de H + Al, em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
Reúso	34 b B	40 c C	28 a B	33 b B
Reúso + Ad. Química	25 a A	25 a B	23 a A	25 a A
Testemunha	34 c B	19 a A	33 bc C	31 b B

DMS = 2,5

CV (%) = 4,79

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Pelo Quadro 18 e Quadro 19 observa-se o resultado da concentração de matéria orgânica no solo. A análise inicial de solo antes da instalação do experimento acusava um valor para matéria orgânica de  $16,5 \text{ g dm}^{-3}$  (Quadro 3), nota-se pelo dois quadros seguintes que houve acréscimo no solo de M.O., mais evidente na camada de 0,10-0,20m de solo, principalmente no tratamentos que foram aplicados o reúso de água. Aumento nos teores de M.O. em solos que utilizaram esgoto também foram encontrados por Bataglia (1983), Abrahão (1992), Marques (1997) e Breda (2003).

Quadro 18. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de matéria orgânica, em  $\text{g dm}^{-3}$ , na profundidade de 0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{g dm}^{-3}$ -----			
Reúso	18 a A	16 a AB	20 ab A	23 b A
Reúso + Ad. Química	19 b A	14 a A	16 ab A	20 b A
Testemunha	20 a A	19 a B	18 a A	19 a A

DMS = 4,0

CV (%) = 12,21

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey à 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 19. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de matéria orgânica, em  $\text{g dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{g dm}^{-3}$ -----			
Reúso	22 c C	20 bc B	16 a A	18 ab A
Reúso + Ad. Química	18 a B	19 a B	16 a A	17 a A
Testemunha	14 a A	14 a A	18 b A	15 ab A

DMS = 3,5

CV (%) = 11,65

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey à 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Com relação a CTC, conforme Quadro 20 e 21, observa-se que os valores são menores ao acusado na análise inicial (Quadro 3), cujo valor era de 108,5. Tal resultado se mostra de difícil entendimento, pois era esperado uma elevação dos mesmos,

conforme o ocorrido à M.O., pois a mesma exerce influência direta sobre a CTC. Na camada de 0,10 a 0,20 do solo, nota-se elevação da CTC para os tratamentos que receberam água de reúso (Quadro 21).

Quadro 20. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de CTC, em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , na profundidade de 0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----			
Reúso	75 a B	69 a A	90 b B	85 b B
Reúso + Ad. Química	68 a A	65 a A	81 b A	78 b A
Testemunha	88 b C	85 b B	76 a A	97 c C

DMS = 6,0

CV (%) = 4,0

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 21. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de CTC, em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----			
Reúso	88 b C	95 c B	74 a A	94 c C
Reúso + Ad. Química	74 a B	75 ab A	84 c B	80 bc B
Testemunha	65 a A	76 b A	73 b A	73 b A

DMS = 5,0

CV (%) = 3,64

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Com relação aos teores de fósforo (Quadros 22 e 23), nota-se que os valores foram menores quando comparados ao encontrado na análise inicial do solo (Quadro 3), cujo valor era de 90,2. Esse valor, de acordo com o indicado por Rajj (1983) para culturas perenes, foi classificado como muito alto.

Com a aplicação dos tratamentos sobre as espécies de grama, nota-se pelo Quadro 22, que para o tratamento reúso + ad. química os valores indicavam concentração de  $P_{\text{resina}}$  de médio a alto e os tratamentos reúso e testemunha apresentaram valores classificados como alto e muito alto apesar de serem menores ao valor inicial de P do solo.

Quadro 22. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de  $P_{\text{resina}}$ , em  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade de 0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----			
Reúso	48 a B	40 a B	110 c C	66 b B
Reúso + Ad. Química	27 a A	28 a A	52 b A	34 a A
Testemunha	65 b c	44 a B	70 b B	65 b B

DMS = 8,5

CV (%) = 8,77

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

No Quadro 23 verifica-se que os teores de  $P_{\text{resina}}$  também ficaram classificados como alto e muito alto nas profundidades de 0,10-0,20m.

Quadro 23. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de  $P_{\text{resina}}$ , em  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----			
Reúso	47 b A	34 a A	49 b B	60 c B
Reúso + Ad. Química	68 c C	38 a B	69 c C	57 b B
Testemunha	58 c B	44 b C	45 b A	36 a A

DMS = 3,9

CV (%) = 4,47

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Nos Quadros 24 e 25 observam-se os resultados finais dos teores de potássio. Salienta-se que no Quadro 3 o valor foi de  $2,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para esse parâmetro.

Nota-se pelo Quadro 24, que apenas no tratamento testemunha esses valores foram superiores ao inicial, uma hipótese que explica tal acontecimento se deve ao fato que o tratamento testemunha tenha na sua composição a adubação química nitrogenada na forma de uréia e adubação potássica na forma de cloreto de potássio. Apesar do tratamento reúso + ad. química também possuir a mesma dose de adubação da testemunha, seus valores não acusaram a mesma observação, indicando valores menores e significativos quando comparados ao tratamento reúso. Os resultados observados nos Quadros 24 e 25 mostram uma maior lixiviação de potássio pela água de reúso.

Para os tratamentos que utilizaram o reúso de água como forma de irrigação, os valores estão classificados Raij (1983) como baixos e muito baixo, concordando com Breda (2003), que afirma que os baixos os teores de K disponíveis na água de esgoto limitam o crescimento e produtividade das plantas.

Quadro 24. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de K, em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , na profundidade de 0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----			
Reúso	1,3 a A	1,0 a B	2,0 b B	1,5 ab A
Reúso + Ad. Química	1,0 b A	0,3 a A	1,0 b A	1,0 b A
Testemunha	6,0 b B	9,0 d C	2,7 a C	8,0 c B

DMS = 0,5

CV (%) = 10,45

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Pelo Quadro 25, nota-se que em profundidades maiores, os valores de K foram mais homogêneos nos tratamentos aplicados, apesar de diferirem significativamente.

Quadro 25. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de K, em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----			
Reúso	4,0 b A	6,8 c B	3,0 a A	6,0 c A
Reúso + Ad. Química	6,8 c C	4,0 a A	5,8 b B	11,3 d C
Testemunha	5,0 b B	3,8 a A	3,8 a A	9,8 c B

DMS = 0,8

CV (%) = 7,94

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Com relação aos demais cátions trocáveis, Ca (Quadros 26 e 27) e Mg (Quadros 28 e 29) ocorreram algumas diferenças significativas entre os tratamentos aplicados, no entanto sem uma tendência definida. Mas em todos os casos, foram apresentados valores inferiores aos encontrados no Quadro 3, que são:  $63,0 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$  para Ca e  $22,0 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$  para Mg.

Quadro 26. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de Ca, em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , na profundidade de 0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----			
Reúso	42 b B	34 a B	51 d C	48 c B
Reúso + Ad. Química	34 b A	27 a A	35 b A	34 b A
Testemunha	44 c B	33 a B	38 b B	53 d C

DMS = 3,0

CV (%) = 4,09

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 27. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de Ca, em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----			
Reúso	38 b C	34 ab A	33 a A	43 c C
Reúso + Ad. Química	33 a B	35 a A	47 b B	35 a B
Testemunha	21 a A	41 c B	30 b A	26 b A

DMS = 4,0

CV (%) = 6,36

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 28. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de Mg, em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , na profundidade de 0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----			
Reúso	11 a AB	12 a A	16 b B	16 b B
Reúso + Ad. Química	9 a A	9 a A	12 a A	12 a A
Testemunha	14 ab B	11 a A	11 a A	16 b B

DMS = 3,0

CV (%) = 14,63

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 29. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de Mg, em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----			
Reúso	12 ab B	14 b A	10 a A	13 ab B
Reúso + Ad. Química	8 a A	11 a A	9 a A	9 a A
Testemunha	5 a A	12 b A	7 a A	7 a A

DMS = 3,0

CV (%) = 16,78

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

A soma de bases (SB) é calculada em função das bases trocáveis K, Ca e Mg. Sendo assim, pode-se dizer que este parâmetro apresentou comportamento semelhante ao já descrito para os referidos nutrientes, conforme os Quadros 30 e 31.

Os resultados de saturação por bases (V%) estão apresentados nos Quadros 32 e 33 e seguem a mesma tendência de SB.

Quadro 30. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de SB, em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , na profundidade de 0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----			
Reúso	55,0 b B	47,0 a B	69,0 c B	65,0 c B
Reúso + Ad. Química	44,0 b A	37,0 a A	48,0 b A	47,0 b A
Testemunha	64,0 b C	53,0 a C	52,0 a A	77,0 c C

DMS = 5,0

CV (%) = 4,79

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 31. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de SB, em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----			
Reúso	54 b C	54 b AB	46 a B	62 c C
Reúso + Ad. Química	48 a B	50 ab A	62 c C	55 b B
Testemunha	31 a A	57 c B	40 b A	42 b A

DMS = 5,0

CV (%) = 5,49

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha. Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 32. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de V%, em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , na profundidade de 0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----			
Reúso	73 b B	68 a C	76 b C	76 b B
Reúso + Ad. Química	64 b A	57 a A	60 b A	59 a A
Testemunha	73 b B	62 a B	69 b B	79 c B

DMS = 3,5

CV (%) = 3,39

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 33. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de V%, em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----			
Reúso	61 a B	58 a A	62 ab B	66 b B
Reúso + Ad. Química	66 a B	67 a B	73 b C	69 ab B
Testemunha	47 a A	75 c C	55 b A	58 b A

DMS = 4,5

CV (%) = 3,81

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

#### 4.3.1.2 Análise de micronutrientes

Em relação aos micronutrientes, realizaram-se análises para determinação dos teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn. No início do experimento o solo apresentava teores elevados de Fe e Zn, além de baixo para B e médio para Cu e Mn.

Os resultados obtidos para esses elementos estão dispostos nos Quadros 34 a 43. É pertinente salientar, que para a maioria dos micronutrientes os valores encontrados foram superiores aos aqueles observados no Quadro 4 (teores iniciais do solo antes da instalação do experimento). Conforme literatura específica, a aplicação de esgoto ao solo (DEFELIPO et al. 1991; BERTON et al, 1997; BREDA 2003), ocasiona aumentos nos teores de micronutrientes, uma vez que a principal fonte desses elementos no solo é a matéria orgânica.

Quadro 34. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de boro, em  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade de 0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----			
Reúso	0,09 b B	0,08 a AB	0,10 b B	0,11 b B
Reúso + Ad. Química	0,06 a A	0,06 a A	0,07 a A	0,08 a A
Testemunha	0,12 b C	0,10 ab B	0,09 a AB	0,12 b B

DMS = 0,02

CV (%) = 17,03

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 35. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de boro, em  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----			
Reúso	0,11 a B	0,09 a B	0,11 a B	0,11 a B
Reúso + Ad. Química	0,06 a A	0,09 a B	0,06 a A	0,08 a A
Testemunha	0,06 a A	0,06 a A	0,07 a A	0,06 a A

DMS = 0,03

CV (%) = 20,78

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 36. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de cobre, em  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----			
Reúso	0,9 a A	0,8 a A	0,8 a A	0,9 a A
Reúso + Ad. Química	0,9 a A	0,8 a A	0,9 a A	0,9 a A
Testemunha	1,0 a A	0,9 a A	0,8 a A	0,8 a A

DMS = 0,3

CV (%) = 23,9

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 37. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de cobre, em  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----			
Reúso	1,0 a B	0,9 a A	0,9 a A	0,9 a A
Reúso + Ad. Química	0,7 a A	0,9 a A	0,9 a A	0,7 a A
Testemunha	0,9 ab AB	0,7 a A	1,1 a A	0,7 a A

DMS = 0,3

CV (%) = 19,26

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 38. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de ferro, em  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----			
Reúso	30,0 a A	27,0 a A	29,0 a A	28,0 a A
Reúso + Ad. Química	34,0 ab A	31,0 a A	38,0 b B	37,0 b B
Testemunha	30,0 b A	48,0 c B	30,0 b A	25,0 a A

DMS = 4,0

CV (%) = 7,04

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 39. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de ferro, em  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----			
Reúso	41,0 a A	48,0 b C	40,0 a B	43,0 a C
Reúso + Ad. Química	39,0 b A	32,0 a B	30,0 a A	29,0 a A
Testemunha	53,0 d B	23,0 a A	43,0 c B	37,0 b B

DMS = 4,0

CV (%) = 5,78

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 40. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de manganês, em  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----			
Reúso	2,0 ab B	1,5 a A	2,5 b B	2,5 b B
Reúso + Ad. Química	1,0 a A	1,0 a A	1,5 a A	1,5 a A
Testemunha	3,5 a C	3,5 a B	3,0 a B	3,3 a B

DMS = 0,8

CV (%) = 19,94

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 41. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de manganês, em  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----			
Reúso	2,3 a B	3,0 c B	2,0 a B	2,5 ab B
Reúso + Ad. Química	2,0 a B	1,5 a A	2,0 a B	2,0 a B
Testemunha	1,3 a A	2,0 b A	1,0 a A	1,0 a A

DMS = 0,6

CV (%) = 17,16

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 42. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de zinco, em  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,0-0,10m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----			
Reúso	5,0 ab A	4,0 a A	7,0 c B	6,0 bc A
Reúso + Ad. Química	4,0 ab A	3,0 a A	6,5 c B	5,0 b A
Testemunha	7,3 c B	4,8 a B	5,0 ab A	6,0 b A

DMS = 1,0

CV (%) = 10,62

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

Quadro 43. Resultado final da análise de solo referente aos tratamentos aplicados nas parcelas cultivadas com espécies de grama para a concentração de zinco, em  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade de 0,10-0,20m. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----			
Reúso	5,3 b B	4,3 a A	5,5 bc B	6,3 c B
Reúso + Ad. Química	4,5 a B	4,5 a A	8,3 b C	4,5 a A
Testemunha	3,3 a A	5,0 bc A	4,5 b A	5,5 c B

DMS = 0,8

CV (%) = 9,04

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e da metodologia utilizada nas condições em que foi realizado o experimento, chegou-se às seguintes conclusões:

- A utilização de água de reúso contamina as folhas das gramas com coliformes totais e fecais;
- A água de reúso utilizada na irrigação causou maior lixiviação de potássio, quando comparada à água de abastecimento da Sabesp, nas condições desse experimento;
- O nitrogênio presente na água de reúso foi suficiente para o bom desenvolvimento das espécies de grama.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, E.C. **Efeito de doses de lodo de esgoto sobre a fertilidade, atividade de análises e celulase de um Latossolo Vermelho textura média.** 1992. 110 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 1992.

ASANO, T. & LEVINE, A.D. Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: Past, Present and Future. **Water Sci. Technology.** V. 33, n.10, p. 1-14, 1996.

ASANO, T. & LEVINE, A.D. Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: An Introduction. In: **Asano (Ed) – Wastewater Reclamation and Reuse.** Lancaster, CRC Press, 1998, p. 1-56.

AYRES, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFVA, 1991. 218p. (Estudos da FAO) Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos da FAO: Irrigação e drenagem, 33).

AWWA. Necesidad Histórica para Establecer Usos y Criterios de Calidad del Agua. In: **Control de Calidad y Tratamiento del Agua: Manual de Abastecimiento Públicos de Aguas**. Trad. Water Quality Treatment, Ing-Esp, Frederico de Lora. McGraw Hill Book Co., 1975.

BATAGLIA, O.C. et al. Resíduos orgânicos como fontes de nitrogênio para capim-braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.277-284, 1983.

BASTOS, R.K.X. & MARA, D.D. Avaliação dos critérios de qualidade microbiológica de esgotos sanitários tendo em vista sua utilização na agricultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17, 1993. **Anais...** Natal/RN. 1993.

BENICASA, M.; ORLOTLANI, A.F.; LUCAS JR, J. **Biodigestores convencionais**. Jaboticabal: FCAV, UNESP, 25p. 1986. (BOLETIM TÉCNICO, 8).

BERTHET, B. Coefficient de degradation de la charge bacterienne en Presqu'île Guerandaise. In: SEMINAIRE L'ÉPURATION PAR LAGUNAGE, 1982, Montpellier. **Resumes...**Montpellier: Ed. Cerete, 1982. p.4.

BERTON, R.S. et al. Peletização do lodo de esgoto e adição de Zn, Cu, e Ni pelo milho em três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.12, p.187-192, 1989.

BEUCHAT, L.R.; COUSIN, M.A. In: DOWNES F. P; ITO, K. (Eds). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Washington:Apha, 2001. p. 209-215.

BLAKE, G. Utilizacion des plantes vasculaires aquatiques en lagunage. In: SEMINAIRE L'ÉPURATION PAR LAGUNAGE, 1982, Montpellier. **Resumes...**Montpellier: Ed. Cerete, 1982. p.5.

BRAILE, P.M. Disposição de efluentes sobre o terreno. In: BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de tratamentos de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB/Ed. Hamburg, 1979. p. 565-601.

BRAILE, P.M. & CAVALCANTI, W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. CETESB, São Paulo, SP, 1993. 763 p.

BRANCO, S.M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. CETESB/ASSCETESB 3 ed. São Paulo, SP, 1986. 620p.

BREDA, C.C. **Ensaio de tratamento de efluentes de indústria de chapa dura de fibra de madeira**. 1999, 107f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, São Paulo, 1999.

BREDA, C.C. **Utilização de lodo de efluente doméstico: Efeitos na produtividade agrícola e em alguns aspectos ambientais**. 2003, 143f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, São Paulo, 2003.

BRISCOE, J. **Abastecimiento de agua y servicios de saneamiento; su función en la revolución de la supervivencia infantil**. Boletín de la oficina sanitaria panamericana, v.103, n.4, p.325-339, Oct. 1987.

BUSEY, P. 1986. Morphological identification of St. Augustinegrass cultivars. **Crop Sci**.

BUSEY, P. 1989. Progress and benefits to humanity from breeding warm-season grasses

CAIRNCROSS, S. **Water supply and sanitation: an agenda for research**. Journal of tropical medicine and hygiene, v.92, p.301-14, 1889.

CARVALHO, W.A.; ESPINDOLOA, C.R.; PACCOLA, A.A. **Levantamento de solos na Fazenda Lageado**. Botucatu, 1983, boletim científico FCA/UNESP, n.1, 95p. (Segunda edição revisada e atualizada, 2001) – no prelo.

CONTE, M.L. et al. Tratamento de águas servidas no meio rural através de processo fitopedológico: resultados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21., 1992, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: SBEA, 1992. p.1018-1029.

CONTE, M.L.; LEOPOLDO, P.R. Aspectos do direito ecológico internacional. **Revista Ciencia Geográfica**, Bauru, n.9, p.14-16, 1998.

CYNAMON, S. E. **Política de saneamento; proposta de mudança**. Cadernos de saúde pública, v.2, n.2, p.141-49. 1986.

CONAMA. **Resoluções do conselho nacional do meio ambiente, Leis, etc.** 1984/86. 2ed. Brasília: SEMA, 1998. 98p.

DEFELIPO, B.V. et al. Eficiência agronomica do biossólido proveniente de siderúrgica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15 p.389-393, 1991.

DOORENBOS, J. & KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos da FAO: Irrigação e drenagem, 33).

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGRPECUARIA. Centro nacional de pesquisa de solos. Sistema brasileiro de classificação de solos, Brasília: 1999, 421p.

FEACHEN, R.G. et al. Sanitation and disease – Health Aspects of Wastewater Management. World Bank Studies in Water Supply and Sanitation 3, John Wiley & Sons, 1983.

FOLHA DE SÃO PAULO, **Água potável tendo ao esgotamento-Ano 2000 água, comida e energia**, Caderno Especial, p.1-10, jul/1999.

FOSTER, S.D.; GALE, I.N.; HESPANHOL, I. Impacts of wastewater use and disposal on groundwater technical report WD/94/95, British Geological Survey, Keyworth, Nottingham, 1994.

FREITAS, M.B. de; BRILHANTE, O.M.; ALMEIDA, L.M. de A importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno de saúde pública**, v.17, n.3, p.651, jun.2001.

GASI, T.M.T. **Opções para tratamento de esgoto de pequenas comunidades**. São Paulo: CETESB, 1988. 36p. (Série Manuais, 3).

GRILO JR., J.A.S. Reutilização de esgoto doméstico tratado para irrigação de forragem animal: uma abordagem bacteriológica e helmintológica. 2000 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária/Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Centro de Tecnologia – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

GUIMARÃES, A.B.; BREDAS, C.C.; LEOPOLDO, P.R. Papel do aguapé na despoluição de águas servidas no meio rural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...Pelotas**: CBEA, 1999, 5p. 1 CD-ROM. (Paper: SCA-45).

GUIMARÃES, A.B.; CONTE, M.L. Processo fito-pedológico para o tratamento de águas servidas. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 9., 1997, Jaboticabal. **Anais...Jaboticabal**: UNESP, 1997. Não paginado.

GURGEL, R.G.A. Principais espécies e variedades de grama. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1., 2003, Botucatu. **Produção, implantação e manutenção**: anais. Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2003. 1 CD-ROM.

HARREMOES, P. Advanced water treatment as tool in water scarcity management. Abstract. W. Sci Tech, v. 42, n. 12, p. 72-92, 2000. Disponível em: <<http://www.iwapublishing.com/template.cfm?name=iwaphome>>. Acesso em: 13 jan.2002.

HELLER, L. Saneamento e saúde. OPAS/OMS. Brasília, 2000.

HESPANHOL, I. Aspectos técnicos e de saúde pública relativos ao uso de esgotos na agricultura e aqüicultura – Encontro Internacional sobre desenvolvimento de década da água. Lisboa: 1995. 68p.

HESPANOL, I. Água e saneamento básico – uma visão realista. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.B. (coord.). In: **Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo, Escrituras, 1999.

KAWAI, H. et al. Avaliação de desempenho de lagoas de estabilização. São Paulo: CETESB, 1990. 15p. (SÉRIES MANUAIS, 7).

KORNACKI, J.L.; JOHNSON, J.L. Enterobacteriaceae, coliforms, and *Escherichia coli* as quality and safety indicators. In: DOWNES F. P; ITO, K. (Eds). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Washington:Apha, 2001. p. 69-80.

LEOPOLDO, P.R.; GUIMARÃES, A.B.; BREDA, C.C. Tratamento de efluentes domésticos em zona rural através do uso de sistema com plantas aquáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas.**Anais...**Pelotas: CBEA, 1999, 6p. 1 CD-ROM. (Paper: SCA-19).

LIMA, C.L.S. et al. Pesquisa de coliformes e estreptococos fecais em ambiente aquático protegido. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.4, n.3 e 4, ABES, 1999.

LOGAN, T.J. et al. Field assessment of sludge metal bioavailability to crops: sludge rate response. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.26, n.2, p.534-550, 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 201p.

MARQUES, M.O. **Incorporação de lodo de esgoto em solos cultivados em cana-de-açúcar**. 1997, 137f. Tese (Livre Docência)– Faculdade Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, São Paulo, 1997.

MATTOS, K.M.C. Viabilidade da irrigação com água contaminada por esgoto doméstico na produção hortícola. 2003, 151f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, São Paulo, 2003.

MATSUMOTO, T. **Comparação entre filtração ascendente e descendente de água decantada utilizando areia como meio filtrante**. 1987, Não paginado. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 1987.

METCALF & EDDY INCORPORATION. Wastewater engineering treatment, disposal and reuse. 2.ed. New York: Mc.Graw Hill, 1979. 920p.

MORAIS BARROS, A.J. **Caracterização físico-química e sanitária das águas superficiais usadas na irrigação de hortaliças e dos solos irrigados nos municípios de Sapé e Lagoa Seca (PB)**. 1997. 118 f. Dissertação ( Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Paraíba.

MOTA, S. **Introdução a engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 292p.

NOGUEIRA, C., O planeta tem sede, **Revista Veja**, v.32, n.46, p.154-156, nov/1999.

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

PATERNIANI, J.E.S. Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração lenta em areia de águas de abastecimento. 1991. Tese (Doutorado em Engenharia)- Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 1991.

PEREIRA DE BRITO, L. **Reutilización de aguas residual depurada**. Natal (RN): Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES, 2000. 209p.

PIGOZZO-JORDÃO, A.T. **Comportamento de metais pesados com a disposição de lod de esgoto**: acúmulo no solo e plantas de milho (*Zea mays* L.). 2003, Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, São Paulo, 2003.

PIMENTA, C.H Produção de gramas. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1., 2003, Botucatu. **Produção, implantação e manutenção**: anais. Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2003. 1 CD-ROM.

PIZARRO, C. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF)- goteo, microaspersión, exudación**. Madri: Mundi Prensa. 1996, 513p.

POSTEL, S. **Last Oásis**. 1992. Disponível em: <<http://rit.edu/~rpg5877/water.htm>>. Acesso em: 26nov.2002.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. INSTITUTO AGRONÔMICO, Campinas, 31p. 1983. (BOLETIM TÉCNICO, 81).

RAINHO, J.M., Planeta Água, **Revista Educação**, v.26, n.221, p.48-64, set/1999.

REUTER, J.E.; DJOHAN, T.; GOLDMAN, C.R. The use of wetlands for nutrient removal from surface runoff in a cold climate region of California – results from a newly constructed wetland at Lake Tahoe. **J. Environ Manage**, v.35, p.35-53, 1992.

ROMANE, A. Ainda é tempo (entrevista com Rodolfo Costa e Silva). **Revista Bio**, v.5, n.2, p.31-9, mar/abr 1993.

ROSTON, D.M. Considerações sobre o uso de leitos de macrófitas no tratamento de resíduos de pequenas comunidades rurais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...Ilhéus**: CBEA, 1993, p.3062-3070.

SANTOS, H.F dos & MANCUSO, P.C.S. A escassez e o reúso de água em âmbito mundial. In: Reúso de Água, 1, 2003. Barueri, Manole, p.2- 19.

SIQUEIRA, R.S. **Manual de microbiologia de alimentos**. EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de tecnologia agroindustrial de alimentos (Rio de Janeiro), 1995. 159p.

SHIMADA, P.; BIDONE, F.R.; ALMEIDA FILHO, M. Estudos de lagoas de estabilização para tratamento de esgoto doméstico na região centro-oeste. Cuiabá, **Revista DAE**, v.47, n.150, p.268-276, 1987.

SILVA, F.C. **Uso agrônômico de lod de esgoto: efeitos em fertilidade do solo e qualidade da cana-de-açúcar**. 1995, 170 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, 1995.

TOLEDO, A.A.G.F.de **Tratamento de águas residuárias de pocilgas utilizando biodigestores USAB, sob quatro tempos de retenção hidráulica**. 1996, 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, São Paulo, 1996.

TURFGRASS PRODUCERS INTERNATIONAL - **University of Illinois, Urbana, USA.**  
2002. Disponível em: <[www.turfgrassod.org/trc/index.html](http://www.turfgrassod.org/trc/index.html)> Acesso em: 11fev.2003.

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency) Guidance Manual – Alternative Disinfections and oxidants. Washington, D.C.EPA-815/R-99-014.1999.

VIEIRA, S.M.M. Tratamento de esgotos por digestores anaeróbios de fluxo ascendente. **Revista DAE**, São Paulo, v.44, n.139, p.322-328, 1984.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade de água e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG, 1996. 243p.

WEF, **Wastewater Disinfectio** – Manual of practice, Alexandria (VA), Water Environment Federation, USA. 1996.

WORLD BANK/UNDP/ICID. Irrigation and drainage research – A proposal for an internationally supported program to enhance research on irrigation and drainage technology in developing countries. World Bank/UNDP in collaboration with ICID, Washington, 1990. V.I.

ZANON, M.E. O mercado de grama no Brasil, cadeia produtiva, situação atual e perspectivas. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1., 2003, Botucatu. **Produção, implantação e manutenção**: anais. Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 2003. 1 CD-ROM.

ZIRSCHKY, J. **Basic design rational for artificial wetlands.** Califórnia: Environmental Protection Association, 1986. (Contract report 68-01-7108).

**7 ANEXOS**

Dados diários de temperatura e umidade relativa					
Data	T (°C)	UR (%)	Data	T (°C)	UR (%)
1/3/2003	26,9	53	18/4/2003	20,9	61
2/3/2003	25,9	62	19/4/2003	19,8	62
3/3/2003	24,3	66	20/4/2003	18,4	62
4/3/2003	24,3	67	21/4/2003	19,5	78
5/3/2003	22,6	72	22/4/2003	22	76
6/3/2003	22,3	73	23/4/2003	22,4	69
7/3/2003	21,8	79	24/4/2003	22,1	66
8/3/2003	20,3	84	25/4/2003	22,4	66
9/3/2003	20,6	83	26/4/2003	23	64
10/3/2003	20,4	89	27/4/2003	23,8	61
11/3/2003	20,9	90	28/4/2003	23,1	62
12/3/2003	22,3	80	29/4/2003	23,2	61
13/3/2003	22,5	78	30/4/2003	23,9	58
14/3/2003	23,5	71	1/5/2003	23,8	61
15/3/2003	24,1	71	2/5/2003	17,5	70
16/3/2003	24,3	75	3/5/2003	13,7	66
17/3/2003	20,9	78	4/5/2003	15,3	69
18/3/2003	20,2	72	5/5/2003	14,6	85
19/3/2003	21,9	74	6/5/2003	15,6	76
20/3/2003	23,1	74	7/5/2003	12,4	62
21/3/2003	21,1	80	8/5/2003	13,6	59
22/3/2003	18,2	78	9/5/2003	14,5	66
23/3/2003	18,5	75	10/5/2003	14,8	68
24/3/2003	18,4	77	11/5/2003	16,4	66
25/3/2003	19,2	78	12/5/2003	16,9	64
26/3/2003	19,2	79	13/5/2003	17,5	62
27/3/2003	18,7	81	14/5/2003	18,1	59
28/3/2003	19,2	77	15/5/2003	19,1	57
29/3/2003	20,4	73	16/5/2003	20,5	58
30/3/2003	21,9	67	17/5/2003	19,7	60
31/3/2003	23,5	62	18/5/2003	19,6	60
1/4/2003	22,5	61	19/5/2003	18,1	61
2/4/2003	21,5	58	20/5/2003	18,9	60
3/4/2003	20,9	66	21/5/2003	20,7	58
4/4/2003	17,8	74	22/5/2003	21,7	57
5/4/2003	19,4	74	23/5/2003	17,6	66
6/4/2003	19,1	76	24/5/2003	14,2	58
7/4/2003	18,3	74	25/5/2003	13,6	57
8/4/2003	18,5	67	26/5/2003	13,9	56
9/4/2003	20,6	70	27/5/2003	13,4	53
10/4/2003	19,9	71	28/5/2003	13,8	50
11/4/2003	20,1	66	29/5/2003	15	55
12/4/2003	17,1	53	30/5/2003	16,6	55
13/4/2003	15	63	31/5/2003	18,5	54
14/4/2003	17,5	63	1/6/2003	19,2	54
15/4/2003	18,3	64	2/6/2003	19,1	55
16/4/2003	19,8	62	3/6/2003	20	61
17/4/2003	20,8	57	4/6/2003	17,8	81

Dados diários de temperatura e umidade relativa					
Data	T (°C)	UR (%)	Data	T (°C)	UR (%)
5/6/2003	15,1	74	23/7/2003	19,2	47
6/6/2003	20,4	72	24/7/2003	19,3	51
7/6/2003	21	68	25/7/2003	19,7	51
8/6/2003	17,6	73	26/7/2003	17,8	55
9/6/2003	17,7	76	27/7/2003	15,7	59
10/6/2003	19,2	72	28/7/2003	17	61
11/6/2003	20	62	29/7/2003	18	56
12/6/2003	20,6	62	30/7/2003	20,4	49
13/6/2003	20	62	31/7/2003	18,8	51
14/6/2003	18,9	66	1/8/2003	17,1	51
15/6/2003	18,5	72	2/8/2003	17,7	53
16/6/2003	19,2	66	3/8/2003	17,6	51
17/6/2003	19,2	59	4/8/2003	18,4	50
18/6/2003	18,5	59	5/8/2003	21	44
19/6/2003	19,3	56	6/8/2003	18,2	52
20/6/2003	17,2	58	7/8/2003	15,1	54
21/6/2003	16,9	54	8/8/2003	17,4	54
22/6/2003	17,5	52	9/8/2003	15,4	54
23/6/2003	17,3	50	10/8/2003	10,3	54
24/6/2003	18,3	54	11/8/2003	9,6	53
25/6/2003	18	55	12/8/2003	13	51
26/6/2003	17,2	56	13/8/2003	22,8	52
27/6/2003	16,7	57	14/8/2003	16,4	51
28/6/2003	18,2	53	15/8/2003	17,5	50
29/6/2003	18,3	55	16/8/2003	17,7	49
30/6/2003	14,4	58	17/8/2003	17,3	47
1/7/2003	15,6	55	18/8/2003	12,5	41
2/7/2003	16,4	51	19/8/2003	16,5	41
3/7/2003	15	52	20/8/2003	19,6	39
4/7/2003	16,2	47	21/8/2003	20,3	38
5/7/2003	17,9	45	22/8/2003	21,3	38
6/7/2003	19,4	46	23/8/2003	22,2	39
7/7/2003	18,2	50	24/8/2003	23,6	40
8/7/2003	19,4	45	25/8/2003	14,8	77
9/7/2003	20,4	46	26/8/2003	11,2	75
10/7/2003	13,7	49	27/8/2003	12,6	63
11/7/2003	12	49	28/8/2003	11,9	66
12/7/2003	9,3	50	29/8/2003	10,7	66
13/7/2003	11,7	62	30/8/2003	13,7	59
14/7/2003	14,7	70	31/8/2003	13,9	61
15/7/2003	16,4	62	1/9/2003	23,5	56
16/7/2003	17,3	56	2/9/2003	15,5	55
17/7/2003	15,4	58	3/9/2003	15,3	52
18/7/2003	16,7	54	4/9/2003	18,2	52
19/7/2003	18,6	51	5/9/2003	20,5	46
20/7/2003	19,3	49	6/9/2003	21,3	42
21/7/2003	20,5	47	7/9/2003	22,4	44
22/7/2003	20,1	49	8/9/2003	21,9	46

Dados diários de temperatura e umidade relativa					
Data	T (°C)	UR (%)	Data	T (°C)	UR (%)
9/9/2003	18,7	47	27/10/2003	17,6	92
10/9/2003	16	46	28/10/2003	16,3	91
11/9/2003	11,4	47	29/10/2003	18,6	81
12/9/2003	14,9	47	30/10/2003	20,4	69
13/9/2003	15,5	50	31/10/2003	21,7	64
14/9/2003	16,5	57	1/11/2003	20,3	58
15/9/2003	17	56	2/11/2003	13,6	59
16/9/2003	14,9	51	3/11/2003	13,7	60
17/9/2003	15,2	52	4/11/2003	15	57
18/9/2003	16,5	48	5/11/2003	14,9	62
19/9/2003	20	43	6/11/2003	17,9	63
20/9/2003	23,6	41	7/11/2003	18,2	64
21/9/2003	20,3	49	8/11/2003	20,5	58
22/9/2003	23,3	46	9/11/2003	23,2	54
23/9/2003	22,9	39	10/11/2003	24,8	49
24/9/2003	27,1	40	11/11/2003	24,9	53
25/9/2003	20,1	52	12/11/2003	26,5	55
26/9/2003	17,1	52	13/11/2003	20,6	58
27/9/2003	18,6	53	14/11/2003	19,3	56
28/9/2003	22,4	48	15/11/2003	21,2	57
29/9/2003	19,1	53	16/11/2003	22,7	59
30/9/2003	17,7	51	17/11/2003	19,7	80
1/10/2003	19	46	18/11/2003	20,8	80
2/10/2003	21,2	49	19/11/2003	19	71
3/10/2003	22,5	52	20/11/2003	21,1	53
4/10/2003	22,3	47	21/11/2003	18,1	71
5/10/2003	24,5	43	22/11/2003	20,4	65
6/10/2003	22,5	57	23/11/2003	20,7	67
7/10/2003	18,4	74	24/11/2003	20,5	74
8/10/2003	20,8	72	25/11/2003	23,5	63
9/10/2003	20,8	74	26/11/2003	20,5	63
10/10/2003	18,2	74	27/11/2003	21,7	63
11/10/2003	13,1	72	28/11/2003	19,2	63
12/10/2003	15,2	72	29/11/2003	19,2	63
13/10/2003	16	66	30/11/2003	21	65
14/10/2003	15,5	60	1/12/2003	21,4	73
15/10/2003	15,7	56	2/12/2003	23,4	70
16/10/2003	16,2	52	3/12/2003	23,4	73
17/10/2003	18,9	47	4/12/2003	20,9	65
18/10/2003	23,4	43	5/12/2003	21,5	65
19/10/2003	26,4	59	6/12/2003	21,7	64
20/10/2003	21	59	7/12/2003	21	62
21/10/2003	18,6	71	8/12/2003	22,7	67
22/10/2003	20,1	69	9/12/2003	18,4	64
23/10/2003	18,7	66	10/12/2003	19,9	63
24/10/2003	21,2	81	11/12/2003	25,1	59
25/10/2003	24	52	12/12/2003	21,4	73
26/10/2003	25,9	52	13/12/2003	22	66

Dados diários de temperatura e umidade relativa					
Data	T (°C)	UR (%)	Data	T (°C)	UR (%)
14/12/2003	23,6	62	31/1/2004	21,4	79
15/12/2003	25,9	58	1/2/2004	22,3	80
16/12/2003	25,3	60	2/2/2004	23,2	72
17/12/2003	18,9	71	3/2/2004	22,1	76
18/12/2003	19,2	74	4/2/2004	24,3	72
19/12/2003	22,5	71	5/2/2004	23,6	71
20/12/2003	22,6	72	6/2/2004	21,2	79
21/12/2003	21,1	82	7/2/2004	18,5	70
22/12/2003	21,8	77	8/2/2004	18,9	64
23/12/2003	19,8	68	9/2/2004	18,5	70
24/12/2003	18,2	69	10/2/2004	20,1	68
25/12/2003	19,6	73	11/2/2004	21,3	68
26/12/2003	20,5	73	12/2/2004	22,1	69
27/12/2003	22,4	69	13/2/2004	21,8	72
28/12/2003	22,8	69	14/2/2004	19,3	89
29/12/2003	22,8	68	15/2/2004	22,6	76
30/12/2003	23,4	65	16/2/2004	23	71
31/12/2003	23,1	62	17/2/2004	23,7	59
1/1/2004	18,2	63	18/2/2004	25,2	59
2/1/2004	16,8	63	19/2/2004	24,8	63
3/1/2004	18,1	66	20/2/2004	20,6	70
4/1/2004	20,3	69	21/2/2004	21,1	79
5/1/2004	21,3	63	22/2/2004	19,9	84
6/1/2004	21,6	65	23/2/2004	17,6	90
7/1/2004	18,7	77	24/2/2004	18,5	85
8/1/2004	19,9	77	25/2/2004	17,3	82
9/1/2004	20,8	74	26/2/2004	21,5	68
10/1/2004	21,7	68	27/2/2004	20	72
11/1/2004	24	65	28/2/2004	24,2	71
12/1/2004	22,6	66	29/2/2004	22,2	67
13/1/2004	22,2	61	1/3/2004	20,8	73
14/1/2004	22,1	67	2/3/2004	23,9	67
15/1/2004	22,8	74	3/3/2004	21,6	75
16/1/2004	21,8	75	4/3/2004	19	80
17/1/2004	20,2	66	5/3/2004	19,2	77
18/1/2004	20,3	63	6/3/2004	19,3	76
19/1/2004	20,5	59	7/3/2004	21,9	71
20/1/2004	20,3	60	8/3/2004	23,7	65
21/1/2004	19,3	60	9/3/2004	24,5	59
22/1/2004	20,4	60	10/3/2004	24,2	66
23/1/2004	21,7	67	11/3/2004	22,4	69
24/1/2004	19,4	86	12/3/2004	19,3	73
25/1/2004	19,5	86	13/3/2004	21,3	71
26/1/2004	17,6	92	14/3/2004	19,1	74
27/1/2004	18,7	93	15/3/2004	22,1	69
28/1/2004	20,2	89	16/3/2004	21,3	67
29/1/2004	22,2	76	17/3/2004	19,6	75
30/1/2004	22,5	75	18/3/2004	20,8	76

Data	T (°C)	UR (%)
19/3/2004	19,9	80
20/3/2004	19	80
21/3/2004	18,4	71
22/3/2004	17,5	63
23/3/2004	17,7	59
24/3/2004	18,1	57
25/3/2004	18,5	56
26/3/2004	18,8	57
27/3/2004	20,3	55
28/3/2004	20,4	57
29/3/2004	21,4	60
30/3/2004	21,5	59
31/3/2004	20,5	58