

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**ESTUDO DE OPORTUNIDADES DE REÚSO DE ÁGUAS
RESIDUÁRIAS EM *CAMPI* UNIVERSITÁRIOS – ESTUDO DE
CASO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

PATRICIA MARIA PEDRO BOM ANTONIOSI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador

São Carlos

2006

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A635e Antoniosi, Patricia Maria Pedro Bom
Estudo de oportunidades de reuso de águas
residuárias em campi universitários - estudo de caso
da Universidade Federal de São Carlos / Patricia
Maria Pedro Bom Antoniosi. -- São Carlos : UFSCar,
2006.
98 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de
São Carlos, 2006.

1. Água. 2. Reciclagem. I. Título.



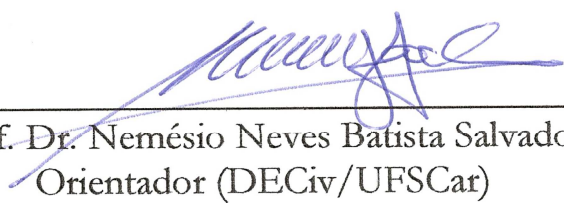
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana
C. P. 676 – 13.560-970 – São Carlos – SP
Fone/FAX: (16) 3351-8295
e-mail: ppgeu@power.ufscar.br
home-page: www.ufscar.br/~ppgeu



FOLHA DE APROVAÇÃO

PATRICIA MARIA PEDRO BOM ANTONIOSI

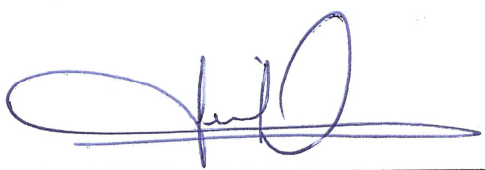
Dissertação defendida e aprovada em 20/12/2006
pela Comissão Julgadora



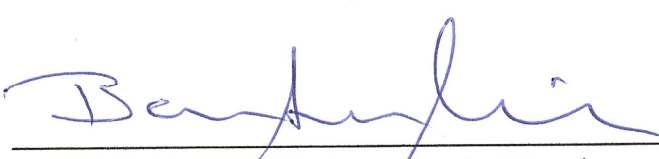
Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador
Orientador (DECiv/UFSCar)



Prof. Dr. Pedro Caetano Sanches Mancuso
(FSP/USP)



Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim
(DECiv/UFSCar)



Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira
Presidente da CPG-EU

Aos meus queridos pais, pela confiança e credibilidade sempre depositadas em meus trabalhos e Alex, meu grande amigo e esposo, pelo apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Nemésio Salvador, pela amizade, parceria e ensinamentos;

À equipe do EDF, Escritório de Desenvolvimento Físico, pela acessibilidade das informações e toda a atenção dispensada;

Aos colegas de curso e professores, grandes amigos e companheiros, alguns em especial pelas incansáveis discussões e trocas de conhecimentos; e

À todos que de certo modo contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

RESUMO

A água, um dos mais importantes recursos naturais necessários à vida do homem, se encontra hoje no planeta distribuída irregularmente e comprometida pelo seu mau uso. Por um lado, diversos setores buscam soluções para as questões da escassez dos recursos, por outro a população, sem se atentar para sua importância dentro da cadeia consumo e geração de resíduos, intensifica ainda mais o problema. Para seu gerenciamento adequado, visando a sustentabilidade e o desenvolvimento, conferências sobre meio ambiente trouxeram a tona diversos caminhos para que se alcançassem esses objetivos, explanando conceitos de redução de consumo, reutilização e até a sua reciclagem. Este trabalho procura integrar esses conceitos dentro dos sistemas de abastecimento hídrico visando como objetivo maior o reaproveitamento dos recursos hídricos, tendo as águas residuárias geradas como fonte alternativa para o abastecimento de determinadas atividades humanas. Para o levantamento, o campus da Universidade Federal de São Carlos, foi escolhido, por se ter usos de diversas naturezas e produção dos mais diferenciados tipos de águas residuárias. Através de listagens, caracterizando os usos da água, foram levantadas as atividades geradoras da possível água para o reaproveitamento e as atividades consumidoras para o campus já existente, identificando as possíveis oportunidades de se reusar e/ou reciclar as águas residuárias dentro da universidade. Visto a grande potencialidade de se aplicar águas residuárias em várias atividades em *campi* universitários, para o novo projeto do campus de Sorocaba, foram propostos sistemas segregados de esgoto e um reservatório de abastecimento de água com câmara dupla o qual acondicionará tanto a água potável quanto a água de reúso, em sua mesma estrutura e abastecendo todo o campus, com isso gerando grande economia do recurso hídrico e principalmente da energia elétrica dispensada no bombeamento.

ABSTRACT

Water, one of the most important natural resources necessary to the man's life, is in the planet distributed irregularly and committed by its bad use. Several sections look for solutions for the subjects of the shortage of the resources, But the population don't notice its importance inside of the chain consumption and generation of residues, it still intensifies more the problem. For its appropriate administration, seeking the sustainability and the development, conferences on environment brought the surface many ways to reached those objects, explaining concepts of consumption reduction, reuse and recycling. This work aims to integrate those concepts inside of the systems of water supply how principal objective the reuse of the water resources, The wastewaters are a alternative source for the supplying in human activities. *The* Universidade Federal de São Carlos was chosen, for having uses of many natures and production of the more differentiated types of waters reuse. Through listings, characterizing the uses of the water, they were lifted up the generating activities of the possible water for the reuse and the consuming activities to the campus already existent in São Carlos, identifying the possible opportunities of reuse or recycle the wastewaters inside of the university. Seen the great potentiality of applying wastewaters in some activities in universities, the new project of the campus of Sorocaba, segregated systems of sewer and It was proposed a reservoir of water supply with double camera for drinking water and reuse water, in same structure and supplying the whole university, improving a economy of the water and electric power resource.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Balanço do Recurso Hídrico e seu fornecimento em Israel. Fonte: Shelef, 2002.....	17
Quadro 2. Relação dos estudos de caso para as quatro situações de manejo da água residuária. Fonte: OPS/CEPIS, 2002.....	19
Quadro 3. Variáveis físico-químicas a serem realizadas na água remanescente do destilador. Fonte: Mecca e Priante, <i>et al</i> , 2004.....	25
Quadro 4. Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano. Fonte: Brasil, Ministério da Saúde. Portaria no. 518 de março de 2004.....	30
Quadro 5. Critérios de Proteção contra microorganismos patogênicos em reúso de águas. Fonte: USEPA, 1992 <i>apud</i> Blum, 2003 e Tchobanoglous, 1991.....	36
Quadro 6. Diretrizes da Organização Mundial da Saúde, 1989. Fonte:OPS, 2002.....	39
Quadro 7. Níveis de DBO e sólidos em suspensão indicados para o reúso de águas. Fonte: USEPA, 1992 <i>apud</i> Blum, 2003 e Tchobanoglous, 1991.....	40
Quadro 8. Limites recomendados para constituintes em água de reúso para irrigação agrícola. Fonte: USEPA, 1999 <i>apud</i> Blum 2003.....	42
Quadro 9. Remoção de organismos patogênicos em sistemas de tratamento de esgotos. Fonte: Feachem <i>et al</i> , 1983 <i>apud</i> Hespanhol 2003.....	46
Quadro 10. Critérios para reaproveitamento de águas residuárias para irrigação e lagos recreacionais do Estado da Califórnia. Fonte: <i>Califórnia Administrative Code</i> , Title 22, 1978 <i>apud</i> Tchobanoglous, 1991.....	47
Quadro 11. Percepção Sócio-cultural – Conjunto Renascer. Fonte: OPS/CEPIS, 2002b.....	51
Quadro 12. Mecanismos para participação do público. Fonte: USEPA, 1992 <i>apud</i> Hespanhol, 2003..	52
Quadro 13. Etapas para implantação de um Programa de Conservação de Água. Fonte: ANA, 2005.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição da produção de águas residuárias em ambientes residenciais.....	11
Figura 2. Distribuição de equipamentos sanitários preexistentes nas Unidades da Cidade Universitária (EPUSP 1998/2003 <i>apud</i> GONÇALVES E SILVA, 2003).....	23
Figura 3. Balanço de Massa e de Energia. Fonte: Salvador (2004).....	50
Figura 4. Gleba do campus de Sorocaba. Fonte: UFSCar, 2006.....	60
Figura 5. Zoneamento Ambiental com delimitações de APPs. Fonte Plano Diretor de Sorocaba, 2006	62
Figura 6. Esquema de levantamento das oportunidades dentro de campus universitário.....	65
Figura 7. Esquema de análise das oportunidades de reaproveitamento de águas residuárias.....	66
Figura 8. Gráfico do Consumo Diário Médio do Campus. Fonte: PU, 2005.....	68
Figura 9. Gráfico da distribuição dos equipamentos de uso específico da água na UFSCar campus São Carlos	69
Figura 10. Gráfico do levantamento do consumo de água da Biologia, Fonte: NUSHIP, 2002.....	70
Figura 11. Bombas de Vácuo do Lab. de Produtos Naturais – UFSCar -Dep. Química	73
Figura 12. Vidrarias deixadas de molho para lavagem – UFSCar -Dep. Química.....	74
Figura 13. Pia onde foi acompanhada a lavagem de vidraria no lab. de Produtos Naturais. – UFSCar -Dep. Química	75
Figura 14. Bomba de Vácuo no lab. de Síntese de Produtos Naturais – UFSCar -Dep. Química	76
Figura 15. Pia onde foi acompanhada a lavagem de vidrarias – UFSCar -Dep. Química	76
Figura 16. Mapa planialtimétrico do campus de Sorocaba com as localizações dos reservatórios de reúso.....	86
Figura 17. Perfil Esquemático reservatório com câmara dupla para reúso de água.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela Comparativa dos Padrões de Coliformes Fecais estabelecidos pela NBR13969, CONAMA 357 e EPA 1992.....	41
Tabela 2. Equipamentos de Uso Específico da Água em laboratórios no campus da UFSCar São Carlos.....	69
Tabela 3. Resumo dos volumes mensais levantados no Departamento de Química - UFSCar.....	78

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Justificativa.....	03
2. OBJETIVOS.....	05
2.1 Objetivo Geral.....	05
2.2 Objetivos Específicos.....	05
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	06
3.1 Conceitos Envolvidos no Reaproveitamento de Águas Residuárias.....	06
3.1.1 Usos da Água de Reúso.....	07
3.1.2 Fontes Alternativas para Reúso de Água.....	10
3.2 Experiências de Reaproveitamento de Águas Residuárias.....	12
3.2.1 Estados Unidos – Estado da Flórida.....	12
3.2.2 Estados Unidos – Estado da Califórnia.....	13
3.2.3 Estados Unidos – Universidades.....	14
3.2.4 Experiência de Israel.....	16
3.2.5 Experiência de Namíbia – Cidade de Windhoek.....	17
3.2.6 Experiência na América Latina.....	19
3.2.7 Experiências Brasileiras.....	20
3.3 Aspectos Legais dos Recursos Hídricos Visando o Reaproveitamento de Efluentes.....	27
3.3.1 Legislação Federal Brasileira.....	27
3.3.2 Legislação do Estado de São Paulo.....	33
3.3.3 Legislação Internacional – Exemplo da Legislação Norte Americana.....	35
3.4 Parâmetros de Qualidade de Águas para Fins de Reúso e Reciclagem.....	38
3.4.1 Uso para Irrigação.....	41
3.4.2 Uso para Descarga Sanitária.....	43
3.4.3 Uso para Lavagem de Pisos.....	43
3.4.4 Uso para Combate à Incêndio.....	44
3.5 Tratamento de Águas Residuárias.....	44
3.6 O Reaproveitamento de Águas dentro do Gerenciamento dos Recursos Hídricos.....	48
3.7 Análise da Revisão Bibliográfica.....	54
4. CAMPI DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS.....	57
4.1 Campus de São Carlos.....	57
4.2 Campus de Sorocaba.....	60
5. METODOLOGIA.....	64
5.1 FASE 1: Caracterização Macro do Sistema.....	64
5.2 FASE 2: Identificação das Possíveis Demandas e Ofertas da Água de Reúso.....	65
5.3 FASE 3: Identificação das Oportunidades de Reúso.....	66
5.4 FASE 4: Análise Inicial da Viabilidade de Implantação do Reúso no Campus.....	67
6. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS.....	68

6.1 Resultados da Fase 1.....	68
6.2 Resultados da Fase 2.....	70
6.2.1 Setor 8 Norte: <i>DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA</i>	70
6.2.2 Setor 7 Norte: <i>DEPARTAMENTO DE QUÍMICA</i>	72
6.2.3 Resultados do Departamento de Química.....	78
6.3 Resultados da Fase 3.....	79
6.4 Resultados da Fase 4: Propostas.....	81
6.4.1 Propostas Gerais para Campi Universitários já Existentes - <i>Campus de São Carlos</i>	81
6.4.2 Propostas para Novos Campi – <i>Campus de Sorocaba</i>	82
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	95

ANEXO I – MAPA PLANIALTIMETRICO DO CAMPUS DE SÃO CARLOS

ANEXO II- PLANILHA DO LEVANTAMENTO DOS EQUIPAMENTOS DE USO ESPECÍFICO DA UNIVERSIDADE
ÁGUA DA FEDERAL DE SÃO CARLOS – *CAMPUS SÃO CARLOS*

ANEXO III - PERFIL ESQUEMÁTICO DO POÇO PROFUNDO DO *CAMPUS* DE SOROCABA

1. INTRODUÇÃO

A importância da preservação dos recursos hídricos surge com a necessidade e o reconhecimento desse recurso tão importante à manutenção da vida. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - UNESCO (2003), o homem necessita de 20 a 50 litros de água potável por dia para assegurar suas necessidades básicas, além das diversas atividades na qual ela é fundamental como uso industrial, irrigação, agricultura e dessedentação de animais, recreação e lazer, geração de energia, diluição de despejos.

No entanto, a escassez desse nobre recurso é constatada quando analisada sua distribuição no planeta. Apesar de contar com altos volumes em quantidade suficiente para o abastecimento de toda a população, ela não ocorre de maneira equitativa, ocasionando as grandes discrepâncias na distribuição de água no planeta. O Kuwait, por exemplo, tem disponibilidade hídrica altamente baixa de $10\text{m}^3/\text{hab}$ por ano, em contrapartida, outras regiões possuem grande volume disponível como acontece na Guiana Francesa com um volume de $812.121\text{ m}^3/\text{hab}$ anualmente (ANA, sd).

Já o Brasil se encontra em uma situação confortável, segundo a UNESCO (2003), com o volume médio disponível de $48.314\text{ m}^3/\text{hab}$ de água doce por ano. Porém, essa situação é considerada aparente visto que a má-distribuição de água ocorre também dentro país. Apesar de, segundo a ANA (sd), abrigar 8% da reserva mundial de água doce; 13,7% do total de água superficial do planeta, ter capacidade de renovação hídrica elevada e abrigar a maior parte de um dos maiores aquíferos do mundo; o Brasil também se enquadra na situação de distribuição irregular desse nobre recurso: 80% dos recursos hídricos do país se encontram na região Amazônica, local onde vivem apenas 5% da população, e os 20 % restantes desse recurso se distribuem pelos 95% da população.

Aproximando essa análise de distribuição para o estado de São Paulo, que abriga 21% da população brasileira, tem-se um volume disponível médio de recursos hídricos de $2.500\text{ m}^3/\text{hab}$ por ano, segundo Secretaria do Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento – SERHS (2004). Porém, a alta concentração de pessoas justamente nas áreas onde há a baixa disponibilidade e a falta de planejamento ocasionando o crescimento desordenado dos núcleos urbanos, leva a uma situação catastrófica: a existência de áreas com baixíssimos índices, inferiores a $1.500\text{ m}^3/\text{hab}$ por ano, valor limite considerado para a

Organização das Nações Unidas – ONU (SERHS, 2004). Situação da região metropolitana de São Paulo, absorvendo 10% da população nacional, com disponibilidade hídrica de 201 m³/hab por ano.

Outro ponto que agrava a questão da disponibilidade hídrica é a poluição dos recursos hídricos com lançamento de resíduos de todas as origens, principalmente despejos de efluentes líquidos oriundos dos próprios ciclos dos usos da água, tanto os domésticos, como industriais e agrícolas. A UNESCO (2003) estima que dois milhões de toneladas sejam despejadas no planeta diariamente sem tratamento em corpos receptores, e como as atividades humanas ocorrem de maneira acelerada e com intensa variação, não se permite que a água, com sua propriedade de autodepuração, consiga atingir níveis de recuperação de suas características originais.

Diversos são os programas, as conferências e as ações voltados a encontrar solução para essa crise da água. Um marco importante foi a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - CNUMAD, ocorrida em 1992 na cidade do Rio de Janeiro. Nessa conferência foi elaborada a Agenda 21, um compromisso das 180 nações que lá estiveram presentes, descrito num documento que retrata em ações as questões de sustentabilidade. Com base nesse conceito de sustentabilidade, a Agenda 21 traz propostas de racionalização do uso de recursos finitos e a sua reutilização como ferramentas de extrema importância para o gerenciamento de recursos naturais.

É o que diz no capítulo 18 dentro do item 18.12 da Agenda 21 (CNUMAD, 1996) sobre as atividades que visam à melhora do manejo integrado dos recursos hídricos: “desenvolver fontes novas e alternativas de abastecimento de água, tais como dessalinização da água do mar, reposição artificial de águas subterrâneas, uso de água de pouca qualidade, aproveitamento de águas residuais e reciclagem da água”.

Novas fontes de abastecimento de água são desenvolvidas para substituir as fontes utilizadas hoje em dia, liberando água de melhor qualidade para usos com maiores restrições. Para as novas fontes, água de menor qualidade como esgoto, particularmente os de origens doméstica, água de chuva, água de drenagem agrícola, águas salobras, devem sempre se possível ser consideradas para os usos menos restritivos. “A não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior” (UNITED NATIONS, 1958 *apud* HESPANHOL, 2003).

Em sua grande maioria as atividades desenvolvidas no planeta demandam o uso da água, como já citadas no início desse trabalho, e não estão excluídas do problema de escassez. Desde o uso em residências, unidades industriais, unidades públicas e de ensino, principalmente *campi* universitários; esse último focado no desenvolvimento desse trabalho pela específica particularidade de uso, incluindo numa mesma área de controle usos diversos e distintos de água, além de serem considerados grande consumidores.

São diversas as novas fontes que podem ser utilizadas e inseridas nos processos de abastecimento de água para usos menos nobres, mas neste trabalho, são consideradas apenas as águas residuárias, tratando-se exclusivamente das *águas cinzas*, oriundas da saída de processos hídricos, com características compatíveis à qualidade requerida do referente uso da água.

Algumas universidades vêm desenvolvendo modelos gerenciais de uso racional da água, incluindo o reaproveitamento de água como ferramenta dessa gestão. Têm-se casos internacionais citados mais adiante, e programas em universidades brasileiras como é o caso da USP, UNICAMP, e a própria UFSCar. Porém pouco é feito comparado ao grande potencial dos *campi* universitários havendo a necessidade de se pesquisar e desenvolver ainda mais as oportunidades de uso racional da água.

1.1 Justificativa

O contexto de escassez dos recursos hídricos, agravado pela distribuição que ocorre desigualmente no planeta, direciona para um momento de busca de soluções para garantir o abastecimento de água a toda população. Também pelo quadro crítico de poluição dos recursos hídricos, surge a necessidade de novas ferramentas que visem diminuir a emissão de poluentes e proteger as fontes de abastecimento.

O reúso e reciclagem levam ao melhor aproveitamento dos recursos hídricos, garantindo fontes alternativas de abastecimento de água, reduzindo a exploração e poupando os mananciais existentes, e conseqüentemente minimizando os resíduos gerados, constituindo numa medida de prevenção à poluição (MOTA, 2000).

A escolha do *campus* da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar como objeto empírico de estudo se dá por características muito particulares, uma delas a grande variedade de suas demandas hídricas; compostas por diversos tipos de atividades, gerando

diversos usos de água, tais como sanitários; usos em laboratórios; água para irrigação, clube esportivo, hospitais, moradias, restaurantes, etc. A Universidade também é uma significativa consumidora de água e geradora de águas residuárias, muitas das quais são passíveis de reúso e reciclagem. “Por essas e outras características, um campus universitário deve ser tratado como um sistema complexo, muitas vezes semelhante a uma cidade” (GONÇALVEZ, M. e SILVA, G., 2004).

Uma universidade, sendo centro de pesquisas e de confiabilidade técnica, facilita a credibilidade e a aceitação do estudo. Ainda nessa questão, existe o fato dos inúmeros atendimentos ao público, que ocorre direta ou indiretamente na universidade, abrangendo pessoas de todos os níveis da sociedade, tornando o tema de conhecimento de toda a população.

Por essa questão, o estudo poderá contribuir para a conscientização da comunidade acadêmica, já que são pessoas muitas vezes envolvidas diretamente com o consumo irresponsável da água e degradação do meio ambiente, através de desperdício, mau uso, disposições inadequadas dos resíduos sólidos, etc.

Cabe ressaltar também a importância social do assunto, já que água é um bem natural comum a todos, e todos a necessitam, em face da notável escassez e degradação dos recursos disponíveis, novos métodos de gerenciamento e novas tecnologias devem surgir e serem analisados para se conseguir constantemente abastecer a população e ao mesmo tempo proteger os recursos naturais.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho de pesquisa é estudar o reaproveitamento de águas residuárias, visando o seu reuso dentro do *campus* da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, analisando as oportunidades para o desenvolvimento de fontes alternativas de abastecimento de água em outros *campi* universitários.

2.2 Objetivos Específicos

- Conhecer o sistema hídrico do *campus* UFSCar em São Carlos, bem como a infraestrutura desse sistema, desde a captação do recurso, no caso água, passando pelos seus diversos usos, até o seu descarte na forma de água residuária.
- Identificar, dentro dos usos levantados, as possíveis demandas de água de reuso, localizá-las no sistema e avaliar seu possível volume.
- Analisar as facilidades e as possíveis barreiras de se aplicar o reaproveitamento das águas residuárias no *campus* da UFSCar.
- Subsidiar programas futuros de conservação e reuso de água na Universidade e inclusive do novo *campus* a ser implantado em Sorocaba.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Conceitos Envolvidos no Reaproveitamento de Águas Residuárias

Reaproveitamento de águas residuárias é explicado por Lavrador Filho (1987) *apud* Mancuso (2003), como sendo o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir a necessidade de outros benefícios, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não”. Em 1973 a Organização Mundial da Saúde - OMS já definia o conceito de reúso de água, o que mostra que a abordagem desse tema não é tão recente, vários autores já faziam suas indicações à aplicação do reúso em diversas atividades. (MANCUSO e BREGA FILHO, 2003).

No entanto, algumas definições sobre os termos utilizados acabam por não formarem uma conceituação precisa, pois “o que dificulta a conceituação precisa da expressão reúso de água é a definição do exato momento a partir do qual se admite que o reúso está sendo feito” (MANCUSO e BREGA FILHO, 2003). Isso é intensificado quando dentro das definições encontram-se os termos reúso intencional e não intencional, planejados e não-planejados, o que implica muitas vezes em situações onde é captada uma água que sofreu um despejo contaminando-a.

A água, independente de suas características, depois de tratada, é utilizada e considerada como uso primário, a partir do momento que não foi intencional fazer o reúso. Mas, como algumas definições dizem que captar água com despejo de outras fontes caracteriza o reúso não intencional, então essa água captada estaria em seu uso secundário, caracterizando sim o reúso. O que se pode admitir, é que como na natureza, a água, em constante movimento, é transportada e transformada em um intenso ciclo fechado, dentro do que se denomina ciclo hidrológico, com certeza, através dos processos de autodepuração que ocorrem nesse ciclo, ela é reciclada e reutilizada, caracterizando sempre o que foi denominado de reúso.

Por não se tratar de um debate conceitual do termo reúso de águas ou reúso de águas, será para este trabalho delineado como ferramenta de estudo o reaproveitamento de águas residuárias ou servidas como sinônimo de reúso da água. Sendo entendido como o uso secundário de um efluente gerado num processo inicial aplicado a outro processo qualquer (reúso) ou ao mesmo processo (reciclagem) (TCHOBANOGLOUS, 1991). Ele será planejado

e poderá passar por tratamento prévio ou não, dependendo das características do efluente gerado serem compatíveis com a característica desejada do recurso hídrico de entrada. Segundo Setti (2001) esse reúso intencional e planejado da água deverá ser cada vez mais considerado, resultando em um programa bem planejado, para complementar ou substituir o uso da água potável em atividades menos nobres e não ser, simplesmente, de natureza oportunista.

Esses conceitos são implicitamente inseridos na legislação brasileira. A lei nº 9.433 de 1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, diz logo em seu primeiro artigo que a “gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”. Em seu segundo artigo, a lei entra nas questões referentes à sustentabilidade, abordada cinco anos antes na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, como já dito o marco da sustentabilidade, dizendo sobre o objetivo da Política Nacional dos Recursos Hídricos: “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”, além de tratar dos lançamentos de efluentes em corpos receptores e da cobrança pelo uso da água.

3.1.1 Usos da Água de Reúso

“São diversos os usos da água de reúso” (HESPANHOL, 2003), porém para o Brasil os mais significativos são: usos urbanos para fins potáveis e usos urbanos para fins não potáveis; usos industriais, utilizando-a nos próprios processos, nas caldeiras, em torres de resfriamento e irrigação de gramados e jardins e lavagem de pisos; recarga de aquíferos, proporcionando tratamento adicional dos efluentes, aumentando a disponibilidade dos reservatórios e prevenindo a intrusão de água salina em aquíferos costeiros; usos agrícolas, diminuindo o consumo de novos mananciais, diminuindo o custo com tratamentos para despejos em corpos d’água.

Ainda para Hespanhol (2003), “dentre os usos urbanos, os não potáveis envolvem riscos menores, portanto devem ser considerados em primeira opção, entretanto devem ser tomados cuidados especiais quando se tem contato dessa água de reutilização direta com o público como gramados de parques, jardins, etc.” Os usos urbanos não potáveis são os que mais se enquadram ao objeto desta pesquisa, e, segundo o autor, serão consideradas as seguintes atividades de maiores potenciais de reúso para se empregarem esgotos tratados:

- Irrigação de parques, gramados e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, áreas verdes em universidades, árvores ao longo de rodovias;
- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais;
- Reserva de proteção contra incêndio;
- Sistemas decorativos aquáticos, tais como fontes, chafarizes, espelhos d'água;
- Descargas sanitárias em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;
- Lavagem de veículos, principalmente trens e ônibus;
- Controle de poeiras em obras de aterros e terraplenagem;
- Construção civil incluindo operações de cura de concreto.

Dentre esses usos, a irrigação de áreas verdes, incluindo a irrigação de áreas agriculturáveis merece destaque: Considerando que de todo o montante de água consumida no país, grande parte é destinada à irrigação e aos campos agriculturáveis chegando a 70% do consumo total de água, e ainda a concentração típica de Nitrogênio e Fósforo encontrados nas águas servidas de usos domésticos, nutrientes essenciais à vida vegetal. A aplicação corretamente de efluentes domésticos na irrigação, caracterizado pelo reúso agrícola, supre a grande necessidade de água e fertilizantes industriais. (HESPANHOL, 2003).

Em muitas partes do mundo o uso de águas residuárias para irrigação é prática utilizada há séculos, já a irrigação de áreas verdes em áreas urbanas acontece desde 30 anos atrás. Para o primeiro uso, o agrícola, a principal preocupação é com a quantidade de sais depositados e acumulados no solo, e para o segundo uso, a preocupação volta-se para o contato humano, não permitindo o uso potável dessa água de reúso (ASANO, 2002).

Visando o posterior reúso, os esgotos brutos ou tratados dependendo dos níveis de poluentes podem ser disponibilizados no solo pelos processos de irrigação, infiltração-percolação, e escoamento superficial. Dentre os métodos de irrigação, quando for utilizada água residuária, deve ser feita a escolha por aquele de menor contato humano, evitando a contaminação, protegendo a saúde pública. Também se deve considerar a salinidade do efluente e a provável contaminação por metais pesados e patogênicos, levando à saturação do solo, atingindo os lençóis subterrâneos. Verificar também as características do solo e da cultura envolvida e sua suscetibilidade ao recebimento de efluentes. E, apesar dos custos

envolvidos pelas barreiras sanitárias que representa, a aplicação do reúso agrícola é altamente recomendável para países com as características do Brasil (OPS/CEPIS, 2002).

Outro uso que merece destaque e deve ser considerado são os usos sanitários. A utilização em descargas sanitárias é um grande exemplo disso já que a alta qualidade da água utilizada é discutível, além disso, esse uso tem um consumo significativo dentro das atividades humanas (HESPANHOL, 2003). Hoje é utilizada água potável para esse fim, podendo ser substituída por uma água de reúso, desde que se sigam as recomendações da proteção do contato humano e aceitação pública.

A indústria também tem grande potencialidade do uso da água de reúso, inclusive trabalhando a reciclagem dentro dos processos. Na universidade, laboratórios têm essa mesma característica, considerando o uso de equipamentos específicos, alguns grandes consumidores de água e conseqüentemente grandes geradores de água residuária, onde podem ser analisadas possibilidades de reúso e reciclagem.

O reúso potável não é aqui considerado, no entanto, em situações de extrema escassez, sendo inviável importar água de outras localidades, é considerado o reúso potável de água. Isso ocorre, por exemplo, em Israel, e vem sendo estudado em alguns outros locais nos EUA, no caso estado da Califórnia, que já está certificando processos de tratamento para a potabilização da água. Para alcançar os padrões de potabilidade estudos nesses locais aprimoram tecnologias de desinfecção, com sistemas de tratamento terciários, usando Ozônio e Ultravioleta (SALEM, 2001). Contudo, a avaliação das implicações à saúde pública com a utilização de água de reúso como fornecimento de água potável é constantemente analisado e, para isso, pesquisas contínuas são necessárias relativas aos testes de segurança do reúso potável e seus efeitos na saúde.

3.1.2 *Fontes alternativas para Reúso de Água*

Algumas concessionárias disponibilizam para o consumidor “água de reúso”, sendo essa a primeira alternativa facilitadora de se obter uma água de menor qualidade. Isso não é prática comum em todos os municípios, já existem várias experiências, que serão vistas no próximo capítulo, mas muitas vezes não é essa a alternativa mais viável para o município, considerando a infraestrutura necessária e as longas distâncias de distribuição para serem atendidas.

De um modo geral, em toda atividade humana, o uso doméstico gera efluentes com diferentes características, separadas basicamente em: “águas negras” sendo aquelas oriundas de usos sanitários e “águas cinzas” definidas por Mancuso e Santos (2003), como “água residuária com características do esgoto doméstico residencial, incluindo esgotos de pias, chuveiros, tanques, máquinas de lavar, mas não incluindo os efluentes de vasos sanitários e mictórios”.

Essas águas residuárias são hoje coletadas e reunidas em um único ponto de lançamento, porém originalmente possuem características sensivelmente diferentes. Águas cinzas podem conter organismos patogênicos, oriundos de matéria fecal e urinas oriundas de banhos. Lavanderias também podem apresentar certa contaminação na água oriunda de seu uso, porém estudos americanos têm mostrado que a quantidade total de coliformes fecais e totais (indicadores de qualidades que serão vistos mais adiantes) é dez vezes maior em águas oriundas de banhos do que de lavanderias (JENKINS, 2000). Como exemplos, foram apresentadas amostras com 215 coliformes totais e 107 coliformes fecais por 100 ml de água de lavanderias, contra amostras com 1810 totais e 1210 fecais por 100 ml de água de banhos. Também situações de despejos de resíduos sólidos nos ralos de pias, ou por hábito, ou por meio de trituradores, traz um aumento significativo em colônias de bactérias na água cinza.

Pelo gráfico da **Figura 1**, analisa por Lindstrom, 2000, pode-se ter uma visão da porcentagem do grande volume de águas cinzas gerada dentro dos usos domésticos, de todo o uso 40% das águas geradas são negras e o restante águas cinzas.

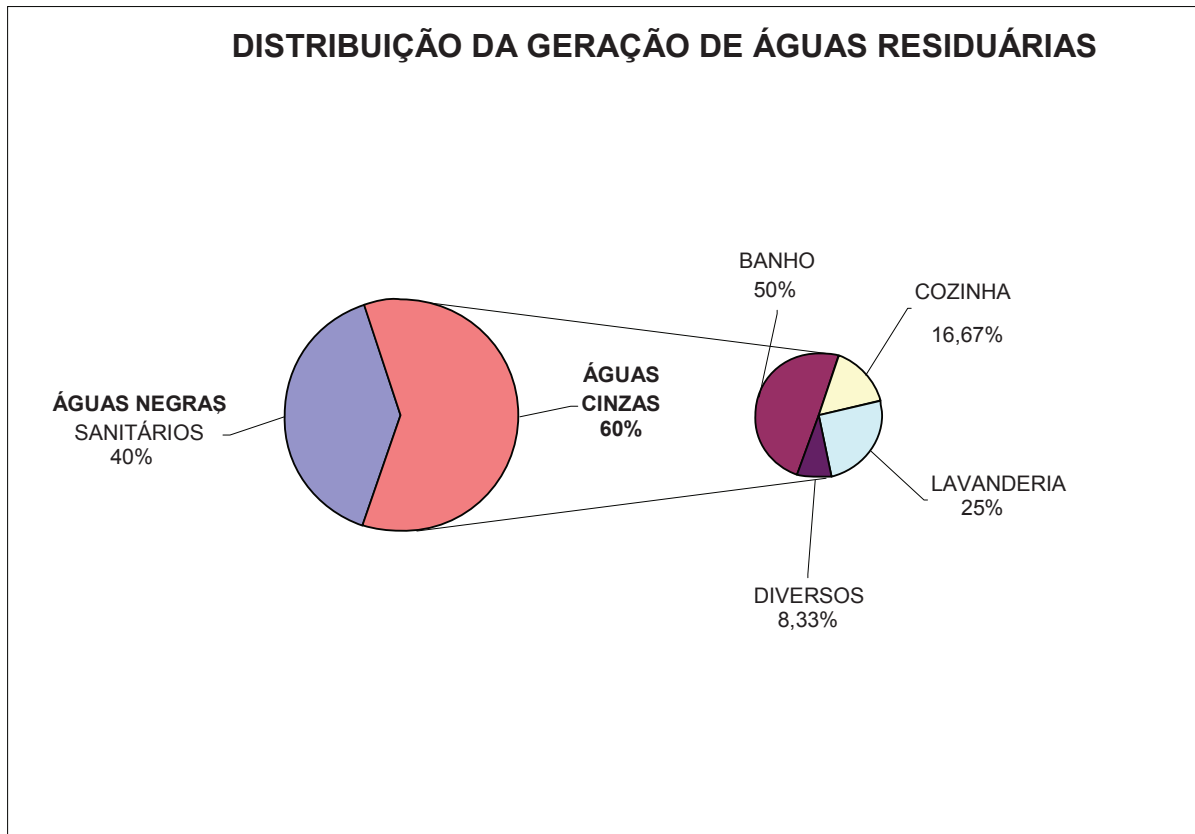


Figura 1: Distribuição da produção de águas residuárias em ambientes residenciais. Fonte: Lindstron, 2000.

A diferença mais significativa entre águas negras e águas cinzas, segundo Lindstron (2000), está na taxa de decréscimo de poluentes. As águas negras são constituídas basicamente de compostos orgânicos que já foram expostos ao mais eficiente sistema de decomposição: o sistema digestivo do corpo humano. É de se compreender então que a rapidez da decomposição dos subprodutos desse processo não é favorecida quando em contato com o meio hídrico.

Como última fonte potencial de água para reúso, as águas de processos industriais como um todo, em especial em laboratórios de *campus* universitário, também devem ser consideradas. O levantamento dos equipamentos e processos que consomem água permite avaliar o volume de água desperdiçado e alertar os usuários sobre este desperdício. Alguns desses equipamentos geram águas residuárias de excelente qualidade, podendo ser atendidas diretamente demandas com qualidade compatível, dando início a situações locais de

reúso. No entanto para cada equipamento, análises particulares devem ser feitas, levando em conta a especialidade de cada processo.

3.2 Experiências de reaproveitamento de Águas Residuárias

As experiências mais antigas sobre reaproveitamento de águas residuárias são identificadas nos EUA, no caso, o estado da Flórida e da Califórnia, um dos pioneiros, segundo a USEPA (1992). Ainda, existem exemplos nos países que vivem a escassez da água como o caso de Israel, Kuwait, Namíbia, etc. Usos de esgotos tratados na agricultura e em conservação paisagística são comuns nos Emirados Árabes Unidos, no Omã, no Egito, Jordânia, Síria, Tunísia. Chipre utiliza esgotos com tratamento secundário para descargas sanitárias (BAKIR, 2001 *apud* MANCUSO, P. S.; SANTOS, H. F, 2003), e também há reaproveitamento de águas residuárias para fins potáveis, como na Namíbia, e alguns locais nos Estados Unidos.

Aqui serão tratadas experiências americanas, incluindo o que ocorre em algumas universidades, experiências de reúso potável, caso da Namíbia, experiência de Israel, um dos maiores sistemas do mundo, e a situação da América Latina incluindo o Brasil.

3.2.1 Estados Unidos – Estado da Flórida

Na Flórida o fortalecimento e a promoção do reaproveitamento de águas estão estabelecidos nos capítulos 373 e 403 do Estatuto desse Estado. Nesse estatuto, reúso é a deliberada aplicação de esgoto doméstico tratado para finalidades benéficas. Ainda, nesse estatuto são estabelecidas como atividades em potencial para o reúso a irrigação de áreas verdes, irrigação da lavoura, recargas de aquíferos, usos industriais, descargas sanitárias e propostas paisagísticas (SAFE, sd).

O Departamento de Proteção Ambiental da Flórida implantou um programa de reúso para encorajar e promover o mesmo. O programa inclui regras governamentais e uma ampla abrangência de atividades de reúso. Pela alta qualidade dessa regulamentação, a Florida foi uma forte base para o guia americano do reúso, o *EPA Guidelines for Water Reuse* em 1992.

Dados aproximados da época já mostravam em números essas experiências que estavam ocorrendo. Em 1986 já se estimavam 118 experiências, em 1990, 199

experiências, e dois anos depois, em 1992 a utilização do reúso de efluentes havia crescido cerca de 50%, passando para 295 experiências somente no estado da Flórida. Desses usos, 38% se destinavam à irrigação de áreas verdes e 30% para irrigação de lavouras. (SAFE, sd).

3.2.2 *Estados Unidos – Estado da Califórnia*

No estado da Califórnia é definida a *recycled water* pelo *Califórnia Water Code*, como a água resultante de tratamentos de efluentes, adequada para possíveis usos, podendo ser direto ou controlado. Do total da água reaproveitada, 48% se destinam à agricultura e 19% para irrigação de áreas verdes, gramados praças e jardins, não se permitindo o reúso potável direto. A questão de segurança principalmente da saúde pública, é ainda uma das maiores dificuldades para se definir os padrões para a aceitabilidade de seu consumo (ASANO, 2002).

Cidade de San Diego – Estado da Califórnia

A cidade de San Diego é um exemplo prático do que ocorre na Califórnia. Situada em área de extrema escassez, com altas demandas de água, grande parte do seu fornecimento (cerca de 90%) é importado da região do norte e do Rio Colorado. Sob essa situação crítica, a cidade construiu a *North City Water Reclamation Plant* e a *South Bay Water Reclamation Plant*, que são estações que produzem águas oriundas do tratamento dos esgotos em elevados níveis destinados à irrigação, o maior uso, indústrias e outros usos não potáveis.

A *North City Plant* trata 1,6 m³/s, e a *South Bay Plant*, uma vazão de 0,8 m³/s; totalizando 2,4 m³/s. Esse volume garante à cidade de San Diego um controlado fornecimento de água, com baixo custo, de confiança e extremamente benéfico para o meio ambiente. Com o reúso regulamentado em 1987, a legislação só não permite o reúso potável e, para manter a qualidade e a segurança dos clientes e do meio ambiente é feito um monitoramento cuidadoso de responsabilidade local seguindo os padrões federais. A água de reúso é distribuída “porta a porta” dentro da cidade, por tubulações oriundas das estações citadas acima, aos clientes. Essas tubulações têm coloração específica, padronizada internacionalmente pela cor púrpura, inclusive válvulas, registros, conexões, e caixas de medições e indicações em pontos de saídas (CITY OF SAN DIEGO, sd).

Na cidade de San Diego, é cobrada uma taxa baseada no consumo do cliente, essa taxa faz com que o cliente priorize o uso dessa água de reúso. Ainda, existem fiscalizações sobre o uso adequado e as instalações do sistema, estando o cliente sujeito a qualquer tipo de notificação. O custo dessa água de reúso é significativamente menor do que a água potável. Segundo a cidade de San Diego, pela água reciclada são cobrados 80 centavos de dólar a cada 100 pés cúbicos (equivalente a 2,83 m³) enquanto que a taxa para a água potável é de 1,57 dólares por 100 pés cúbicos.

Ainda para incentivar o uso da água reciclada, a cidade também possui um programa que isenta unidades industriais de taxas obrigatórias de água se for comprovada uma efetiva participação dessa empresa em programas de conservação de recursos naturais, incluindo o próprio uso de água reciclada.

3.2.3 Estados Unidos – Universidades

Universidade da Califórnia em San Diego

A Universidade da Califórnia em *San Diego* é uma das unidades que utiliza água de reúso oriundas do sistema público citado acima para irrigação. Ela declarou em 1998 que em apoio ao governo da cidade, a Universidade se comprometeria em utilizar água de reúso para irrigação em suas áreas verdes, o que corresponde a 25% do total de água consumida, isto é, um milhão de galões de água por dia. E, que a Universidade como instituição do mais alto conhecimento, tem a responsabilidade de direcionar o exemplo a toda comunidade fazendo do reaproveitamento de águas um meio de vida para a cidade que tanto sofre com escassez de recursos hídricos (UCSD, 1998).

Universidade de Idaho

Localizada na cidade de *Moscow*, estado de *Idaho*, utiliza a água que bombeia do aquífero Grande Ronde, cerca de 250 milhões de galões por ano de água potável, segundo *University of Idaho*, 2004. Para garantir o fornecimento futuro, a universidade economiza cerca de 100 milhões de galões com água oriunda do tratamento da cidade de *Moscow* para a irrigação dos campos de golfe e das áreas verdes. A universidade tem plena consciência do rebaixamento do lençol freático que ocorre em todo o subterrâneo de áreas onde a exploração é excessiva, e, além do reúso de águas, trabalha a conscientização em minimização do consumo, no banho, torneiras, etc.

Universidade de Arizona

Localizada na cidade de *Tucson*, no deserto de *Sonoran, Arizona*, local de grande escassez, a *Universidade do Arizona Tucson* é uma das instituições desse estado que utiliza água de reúso como fonte de recurso hídrico. A água reciclada é utilizada para irrigação das áreas verdes e nos evaporadores das torres de resfriamento. Esse recurso chega até a universidade através de sistemas independentes de tubulações, no caso, são 160 quilômetros de extensão, oriundos da ETE de Tucson. Das 600 instituições que são abastecidas, 300 são unidades residenciais, no entanto grande parte da água lá produzida não é distribuída e sim utilizada na recarga dos aquíferos (CITY OF TUCSON, sd).

No leste dos Estados Unidos a situação de escassez não é tão crítica, porém, vários projetos ligados ao reúso da água estão sendo desenvolvidos, é o que ocorre na Carolina do Norte, Virgínia, e outros.

Universidade da Carolina do Norte

Apesar de não contar com o reaproveitamento de efluentes, em 2004 foi aprovada uma verba para a implantação do sistema de reúso de efluentes dentro da Universidade. O sistema fornecerá água não potável para reúso planejado dentro dos sistemas de refrigeração e condicionadores de ar para os prédios na Universidade, com provável conclusão em 2007. Através de parcerias com as empresas fornecedoras de água potável e os fundos de proteção ambiental, esse sistema poderá ser desenvolvido e servirá de apoio ao abastecimento público da cidade. Os objetivos são além de servir internamente ao *campus*, expandir para demais localidades externas também colaborando com a regulamentação estadual para o reúso de água (CWMTF, 2004).

Universidade de Virgínia

A Universidade não faz hoje o reúso da água, ela trata da redução do consumo, no qual o reúso não deixa de ser uma alternativa. O Estado da Virgínia enfrenta hoje uma situação de seca nunca ocorrida nos últimos 70 anos, começando a estimular que o gerenciamento dos recursos hídricos tome caráter de urgência. A Universidade de Virgínia na cidade de *Charlottesville* acatando os conselhos do governo articula esforços para que os alunos residentes economizem 10% da água consumida. Uma primeira medida foi a instalação de aeradores nas torneiras, seguido de trocas de equipamentos velhos e não econômicos por

outros mais novos, consumindo menor volume de água, que é o caso dos vasos sanitários. Outra medida é a irrigação das áreas verdes da Universidade com águas pluviais. Também o reaproveitamento de águas em circuitos de aquecimento e resfriamento, um dos maiores consumidores da demanda de água. Porém, a universidade sabe que deve contar com a mudança de comportamento dos que ali freqüentam e apenas unindo esforços é que se alcançam objetivos (UNIVERSITY OF VIRGINIA, 2002).

3.2.4 *Experiência de Israel*

Sofrendo intensamente com o problema de escassez de recursos hídricos, como já visto na distribuição de água no planeta, Israel encontra-se em situação crítica de abastecimento de água. Como o recurso natural não fornece água suficiente para a demanda da população, o país trabalha sempre a favor de novas tecnologias, e além das inúmeras barragens e reservatórios lá construídos, o reaproveitamento de água é conceito muito difundido e amplamente utilizado.

Não diferente dos demais países do mundo, 60% do consumo dessa água reaproveitada é destinada à agricultura, os demais, para usos em indústrias e residências. Segundo *Jewish National Fund – JNF*, o reaproveitamento de efluentes tem o potencial de economizar aproximadamente 20% do fornecimento de água. Essa situação coloca Israel como um dos países com maior tecnologia e aproveitamento de esgotos tratados.

Shelef (2002) mostra que algumas características comuns dos países da Bacia do Mediterrâneo levam a prática do reúso, sendo elas: condições climáticas onde se tem verão longo e seco; baixos índices pluviométricos; falta generalizada de água; ameaça de poluição dos lençóis subterrâneos; alta densidade populacional; e falta de investimentos para o setor público. Essas características levam à implementação de sistemas de reúso, não somente para atender a necessidade das maiores demandas de água, como é o caso da agricultura, mas para atender à todas as necessidade econômicas e manter os altos padrões de saúde pública do país.

É interessante analisar os valores do fornecimento do recurso hídrico em Israel, como mostra o **Quadro 1**. O volume disponível de água de reúso chega a ser bem representativo comparado com o disponível em cursos d'água superficiais, correspondendo a uma parcela significativa do abastecimento populacional. Para gerar todo esse efluente tratado, Israel conta com 564 estações de tratamento de esgoto, tratando cerca de 394 milhões

de metros cúbicos. Dessas estações, a maior se localiza na região sul de Tel-Aviv denominada *The Dan Region Treatment and Reclamation Plant (Shafdan)*. Nela também são produzidos os maiores volumes do efluente para reúso, cerca de 115 milhões de metros cúbicos distribuídos em 2000 (SHELEF, 2002).

Quadro 1: Balanço do Recurso Hídrico e seu fornecimento em Israel. Fonte: Shelef, 2002.

Ano Hidrológico	1985/1986	1990/1991	1999/2000	2010/2011
Recurso Hídrico	milhões de metros cúbicos por ano			
Água subterrânea	1340	1140	1100	1100
Água superficial	620	140	210	600
Dessanilização	-	-	10	230
Reservatórios de Detenção	40	-	20	60
Reúso de Efluentes	110	190	285	460
Produção total	2110	1470	1625	2450
Perda no sistema	-60	-40	-40	-50
Fornecimento total	2050	1430	1585	2400

Apesar da proposta de reúso em Israel considerar quase todas as aplicações para atividades que envolvam recursos hídricos, o uso potável é ainda conservado utilizando o uso primário da água. Shelef (2002) ainda conclui que mesmo com altas tecnologias para se produzir efluentes de alta qualidade, sua aplicação para uso potável ainda se prolongará para o futuro, principalmente por questões de segurança e aceitação pública. Até lá então, os esforços são canalizados para economia do recurso utilizando fontes naturais primordialmente para o consumo humano direto.

3.2.5 Experiência de Namíbia – Cidade de Windhoek

De todas as experiências internacionais poucas retratam o reúso potável de efluentes. Fato ocorrente na Namíbia, isso porque é o país mais árido da África do Sul, com 80% da suas terras localizadas no deserto, e precipitação anual de 370 mm. Tem um fornecimento de água escasso e o consumo já foi reduzido para o mínimo conseguido com as novas tecnologias. Em *Windhoek*, capital da Namíbia, até 1968 o abastecimento de água era oriundo de poços (35%) e o restante de água de escoamento superficial captada a 65 km de distância. Com o aumento da população e as dificuldades de abastecimento, o

reaproveitamento de efluentes para uso direto da população, sempre foi uma alternativa viável.

No início eram simples tratamentos que foram se aprimorando para as técnicas mais modernas como flotações por ar dissolvido, filtros de carvão ativados e etc. Desde essa época, nenhuma disseminação de doenças oriundas do reaproveitamento de efluentes foi vivenciada. Houve também a degradação da qualidade da água da barragem existente oriunda dos despejos não autorizados da população assentada ao redor do reservatório. A sugestão foi uma ampliação no tratamento, captando a água que estava poluindo e aumentando o fornecimento da água de reúso.

Através de um consórcio entre o governo federal, municipal e investimentos do Banco Europeu, em dezembro de 2002 foi inaugurada uma estação de altíssima tecnologia e segurança. O sistema de abastecimento de *Windhoek* é constituído de 15% de esgotos tratados e 85% de água tratada e está em funcionamento há 10 anos, segundo a OMS, toda a água potável lá produzida atende criteriosamente aos padrões de potabilidade. (LAHNSTEINES e SEVITZ, sd).

Ainda segundo Lahnsteines e Sevitz (sd), a utilização de efluentes tratados como uso potável não é geralmente aceita pelo público. Barreiras psicológicas devem ser quebradas, para tanto, um *marketing* positivo e persistente deve ser difundido para que se tenha orgulho de ser um dos únicos países do mundo a utilizar a prática do reúso potável. Para eles, o reúso potável é uma solução totalmente sustentável, visto as condições da África do Sul. Os custos de produção da água de reúso são bem menores que os de captar água potável a longas distâncias; e com qualidade no gerenciamento do reúso podem-se sempre atingir os padrões de potabilidade, tornando o sistema um modelo de tecnologia de ponta para outros países.

3.2.6 Experiência na América Latina

América Latina é uma região de grande concentração urbana, com 74% da população total instalada em centros urbanos, com déficit na questão sanitária e a utilização de águas residuárias para irrigação sem controle e sem critérios, segundo a Organização Pan-americana de Saúde - OPS (2002). A OPS estabeleceu um convênio com o Centro Pan-americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente para a criação do estudo *Sistema Integrado de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial*.

Esse estudo trata de 20 casos em cidades latinas que possuem ou não o reúso, ou que o fazem com tratamento ou sem tratamento algum. As cidades são apresentadas no **Quadro 2** e o estudo tem como objetivo, promover uma metodologia prática para abordar os aspectos que determinam a viabilidade e a sustentabilidade dos sistemas de reúso.

Quadro 2: Relação dos estudos de caso para as quatro situações de manejo da água residuária. Fonte: OPS/CEPIS, 2002.

	COM TRATAMENTO	SEM TRATAMENTO
COM REÚSO	Antofagasta (Chile) Cochabamba (Bolívia) Juarez (México) La Veja (Rep. Dominicana) Mendoza (Argentina) Tacna (Perú) Texcoco (México) Villa El Salvador (Perú)	Mexquital (México) San Agustín (Perú) San Martín (Argentina) Santiago (Chile)
SEM REÚSO	Fortaleza (Brasil) Maracaibo (Venezuela) Portoviejo (Equador) Puntaneres (Costa Rica)	Ibagué (Colômbia) Jinotepe (Nicarágua) Luque (Paraguai) Sololá (Guatemala)

Dos países da América latina, o México foi o que acumulou mais experiências no reúso de águas. Existe uma produção regular em quase todo o país de peixes, frutas e verduras que são produzidos com efluentes de estações de tratamento de esgoto e são vendidos normalmente nos supermercados. O mesmo ocorre no Peru, onde cultivos com águas residuárias produzem peixes que são comercializados ainda vivos (CEBALLOS, 1999 *apud* TORRES E PINHEIRO, 2002).

3.2.7 *Experiências Brasileiras*

Poucas são as experiências desenvolvidas e aplicadas no Brasil, comparado ao grande potencial de reaproveitamento de águas residuárias. Um dos pioneiros em utilização de efluentes tratados é o município de São Caetano do Sul, estado de São Paulo, que utiliza águas de reúso, oriundas da ETE ABC da SABESP, uma das cinco estações de tratamento de esgotos da Região Metropolitana de São Paulo. Segundo o Departamento de Águas e Esgoto de São Caetano do Sul, citado pela SABESP, “Não é pelo ganho financeiro, é pelo ganho ambiental a importância deste trabalho. A água de reúso é utilizada para regar áreas verdes e para a lavagem de vias e logradouros públicos”.

O tratamento apresenta grau de eficiência de 90% de remoção de DBO, uma vazão de entrada de 1,5 m³/s, e, desse volume, 31 L/s são encaminhados para uma Estação de Condicionamento para Reúso (ECR) e no final disponibilizados para usos secundários. Tomando todas as precauções técnico-sanitárias e com um amplo sistema de monitoramento técnico, o sistema mostrou-se seguro para toda a população e viável economicamente, já que a água de reúso pode ser comercializada com custos de venda bem inferiores à água potabilizada.

Além de São Caetano do Sul, outras cinco prefeituras da Região Metropolitana de São Paulo também usam água de reúso para efetuar a limpeza pública. Entre elas estão São Paulo, Barueri, Carapicuíba, Diadema e Santo André. E como afirma a SABESP, “ao contrário de consumir água potável para lavar as ruas após as feiras livres, caminhões devidamente preparados seguem às estações de tratamento de esgotos de Barueri, Parque Novo Mundo e São Miguel Paulista para se abastecer da água de reúso. Atualmente, são aproveitados 34 milhões de litros de água mensalmente nestas práticas. Os custos são bastante reduzidos. Os órgãos municipais pagam R\$ 0,36 por mil litros de água” (SABESP, 2001).

Na indústria se encontra a maioria das experiências nacionais, seja por imposição das certificações ISO 14000 ou até mesmo por um controle mais rigoroso por parte dos órgãos ambientais quanto à qualidade do lançamento de rejeitos em corpos d'água. Ainda destaca que de todo o consumo industrial, apenas 1% da água é reutilizada. Como exemplo, a Coats Correntes, que desde 1997 aproveita água de reúso no tingimento de suas linhas, economizando cerca de 70 mil litros de água por hora.

Outro caso é o de reaproveitamento de efluentes líquidos da fábrica da Elma-Chips, localizada em Itu-SP, onde foi construído um tratamento posterior à ETE. O novo sistema foi montado para capacidade de até 50 m³/h, projetando etapas futuras com maior aproveitamento dos efluentes. Foi construído também um reservatório exclusivo para esta água, e uma rede de distribuição independente que alimenta vasos sanitários e pontos externos para lavagem de pisos e caminhões. Como conclusão dessa implantação, verificou-se que esse sistema pode servir como pré-tratamento de sistemas mais sofisticados, como por exemplo, sistemas destinados à potabilização de efluentes (PACHECO e RICIERY, 2004).

Além da fábrica da Volkswagen e da Elma-Chips, algumas outras indústrias no Brasil também já partiram para a utilização da ferramenta de reaproveitamento de águas residuárias como questão chave na minimização do consumo de água e da geração de efluentes. Algumas estão em fase de implantação, como é o caso da Kodak brasileira, o estudo do aeroporto de Aracajú no estado do Sergipe (trabalho desenvolvido pela Universidade Federal desse estado), e outros casos já em aplicação como a Refinaria de Paulínia, a COPEL no pólo petroquímico de Triunfo - RS, a AGIP Liquegás em Betim - MG e várias indústrias sucroalcooleiras e citrícolas.

É observada também a grande aplicação da água de reúso em lavouras agrícolas, caracterizada principalmente pela fertirrigação das plantações de cana-de-açúcar, destinadas à produção de açúcar e álcool, prática comum nas usinas do estado de São Paulo. (HESPANHOL, 2003).

O grande potencial do reúso agrícola no Brasil, além do suprimento da irrigação, situação de maior consumo de água no país, leva à aplicação de esgotos e efluentes no solo. Assim, é vista como uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica, em regiões semi-áridas, sendo os maiores benefícios dessa tecnologia os aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (HESPANHOL, 2003). Para a OPS/CEPIS (2002), o reúso agrícola também é grande potencial dentro do gerenciamento do recurso hídrico para toda a América Latina devido às vastas áreas cultiváveis e à diversidade do cultivo. No entanto as experiências que mais crescem utilizando o reúso como ferramenta no gerenciamento dos recursos hídricos são os usos industriais, isso devido ao fato da água destinada a este uso estar cada vez mais difícil, e a cobrança de órgãos fiscalizadores cada vez mais intensa.

Mesmo com inúmeras citações de casos de aplicação de reúso de efluente no Brasil, o país está longe de tê-lo como conceito sólido e difundido. O seu uso é incipiente, pela grande potencialidade já diagnosticada. Muitos estudos ainda deverão ser feitos e analisados justificando a reutilização de águas residuárias como uma das técnicas para o gerenciamento dos recursos hídricos.

Situação nas Universidades Brasileiras

Nas Universidades Brasileiras não se encontram exatamente programas que foquem o reúso de águas, e sim a existência de programas bem sucedidos visando a conservação dos recursos hídricos, como é o caso do PURA da USP, do Pró-Água da Unicamp, o PROGESA na UFSCar, e trabalhos na Universidade Federal do Mato Grosso e da Universidade de Brasília, que são experiências de grande valia para continuidade desse trabalho.

O PURA, Programa de Uso Racional de água da USP, Universidade de São Paulo está estruturado em seis outros programas integrados à conservação dos recursos hídricos, é composto de várias etapas incluindo: levantamento de perdas físicas; redução dessas perdas; redução do consumo nos equipamentos; racionalização das atividades que consomem água; entrando aqui as possibilidades de reúso de água nos processos; e por último, campanhas educativas e treinamento. As intervenções se iniciaram nas unidades que representavam o maior consumo de água, no caso, o campus universitário Armando de Salles Oliveira na cidade de São Paulo, que durante quatro anos do programa, sofreu uma redução de 137.881 m³ por mês para 88.539 m² por mês, representando 25% de redução da tarifa de água dentro do campus. Além dessas intervenções, estudos da distribuição dos equipamentos sanitários pré-existentes, também foi levantada, como visto na **Figura 2**. (GONÇALVES E SILVA, 2003)

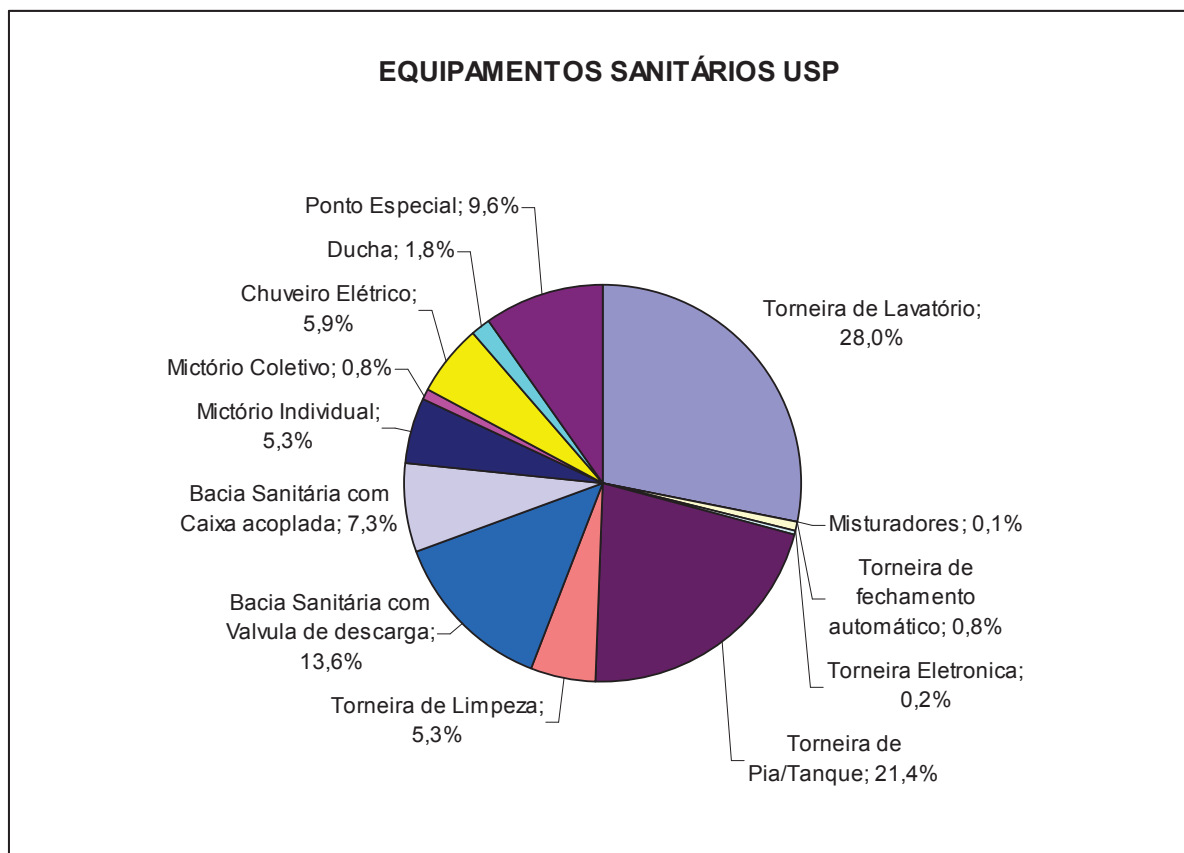


Figura 2: Distribuição de equipamentos sanitários preexistentes nas Unidades da Cidade Universitária (EPUSP 1998/2003 *apud* GONÇALVES E SILVA, 2003)

Além do PURA da USP, a UNICAMP possui no campus Zeferino Vaz, o Programa de Conservação de Água PRÓ-Água. Dentro desse programa foram elaborados trabalhos visando a conservação de água em equipamentos de usos específicos, tendo como um dos objetos de estudo o Hospital das Clínicas da UNICAMP, onde o ambiente laboratorial é o principal escopo a ser estudado. O Programa está em fase que contempla as atividades de levantamento documental, cadastral e de patologias do Hospital das Clínicas, estabelecendo planos de intervenção e estudo dos usos específicos da água. Na etapa de levantamento documental foram analisados todos os documentos relativos à caracterização da edificação em estudo, ou seja, os projetos arquitetônicos e dos sistemas hidráulicos prediais; relação de equipamentos do setor de patrimônio, entre outros. (NUNES, ILHA, *et al*, 2004)

Em seguida, no levantamento cadastral e de patologias foram elaboradas planilhas para a realização desse levantamento, tomando-se como base os modelos disponíveis no Laboratório de Ensino e Pesquisa em Sistemas Prediais dessa universidade. As modificações nessas planilhas foram efetuadas em função das especificidades desses

equipamentos e da necessidade de informações extras para a verificação da possibilidade de reúso da água. Na planilha final constam os seguintes itens:

- Localização do ambiente em estudo e atividade nele realizada;
- Marca, modelo e tipo de montagem do equipamento de uso específico da água;
- Características da água de alimentação, do processo e de descarte;
- Estado de conservação e condição de operação do equipamento e dos tubos e acessórios da sua alimentação; e,
- Caracterização da atividade realizada com a água processada.

Após o estudo das plantas arquitetônicas, subdividiu-se o primeiro pavimento em 10 (dez) áreas distintas, com setores onde são realizadas atividades semelhantes. Foram então cadastrados 176 ambientes diferentes, dos quais 66 possuem algum ponto de utilização de água. O número de ambientes foi obtido mediante a divisão de salas constantes na planta, estando incluídos também nesse total os corredores de circulação e as eventuais modificações que não estavam cadastradas, sendo esse critério adotado para os demais pavimentos analisados ou a analisar-se. Cerca de 5,1% desses ambientes possuem equipamentos de uso específico da água.

Tendo em vista os equipamentos de uso específico da água, como destiladores, deionizadores, banhos-maria, entre outros e o volume de água que eles consomem, grande parte da atenção para a possibilidade de conservação, foram a eles depositadas. Assim como no programa da USP, os destiladores foram selecionados para avaliação do potencial de reúso da água utilizada no processo. (NUNES, ILHA, *et al*, 2004)

Na Universidade Federal do Mato Grosso também foram encontrados estudos de reutilização de água aplica à destiladores, isso depois de verificada pela universidade o grande volume de água necessária à esses equipamentos e que com boa qualidade eram lançados no esgoto juntamente com demais resíduos. Percebe-se também a grande preocupação com relação a destiladores de água, equipamento esse de uso comum em todo o tipo de universidade.

“O princípio de funcionamento do destilador é a fervura da água que é condensado em uma serpentina fria, tornando novamente ao estado liquido, porém livre de sais minerais ou substancias gasosas com ponto de ebulição diferente de 100 °C, isto é,

substâncias que evaporam antes ou depois que a água e, portanto, saem separadamente da serpentina de condensação”. Parte da água é descartada diretamente para o esgoto, gerando um grande desperdício. “Estima-se que a produção de cada litro de água destilada lança no ralo entre 12 a 15 litros de água tratada, água essa que pode ser reaproveitada sem tratamento”. (MECCA, PRIANTE, *et al*)

Para o estudo da possibilidade de reaproveitamento, deve ser levantado o consumo de água através de dados do equipamento e frequência de utilização e as características físico-químicas dessa água. Para essas características serão levantados os seguintes itens (**Quadro 3**), elaborado pelo estudo da UFMT.

Quadro 3.: Variáveis físico-químicas a serem realizadas na água remanescente do destilador.

Fonte: Mecca e Priante, et al, 2004

Parâmetros	Métodos
Vazão (m ³ /s)	Hidrômetro
Temperatura (°C)	Leitura direta “ <i>in situ</i> ” em Termômetro digital
pH	Método Potenciométrico
Cor (uH)	Comparação colorimétrica
Turbidez (uT)	Turbidímetro
Condutividade (µS/cm)	Condutivímetro
Alcalin. Total (mg/l.CaCO ₃)	Potenciométrica

A UNB, Universidade de Brasília, também desenvolveu um trabalho tratando da questão da água e resíduos químicos dentro do Instituto de Química, e um dos objetivos do trabalho foi fazer o levantamento do consumo de água em equipamentos nos laboratórios do Instituto de Química. Através da aplicação de questionários, eles levantaram os resíduos produzidos nos laboratórios e os equipamentos de uso de água, a frequência do uso de cada um deles, o tempo de funcionamento durante o dia, além de levantar se há a preocupação do laboratório em reaproveitar a água residuária nele gerado.

Foram investigados cerca de 270 laboratórios (90% de toda universidade), com os dados coletados concluiu-se que a demanda de água potável para equipamentos laboratórios é cerca de 10 m³ por semana, segundo a resposta dos questionários. De todos os equipamentos, as trompas de vácuo consomem 46% da demanda de água, seguidos por destiladores ocupando 36% da demanda. E sobre a verificação da possibilidade de reúso, foram encontradas 5% do total de água economizada por reúso, e 95% utilizada e lançada à rede de esgoto.

O que se concluiu nesse estudo é que a estrutura física do atual prédio do Instituto de Química exige modificações para ser realizado o reaproveitamento. Identificou-se também uma grande expectativa de modificações no prédio novo do Instituto, alterando-se o projeto hidráulico prevendo a redução no consumo e o reúso de água. (IMBROISE, FURTADO, 2004).

Como conclusão dessas experiências em universidades, foi verificada que nenhuma delas apresenta valores de distribuição de consumo, o que, em contrapartida é amplamente conhecida em distribuição de consumo doméstico. A ANA (2005) estima que em edificações públicas, como escolas, universidades, hospitais entre outros, o uso da água seja muito semelhante ao de edificações comerciais, porém o uso dos ambientes sanitários é bem mais significativo, variando de 35% a 50% do consumo total. Percebe-se que para todo estudo detalhado, seja ele em universidade ou em outro tipo de instituição, de técnicas de redução e reúso de água, antes são necessários levantamentos criteriosos dos pontos de consumo, das vazões e qualidade da água gerada.

A Universidade Federal de São Carlos, já conta com os primeiros passos do PROGESA, Programa de Gestão Sustentável da Água, que será descrito mais a diante. Dentre a vasta experiência dos demais trabalhos, o foco em equipamentos de usos específico da água como destiladores, bombas etc. é de extrema importância para o diagnóstico dos principais problemas, devido aos altos consumos de água apresentados.

Fazer a localização desses equipamentos, levantar a quantidade, modelo e marca, estado de conservação e as características da água de alimentação e residuária, como exposto no Pró-água da Unicamp, são primeiros passos para um projeto eficiente, além de poder contar com a metodologia de análise da UNB da água residuária, que como visto se apresentará em excelente qualidade, em parâmetros de cor, pH, turbidez, condutividade, alcalinidade, temperatura. Ainda assim é interessante considerar os aspectos bacteriológicos, dependendo do trecho da tubulação de esgotamento que o sistema deve entrar em contato.

3.3 Aspectos Legais dos Recursos Hídricos Visando Reaproveitamento de Efluentes

Sobre a legislação brasileira relacionada aos recursos hídricos, ela será separada em Federal e Estadual. A legislação estadual contemplará apenas as leis do Estado de São Paulo, já que o desenvolvimento do trabalho se localiza nesse estado.

Também será analisada em item separado parte da legislação americana sobre recursos hídricos a fim de se estabelecer uma referência.

3.3.1 *Legislação Federal Brasileira*

Dentre as várias leis importantes para o meio ambiente e recursos hídricos destacam-se:

Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e já traz como dois de seus princípios o meio ambiente como patrimônio público e a racionalização do uso do solo, água e ar. Como um dos seus instrumentos elaborado para atingir os princípios citados, a Lei 6938 contempla no artigo 9º os “incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental”, o que vem fortalecer a justificativa dessa pesquisa.

Focando dentro do Meio Ambiente a água, tem-se a:

Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que dispõe sobre a Política Nacional dos Recursos Hídricos. Ela relaciona no Artigo 1º que:

- I - a água é um bem de domínio público;*
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;*
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;*
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;*

É possível verificar, que apesar de não tratar claramente da sustentabilidade dos recursos hídricos, a lei induz a utilização racional, com usos múltiplos e reaproveitamento, para isso, é importante também verificar os objetivos baseados no uso racional da água, Artigo 2º:

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;

E com o objetivo de integrar a Política do Meio Ambiente com o Gerenciamento dos Recursos Hídricos, é criada a Lei nº 9984 de 17 de julho de 2000. Nessa Lei fica criada a Agência Nacional de Águas - ANA, autarquia sob regime especial, com autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente.

Partindo para a parte legal que traz parâmetros numéricos para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos, inicia-se a análise pela Resolução nº 357 do CONAMA de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Segundo a Resolução nº. 357 do CONAMA, as águas doces são classificadas em 5 tipos diferentes, de acordo com sua qualidade através dos padrões de DBO, oxigênio dissolvido, coliformes fecais, sólidos dissolvidos e fósforo total. Para cada classe são descritos os usos para qual são destinadas.

I - Classe Especial

- a) ao abastecimento para consumo humano com desinfecção;*
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;*
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.*

II - Classe 1

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;*
- b) à proteção das comunidades aquáticas;*
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), conforme resolução CONAMA 274 de 2000;*
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao Solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;*
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.*

III - Classe 2

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;*
- b) à proteção das comunidades aquáticas;*
- c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho), conforme resolução 274 de 2000;*
- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e*
- e) à aqüicultura e à atividade de pesca.*

IV - Classe 3

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;*
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;*
- c) a pesca amadora;*
- d) recreação de contato secundário;*
- e) à dessedentação de animais.*

V - Classe 4

- a) à navegação;*
- b) à harmonia paisagística;*

O uso da água residuária para fins potáveis, como verificado na bibliografia, é de risco e não recomendado; porém não deixa de ser uma ferramenta, para tanto, conhecer seus padrões, facilita comparações e análises mais precisas da qualidade da água em diversos usos. Para tanto, a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.*

Padrões físicos e químicos da água são listados com seus valores máximos permitidos, e os planos de amostragem também são regularizados. No **Quadro 4** observa-se

os padrões microbiológicos de potabilidade. E o que dele pode-se salientar é que para água de consumo humano e para as águas oriundas de saída de tratamentos é considerado coliformes ausentes para 100ml de água.

Quadro 4: Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano. Fonte: Brasil, Ministério da Saúde. Portaria no. 518 de março de 2004.

PARÂMETRO	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano ⁽²⁾	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml

NOTAS: (1) Valor Máximo Permitido.

(2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

(3) a detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

Também é interessante salientar os artigos do capítulo VI que tratam das exigências aplicáveis aos sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água.

Art. 22. Toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção, concebido e operado de forma a garantir o atendimento ao padrão microbiológico desta Norma.

Art. 23. Toda água para consumo humano suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização deve incluir tratamento por filtração.

Finalizando, a NBR 13.969 de 1997 que trata sobre Unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos. Nela o item 5.6. traz uma série de recomendações sobre os cuidados ao se reusar água resultante de processos de tratamento de esgoto muito interessantes e cabíveis a esse trabalho.

O reúso local de esgoto deve ser planejado de modo a permitir seu uso seguro e racional para minimizar o custo de implantação e de operação.

Para tanto, devem ser definidos:

- a) os usos previstos para esgoto tratado;
- b) volume de esgoto a ser reutilizado;

- c) grau de tratamento necessário;
- d) sistema de reservação e de distribuição;
- e) manual de operação e treinamento dos responsáveis.

Item 5.6.4.: O grau de tratamento para uso múltiplo de esgoto tratado é definido, regra geral, pelo uso mais restrigente quanto à qualidade de esgoto tratado. No entanto, conforme o volume estimado para cada um dos usos, pode-se prever graus progressivos de tratamento.

A NBR 13.969 estabelece classes de águas, assim como a resolução 357 do CONAMA, que direcionam os determinados tipos de reúso.

Classe 1 – *Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes:*

- turbidez - inferior a 5;
- coliforme fecal – inferior a 200 NMP/100ml;
- sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/l
- pH entre 6.0 e 8.0;
- cloro residual entre 0,5 mg/l e 1,5 mg/l

Nesse nível, serão geralmente necessários tratamentos aeróbios (filtro aeróbio submerso ou AB) seguidos por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante.

Classe 2 – *Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:*

- turbidez - inferior a 5;
- coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml;
- cloro residual superior a 0,5 mg/l.

Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;

Classe 3 – *Reúso nas descargas dos vasos sanitários:*

- turbidez - inferior a 10;
- coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml;

Normalmente, as águas de enxágüe das maquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão.

Classe 4 – *Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.*

- *coliforme fecal – inferior a 5.000 NMP/100ml;*
- *oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/l*

As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Essa norma ainda traz no item 5.6.5, considerações importantes sobre o sistema de reservação e distribuição:

a) Todo o sistema de reservação deve ser dimensionado para atender pelo menos 2 horas de uso de água no pico da demanda diária, exceto para uso na irrigação da área agrícola ou pastoril;

b) Todo o sistema de reservação e de distribuição do esgoto a ser reutilizado deve ser claramente identificado, através de placas de advertência nos locais estratégicos e nas torneiras, além do emprego de cores nas tubulações e nos tanques de reservação distintas das de água potável;

c) Quando houver usos múltiplos de reúso com qualidades distintas, deve-se optar pela reservação distinta das águas, com clara identificação das classes de qualidades nos reservatórios e nos sistemas de distribuição;

d) No caso de reúso direto das águas da maquina de lavar roupas para uso na descarga dos vasos sanitários, deve-se prever a reservação do volume total da água de enxágüe;

3.3.2 *Legislação do Estado de São Paulo*

O Estado de São Paulo através da Lei nº 9.509 de 20 de março de 1997: elaborou sua própria Política do Meio Ambiente, que aponta como um dos principais objetivos (Artigo 2º, item IX) *a exigência para que todas as atividades e empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental adotem técnicas que minimizem o uso de energia e água, bem como o volume e potencial poluidor dos efluentes líquidos, gasosos e sólidos.*

E assim como no âmbito nacional aproximou a política do meio ambiente especificamente para a água criando a Lei nº 7.633 de 30 de dezembro de 1991 que dispõe sobre Política Estadual dos Recursos Hídricos. Em um de seus princípios ela reconhece *o recurso hídrico como um bem público, de valor econômico cuja utilização deve ser cobrada, observados os aspectos de quantidade, qualidade e as peculiaridades das bacias hidrográficas.*

No Artigo 4º, têm-se diretrizes importantes para o uso da água aplicáveis a esse trabalho:

I. Utilização racional dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, assegurado o uso prioritário para o abastecimento das populações;

II. Maximização dos benefícios econômicos e sociais resultantes do aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos;

III. Proteção das águas contra ações que possam comprometer o seu uso atual e futuro;

Diretamente relacionado com o uso da água, o Decreto nº 48.138 de 07 de outubro de 2003 institui medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água no âmbito do Estado de São Paulo. Ele considera as questões de saúde pública, escassez de recursos no estado e o desabastecimento da população.

O Artigo 1º descreve sobre as aplicações conscientes da água potável e da água de reúso:

§ 1º - Da utilização da água nas áreas externas da edificação:

1. Ruas, calçadas, praças, pisos frios e áreas de lazer:

a) limpeza das ruas e praças só será feita através da varredura e recolhimento de detritos, sendo expressamente vedada lavagem com água potável, exceto em casos que se confirme existência de material contagioso ou outros que tragam dano à saúde;

b) permitida lavagem somente com água de reúso ou outras fontes (águas de chuva, poços cuja água seja certificada de não contaminação por metais pesados ou agentes bacteriológicos, minas e outros);

c) limpeza de calçadas, pisos frios e áreas de lazer só será feita através da varredura e recolhimento de detritos, ou através da utilização de baldes, panos molhados ou escovão, sendo expressamente vedada lavagem com água potável, exceto em casos que se confirme material contagioso ou outros que tragam dano a saúde;

d) permitida lavagem somente com água de reúso ou outras fontes (águas de chuva, poços cuja água seja certificada de não contaminação por metais pesados ou agentes bacteriológicos, minas e outros);

2. Parques, gramado e jardins:

a) não haverá rega nos dias de chuva;

b) em dias sem chuva, a rega só será realizada antes das 9:00 horas ou depois das 17:00 horas, com regador ou mangueira com esguicho disposto de sistema de fechamento (revolver, bico e outros), inclusive com sistema de sprinkler (sistema de aspersão);

c) no inverno, a rega será feita a cada 3 (três) dias no período da manhã;

d) quando a rega dos gramados e jardins for realizada com sistema de sprinkler (aspersão), este deverá ser verificado periodicamente, para verificar atuação delimitada à área de rega bem como, sem espirrar nas calçadas ou paredes das edificações;

3. Viaturas:

A lavagem não pode ser efetuada em vias e logradouros públicos e quando realizada internamente, só poderá ser executada com balde ou esguicho disposto de sistema de fechamento (revolver, bico e outros).

§ 2º - *Da utilização da água nas áreas internas da edificação: lavagem das caixas d'água e/ou reservatórios: deverão ser utilizados procedimentos de limpeza e desinfecção com economia de água, inclusive programando data para que seja consumida a água reservada na caixa, deixando disponível apenas um palmo de água para iniciar o processo.*

Sendo esses usos fiscalizados pela Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento do Estado de São Paulo, o que se percebe é ainda um amadurecimento das práticas, falta de conscientização e falta de controle da fiscalização. O que é questionável nesse item é o sistema de controle (como saber se o usuário usa somente a água de reúso para esse determinado uso), nesse caso meios de denúncias são ferramentas de grande importância. A outra questão é como disponibilizar nos sistemas existentes hoje em dia água de reúso suficiente para garantir que determinado uso seja abastecido somente com ela, já que em alguns casos é vetado o uso de água potável.

3.3.3 *Legislação Internacional – Exemplo da Legislação Norte Americana*

A USEPA, *United States Environmental Protection Agency*, órgão de Proteção Ambiental Federal dos Estados Unidos, regulamenta o tratamento geral dos efluentes e a qualidade da água para consumo humano. Em 1992, a USEPA desenvolveu um documento técnico intitulado “*Guidelines for Water Reuse*” tratando de recomendações para o reaproveitamento de águas residuárias.

Esse documento aborda questões sobre a substituição de fontes, considerações sobre os tipos de tratamento e qualidade da água, e as questões técnicas sobre o planejamento e aplicação dos sistemas de reúso. Também relata todos os tipos de reúso conhecidos e utilizados no mundo e traz alguns estudos de caso dentro e fora dos Estados Unidos, e apresenta limites bem especificados para os indicadores de contaminação biológica mostrados no **Quadro 5**.

Quadro 5. Critérios de Proteção contra microorganismos patogênicos em reúso de águas.Fonte: USEPA, 1992 *apud* Blum, 2003 e Tchobanoglous, 1991.

Tipo de reúso	Requisitos Mínimos de segurança bacteriológica para água tratada		
	Padrões	Tratamento	Monitoramento
Urbano	Col.f.: ausentes Tub. Max: 2 UNT CRL: mínimo 1mg/L	Secundário + Filtração + Desinfecção	Coli: diário. Turb.: contínuo CRL: contínuo
Agrícola para irrigação de plantas consumidas cruas	Col.f.: ausentes Tub. Max: 2 UNT CRL: mínimo 1mg/L	Secundário + Filtração + Desinfecção	Coli: diário. Turb.: contínuo CRL: contínuo
Agrícola para irrigação de plantas consumidas cozidas	Col.f.: max. 200/100mL CRL: mínimo 1mg/L	Secundário + Desinfecção	Coli: diário. CRL: contínuo
Agrícola para irrigação de plantas não comestíveis	Col.f.: max. 200/100mL CRL: mínimo 1mg/L	Secundário + Desinfecção	Coli: diário. CRL: contínuo
Recreacional para enchimento de lagoas de contato primário	Col.f.: ausentes Tub. Max: 2 UNT CRL: mínimo 1mg/L	Secundário + Filtração + Desinfecção	Coli: diário. Turb.: contínuo CRL: contínuo
Recreacional para enchimento de lagos paisagísticos	Col.f.: max. 200/100mL CRL: mínimo 1mg/L	Secundário + Desinfecção	Coli: diário. CRL: contínuo
Industrial para resfriamento sem recirculação	Col.f.: Max. 200/100mL CRL: mínimo 1mg/L	Secundário + Desinfecção	Coli: diário. CRL: contínuo
Industrial para resfriamento com recirculação	Variáveis, dependendo da taxa de recirculação.	Secundário + Desinfecção. Pode ser necessário incluir coagulação química e filtração.	Coli: diário. CRL: contínuo
Industrial para outros usos	Depende dos tipos de uso		
Reúso para melhoria ambiental (paisagismo e preservação da vida selvagem)	Col.f.: Max. 200/100mL	Secundário + Desinfecção. Pode ser necessário incluir uma declaração.	Coli: diário. CRL: contínuo
Recarga de aquíferos subterrâneos para uso não potável	Variáveis dependendo do local e dos usos da água	Primário para infiltr./percol. Primário + Secundário para injeção. Pode ser necessário incluir tratamento adicional, dependendo do caso.	Depende do tipo do tratamento dos usos.
Recarga de aquíferos subterrâneos para uso potável com injeção direta	Deve atender aos padrões de potabilidade após a percolação da água pela zona insaturada.	Secundário + Desinfecção. Dependendo do caso, pode ser necessário incluir filtração e tratamento avançado.	Coli: diário. CRL: contínuo Potabilidade: 3 em 3 meses.
	Col. F.: ausentes Turb.: Max 2 UNT CRL.: mínimo 1mg/L Padrões de potabilidade	Secundário + Filtração + Desinfecção + tratamento avançado.	Coli: diário. Turb.: contínuo CRL: contínuo Potabilidade: 3 em 3 meses
Aumento de vazão para abastecimento público.	Col. F.: ausentes Turb.: Max 2 UNT CRL.: mínimo 1mg/L Padrões de potabilidade	Secundário + Filtração + Desinfecção + Tratamento avançado.	Coli: diário. Turb.: contínuo CRL: contínuo Potabilidade de 3 em 3 meses.

No entanto, apesar das recomendações, nos EUA cada estado possui sua própria regulamentação, bem específica, tratando dos assuntos ligados ao meio ambiente, saúde e segurança da população, incluindo o reúso e reciclagem de águas (ASANO, 2002).

No estado da Califórnia, por exemplo, por se encontrar em área de grande escassez de recursos hídricos, as cidades foram forçadas a desenvolver tecnologias para suprir a demanda de água. O *Water Code*, inserido no *California Code of Regulations*, trata além de toda a questão da água, do reaproveitamento e reúso de água residuária. Baseado no *Water Reuse Law de 1974*, nesse código são aprovados usos para irrigação de praças, áreas de recreação, pátios escolares, paisagismo residencial, plantações, campo de golfe, áreas públicas e pastos; regulamenta também o uso para atividades recreacionais como pesca, navegação, piscicultura; e ainda, para usos em processos industriais, lavanderias comerciais e construção civil. Por questões de segurança e saúde, como já exposto, não são permitidos os usos potáveis da água de reúso.

Se for aproximada a legislação para a regulamentação das cidades, serão encontrados códigos tão específicos quanto os dos estados. A cidade de San Diego é um grande exemplo disso, já citada dentro das experiências encontradas, possui uma legislação específica *Rules and Regulations for Recycled Water Use and Distribution within the City of San Diego*.

Mesmo com uma disponibilidade hídrica superior aos demais estados dos EUA, a Virginia também traz exemplos do caminho legislativo para implantação do reaproveitamento de efluentes como fonte de recurso hídrico. Em 2002, iniciou-se o primeiro rascunho para a regulamentação do Reúso e Reaproveitamento de águas residuárias, desenvolvida, segundo VA AWWA (2003), com o propósito de encorajar e promover a utilização de águas residuárias a fim de proteger o meio ambiente e estabelecer requerimentos para a proteção da saúde pública também.

Ainda que a estrutura desse rascunho de regulamentos seja baseada em outros, tais como *Virginia Pollution Abatement* que trata da diminuição da poluição e a *Virginia Pollutant Discharge Elimination System* que regulamenta sistemas para a minoração da descarga de poluentes, ela não estabelece padrões para as técnicas envolvidas no reúso e reaproveitamento de águas. Apenas exige níveis de tratamento para cada uso determinado, visando a proteção da saúde pública e do meio ambiente (VA AWWA, 2003).

Com essa análise, pode-se perceber que mesmo dentro de um país com o conceito de reúso bem delimitado, há diferenças entre as leis de cada estado oriundas da maior ou menor necessidade de se ter a água de reúso como fonte de abastecimento. E, como

mostram os estudos brasileiros, as leis sobre reúso caminham como a legislação americana, surgindo de uma releitura da legislação existente, especificando conforme emerge a necessidade de regulamentação do uso de novas tecnologias.

3.4 Parâmetros de Qualidade de Águas para Fins de Reúso e Reciclagem

“Padrões de qualidade para águas em sistemas de abastecimento público são geralmente estabelecidos por lei, e se baseiam não apenas em valores de referências e estudos científicos, mas também em condições específicas locais” (BLUM, 2003). Ressaltando que as diferentes experiências trazem padrões mais ou menos rigorosos dependendo de qual é a finalidade para a água de reúso, e qual a disponibilidade do recurso.

“Os fatores que afetam a qualidade da água para reúso incluem a qualidade da fonte geradora, o tratamento da água residuária, a confiabilidade no processo de tratamento, o projeto e a operação dos sistemas de distribuição” (CROOK, 1993).

Blum (2003) estabeleceu cinco critérios básicos de qualidade que devem ser considerados no planejamento de sistemas de reúso: a questão da saúde pública, a aceitação da água pelo usuário, a preservação do meio ambiente, a qualidade da fonte da água para reúso, e a adequação da qualidade ao uso pretendido. Explanando:

- “O reúso não deve resultar em riscos sanitários à população, e quanto maior a exposição ou contato humano, maior deve ser sua segurança sanitária.
- O reúso não deve causar nenhum tipo de objeção por parte dos usuários, ou seja, ele deve apresentar uma qualidade estética adequada e isso envolve níveis de turbidez, cor, o que caracteriza uma água suja.
- O reúso não deve acarretar prejuízos ao meio ambiente, principalmente com saturação de nutrientes e comprometimento da fauna e flora.
- A fonte de água que será submetida a tratamento para posterior reúso deve ser quantitativa e qualitativamente segura.
- A qualidade da água deve atender às exigências relativas aos usos a que ela se destina, devendo ser estabelecido um mínimo critério considerando não apenas os aspectos sanitários, mas também os aspectos de aceitação do usuário.”

Dentre as inúmeras experiências citadas de países que utilizam o reaproveitamento de água como estratégia para suprir as necessidades da demanda por recursos hídricos, a segurança da saúde pública foi o critério mais questionado.

“A primeira consideração que deve ser feita em casos de reúso de água é com a presença de patogênicos” (BLUM, 2003). Os grupos de patogênicos encontrados nos esgotos urbanos incluem bactérias, vírus, protozoários e helmintos, todos causadores de inúmeras doenças chamadas doenças de veiculação hídrica.

Na maioria das vezes são analisados coliformes fecais, pelas exigências de padrões de potabilidade e não se analisam importantes patogênicos como ovos de helmintos, abordado dentro das diretrizes da OMS citadas pela Organização Pan Americana de Saúde – OPS (OPS, 2002), ver **Quadro 6**. A fim de promover o manejo adequado do reúso de efluentes principalmente na agricultura, essas diretrizes devem ser consideradas.

Quadro 6: Diretrizes da Organização Mundial da Saúde (1989). Fonte: OPS (2002)

REÚSO	NEMATÓIDES	COLIFÓRMES FECAIS
Rega restrita: florestas, cereais, indústrias, árvores frutíferas e forrageiras.	< 1 ovo/litro	Sem aplicação
Rega irrestrita: cultivos de consumo cru, piscicultura, campos desportivos, parques públicos.	< 1 ovo/litro	=< 1.000/100mL

No Brasil, os critérios com relação ao Padrão de Águas para Uso Potável são bem definidos. No entanto, falando em reúso, recorre-se a legislação de locais com maiores experiências desenvolvidas, como já citadas anteriormente. Também devem ser analisados riscos associados aos compostos químicos e às substâncias químicas presentes no esgoto sanitário. Segundo Blum (2003) ele é tanto maior quanto maior for a parcela de efluentes industriais que entram na composição desses esgotos. “A resolução do CONAMA nº 357, como já exposta, estabelece padrões para uma série de compostos químicos em águas, de acordo com a classe dessas águas, ou seja, com seus usos preponderantes”.

Uma outra análise é a da matéria orgânica biodegradável dissolvida na água, que além de ser um indicador indireto de qualidade, pode acarretar a extinção do oxigênio dissolvido (OD). Em razão disso, adotam-se limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). No quadro seguinte são mostrados os níveis aceitos também pela norma americana da USEPA, 1992 (BLUM, 2003).

Quadro 7: Níveis de DBO e sólidos em suspensão indicados para o reúso de águas. Fonte: USEPA, 1992 *apud* Blum, 2003 e Tchobanoglous, 1991.

Tipo de reúso	Teor máximo de DBO (mg/L)	Teor máximo de Sólidos em Suspensão (mg/L)
Urbano Agrícola, para irrigação de plantas comestíveis consumidas cruas. Recreacional para enchimento de lagos de contato primário.	10	-
Agrícola para irrigação de plantas consumidas cozidas. Agrícola para irrigação de plantas não comestíveis. Lagos paisagísticos. Industrial, para resfriamento sem recirculação. Reúso para melhoria ambiental.	30	30
Industrial para resfriamento com recirculação.	Variável dependendo da taxa de recirculação	
Industrial – outros usos.	Variável dependendo dos usos	
Recarga de aquíferos subterrâneos de uso não potável.	Variável dependendo do local e dos usos	
Recarga de aquíferos subterrâneos para usos potáveis por infiltração/percolação.	Padrão de potabilidade após a passagem pela zona insaturada	
Recarga de aquíferos subterrâneos para usos potáveis por injeção direta.	Padrão de potabilidade	
Aumento de vazão para abastecimento público.	Variável, dependendo do local e dos usos da fonte.	

Os últimos padrões que serão analisados são aqueles que dizem respeito a um uso exclusivo e servem para adequação da água residuária ao destino específico. Se o destino tiver características específicas, deverão ser considerados parâmetros referentes ao uso em questão. Como no caso, reúso industrial, em laboratórios, etc. E a fonte dessa água residuária também deverá atender aos critérios de exigências.

Os padrões mais adequados ao reúso, encontrados na legislação estudada, são comparados na **Tabela 1**, facilitando a análise do padrão escolhido para o determinado uso final da água de reúso. Com essa primeira análise, já se concluí que os padrões da NBR 13.969, por serem valores intermediários e dentro da segurança explanada pelos exemplos anteriores, são os mais adequados para serem seguidos nesse trabalho.

Tabela 1. Tabela Comparativa dos Padrões de Coliformes Fecais estabelecidos pela NBR13969, CONAMA 357 e EPA 1992.

USO ÁGUA DE REÚSO	PADRÕES BÁSICOS DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA REÚSO					
	COLIFÓRMES FECAIS			DBO		
	NBR 13969	CONAMA 357	EPA 1992	NBR 13969	CONAMA 357	EPA 1992
Contato Primário (natação, esportes aquáticos).		200 /100mL		-	3 mg/L	10 mg/L
Irrigação de hortaliças consumidas cruas.		200 /100mL	ausentes	-	3 mg/L	10 mg/L
Irrigação de plantas frutíferas, parques, jardins, campos de esporte.	500 /100mL	1000 /100mL	200 /100mL	-	5 mg/L	30 mg/L
Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.	5000 /100mL	4000 /100mL	200 /100mL	-	10 mg/L	30 mg/L
Formação de lagos paisagísticos.	500 /100mL	4000 /100mL	ausentes	-		10 mg/L
Lavagem de pisos e calçadas.	500 /100mL		ausentes	-		-
Descargas Sanitárias.	500 /100mL		ausentes	-		-

3.4.1 *Uso para Irrigação*

Como já comentado o reuso para irrigação agrícola é um grande potencial para o País, devido as grandes áreas irrigadas e a grande perda de água gerada pelas técnicas de irrigação utilizadas hoje em dia. Considerando a utilização de água de reuso para esse devido fim, devem-se levar em conta seus efeitos sobre a vegetação, analisando principalmente sua salinidade, toxicidade, teor de sódio, teor de cloro, e os nutrientes. Dentre esses, “a salinidade é uma preocupação específica do reuso da água na irrigação porque a água residuária geralmente possui um conteúdo maior do que a água doce. Além disso, o problema se agrava quando há baixa permeabilidade do solo e altas taxas de evapotranspiração” (CROOK, 1993).

A EPA *apud* Crook, (1993) também traz uma listagem com os limites dos inúmeros componentes da água recomendados para a irrigação agrícola. Dentre eles, alguns são importantes especificar: “O Nitrogênio é considerado o nutriente mais importante, porém altas concentrações, apesar de aumentar a velocidade do crescimento, podem prejudicar sua qualidade e reduzir sua massa. Já o excesso de nitratos pode acarretar problemas aos animais que se alimentam das folhagens. Concentrações de cloro livre, mesmo que pequenas podem queimar as folhas e afetar algumas plantas sensíveis” (BLUM, 2003). Os valores desses parâmetros e seus efeitos na irrigação podem ser vistos no quadro a seguir.

Quadro 8. Limites recomendados para constituintes em água de reúso para irrigação agrícola.

Fonte: USEPA, 1999 apud Blum 2003.

Constituinte	Limite Recomendado	Significado
pH	6,0 – 8,5	A maioria dos efeitos do pH sobre o crescimento de plantas são indiretos (por exemplo, efeitos do pH sobre a toxicidade dos metais pesados, como já descrito)
Sólidos Totais Dissolvidos. (STD)	500 – 2000	Abaixo de 500mg/L, não se observa nenhum efeito prejudicial. Entre 500 a 100mg/L os STD em águas de irrigação podem afetar plantas sensíveis. Entre 1000 e 2000 mg/L, os níveis de STD podem afetar mutias plantas e por isso devem ser seguidas práticas cuidadosas de manejo. Acima de 2000 mg/L a água somente pode ser usada de forma regular em plantas tolerantes e em solos permeáveis.
Sólidos em Suspensão. (SS)	Máx. 30	Excesso de sólidos em suspensão pode causar entupimento de orifícios de equipamentos de aspersão e gotejamento, danos a sistema de bombeamento e acúmulo de lodo em reservatórios.
Cloro Residual Livre	Máx. 1	Concentração de cloro residual inferior a 1 mg/L em geral não causam problemas para a maioria das plantas, embora alguns tipos sensíveis possam sofrer danos em teores da ordem de 0,5mg/L. Água com excesso de cloro aplicadas sobre a folhagem da planta têm efeito de queima da folhagem semelhante ao causado por sódio e cloretos. Cloro em concentrações acima de 5 mg/L causa danos graves à maioria das plantas.
Cloretos	100 – 350	Teores abaixo de 100 mg/L não acarretam nenhum efeito prejudicial. Acima de 100, podem causar problemas de adsorção foliar e, em menor grau, de adsorção pela raiz. Acima de 350, podem acarretar problemas graves.
Sódio – Adsorção Foliar	Máx. 70	Concentrações superiores a 70 mg/L podem acarretar prejuízos à planta em razão da adsorção foliar.
Sódio – Adsorção pela raiz	SAR(*): 3-9	Valores de SAR inferiores a 3 não causam nenhum prejuízo; entre 3 e 9, podem ocorrer prejuízos moderados, e acima de 9, esses prejuízos podem ser graves.

(*) SAR Sodium Adsorbtion rate – taxa de adsorção de sódio.

Em 2003, Blum comparou os padrões de qualidade da antiga resolução do CONAMA nº 20 (atual resolução n. 357) com os padrões de potabilidade da portaria nº 518, observando que determinados parâmetros são mais restritivos às classes dos usos do que a condição de potabilidade. “Isso significa que o padrão de classe é estabelecido tendo em vista outro tipo de uso permitido para aquela classe de água. Caso, por exemplo, da amônia não ionizada, em que o padrão visa a proteção da vida aquática e não a potabilidade da água.”

Para finalizar também foram comparados os padrões de emissões, com a seguinte conclusão de que “A legislação exige que o corpo receptor não sofra alterações na

sua classe de enquadramento em relação a nenhum parâmetro, como decorrência desse lançamento. Ou seja, se o padrão de emissão é superior ao padrão de classe, como ocorre praticamente em todos os parâmetros, a taxa de diluição do efluente no corpo d'água deverá ser suficiente para que o padrão de classe não seja superado".(BLUM, 2003). Portanto os padrões de emissão de efluentes não devem ser considerados como padrões de reúso, principalmente quando o interesse é a manutenção de mananciais para abastecimento potável.

3.4.2 *Uso para Descarga Sanitária*

A água utilizada nas descargas sanitárias, seguindo a tecnologia dos sistemas hídricos atualmente empregados, atende aos padrões de potabilidade, ou seja, qualidade muito acima do necessário e durabilidade (garantia) efêmera, segundo trabalho desenvolvido por Ornelas (2004), sobre a perda da qualidade da água em contato com o vaso sanitário. O trabalho investigou os sanitários da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia e também um Shopping Center, sendo coletadas amostras de vasos contendo água com aparência limpa, sem ter dado descarga antes da coleta. "A contagem de coliformes nas amostras da Universidade Politécnica ficou entre $1,00 \times 10^3$ e $5,00 \times 10^5$ UFC/100 ml e os vasos amostrados aleatoriamente estavam em pleno uso e não sofreram qualquer tipo de preparo para o teste". Já nos shoppings a variação para os coliformes totais foi de $2,00 \times 10^3$ a $1,20 \times 10^5$ UFC/100 ml; e para os coliformes termotolerantes foi de $1,00 \times 10^3$ a $3,00 \times 10^4$ UFC/100ml. Como conclusão, segundo Ornelas (2004): "Os números mostram que, teoricamente, usar em descarga de vasos sanitários água contendo níveis de coliformes totais ou termotolerantes na faixa de $1,00 \times 10^3$ UFC/100 ml não altera significativamente as condições de risco para o usuário em relação ao uso de água que atualmente é feito".

A questão que fica é que apesar da qualidade não ser considerada rigorosa a ponto de se nivelar pela potabilidade, ela tem que ter aspectos estéticos que causam objeção do usuário. De acordo com os estudos acima fica estabelecido o valor de 1000UFC/100ml, como um padrão ideal de água de reúso em descargas sanitárias. No entanto se for seguir o padrão da NBR 13969 o valor será de 500UFC/100 ml.

3.4.3 *Uso para Lavagem de Pisos*

Para lavagem de pisos não são explicitados usos específicos, ou seja, determinada qualidade de água para determinado tipo de piso. Pisos internos às edificações

geralmente expõem mais riscos à população por contato. Já pisos externos, por já sofrerem contaminações naturais das intempéries, são locais de potencial utilização de água de reúso, e como a NBR 13969 já contempla esse uso, estabelecendo o valor em unidades de coliformes decaís de 500 /100 ml.

Como esse é o mesmo padrão estabelecido para o uso em descargas sanitárias e como não é viável estabelecer diferentes qualidades da água de reúso dentro de um mesmo sistema hídrico, pois a fonte disponibilizadora da água de reúso possivelmente será a mesma. Padroniza-se para os usos do campus da UFSCar o valor de 500/100 ml.

3.4.4 *Uso para Combate à Incêndio*

Nada se encontra referente a fontes alternativas de água para os sistemas de combate à incêndio. As diretrizes utilizadas para projeto são as do Corpo de Bombeiros - Decreto 46076 de 2001 e da ABNT - NBR 13714 de 2003, que por sinal são muito parecidas, levando nesse trabalho uma análise geral.

Grande parte das especificações trata da reserva de incêndio, pois ela é importante e deve ser sempre assegurada e mantida durante parte de tempo no combate ao incêndio. Em sua totalidade nesse tipo de projeto é considerado o abastecimento pela água potável, o mesmo que se destinará ao consumo humano. Como o reservatório pode ser o mesmo tanto para água de consumo quanto para a reserva de incêndio, a água nesse caso tem qualidade potável. No entanto são consideradas águas provenientes de fontes naturais como lagos, rios e açudes, o que remete a qualidade especificada pela resolução do CONAMA já exposta anteriormente. Nesse caso os valores de 200 mg/ 100mL de Coliformes Fecais, atende a legislação quando se fala em contato primário, que é o mais adequado ao combate ao incêndio, por ter o contato humano.

3.5 *Tratamento de Águas Residuárias*

Para atingir os parâmetros relacionados acima, devem ser analisados os tipos de tratamentos envolvidos e suas respectivas eficiências quanto à remoção de patogênicos. Pesquisas desenvolvidas pela OPS (2002) demonstram a grande eficiência do tratamento de esgotos domésticos através de sistemas de lagoas de estabilização na remoção de ovos de helmintos, cistos de protozoários, vírus e bactérias, podendo ser utilizados em qualquer atividade agrícola, em função de sua qualidade microbiológica.

Existem diversos tipos de tratamento para os esgotos sanitários gerados nos centros urbanos, eles podem compor processos e sistemas diversos, níveis de tratamentos diferentes e conseqüentemente poderão atingir diversas eficiências. Cabe ressaltar que para o abastecimento, o monitoramento dessa qualidade através de testes laboratoriais, deve ser acompanhado rigorosamente.

Essa diversidade de tipos de tratamento, segundo Von Sperling (1996), ocorrem devido às inúmeras características que o esgoto sanitário tem, dependendo do uso ao qual foi submetida a água. Os principais parâmetros que são analisados e definem a qualidade do efluente da Estação de Tratamento são: parâmetros físicos, químicos e biológicos, os mais utilizados são sólidos em suspensão e dissolvidos, indicadores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e indicadores de contaminação fecal. A escolha do tratamento também depende das suas vazões médias, máximas e mínimas, do clima do local, da situação social, econômica, hábitos da população, entre outros. Os níveis de tratamento definem os níveis de remoção dos poluentes, o que está intimamente ligado ao conceito de eficiência do tratamento.

Usualmente os níveis de tratamento se classificam em preliminar, primário, secundário, e terciário. O tratamento preliminar remove apenas os sólidos grosseiros em suspensão e areia, não tem porcentagem estimada de eficiência e se utilizam mecanismos físicos tais como gradeamentos e caixas de areia. Os tratamentos com níveis primários são responsáveis pela remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e matéria orgânica em suspensão. Através de mecanismos físicos como decantadores e fossas de câmara única, removem com 60% a 70% de eficiência, os sólidos em suspensão e 30 a 40% a matéria orgânica e patogênicos. O tratamento secundário remove a matéria orgânica restante em suspensão e a solúvel através de processos biológicos. Atingem eficiências variadas, de 60 a 99% dependendo de qual tratamento biológico é utilizado.

Os tipos mais utilizados são as lagoas de estabilização, lagoas de maturação, lagoas aeradas, lodos ativados, reatores anaeróbios, filtros biológicos e disposição no solo, entre outros tipos e variações. Ainda, para remoção de nutrientes, patogênicos, metais pesados, e compostos biodegradáveis, utiliza-se o tratamento terciário, sendo os processos de nitrificação e desnitrificação, remoção biológica, remoção de fósforo, processos físico-químicos, desinfecção e etc (Von SPERLING, 1996).

Dentre os tratamentos terciários, a desinfecção por ozonização merece destaque, pois além de seu poder oxidante, o ozônio é poderoso desinfetante de ação não seletiva, comparado ao cloro, desinfetante mais utilizado. Porém é instável, mas sua instabilidade tem caráter positivo em águas residuárias, pois acrescenta oxigênio dissolvido a água. (MANCUSO e SANTOS, 2003). O **Quadro 9** relaciona os diversos tipos de tratamento com a remoção dos patogênicos já citados anteriormente.

Quadro 9. Remoção de organismos patogênicos em sistemas de tratamento de esgotos. Fonte: Feachem *et al*, 1983 *apud* Hespanhol 2003.

Tratamento	Remoção (\log_{10})			
	Bactérias	Helmintos	Vírus	Cistos
Sedimentação Primária				
Simples Com coagulantes	0-1	0-2	0-1	0-1
	1-2	1-3 (f)	0-1	0-1
Lodos ativados (a)	0-2	0-2	0-1	0-1
Filtro Biológico (a)	0-2	0-2	0-1	0-1
Lagoa aerada (b)	1-2	1-3	1-2	0-1
Valo de oxidação (a)	1-2	0-2	1-2	0-1
Desinfecção (c)	2-6 (f)	0-1	0-4	0-3
Lagoa de estabilização (d)	1-6 (f)	1-3 (f)	1-4	1-4
Reservatórios de acumulação (e)	1-6 (f)	1-3 (f)	1-4	1-4

(a) Incluído decantador secundário; (b) Incluída lagoa de sedimentação; (c) Cloração ou Ozonização, (d) Eficiência depende do número de unidades em série e outros fatores ambientais, (e) A eficiência depende do tempo de detenção, (f) Com projeto e operação adequados as diretrizes para irrigação irrestrita podem ser atendidas.

Por esse quadro pode-se observar que alguns tipos de tratamento são mais eficientes na remoção de determinados tipos de patogênicos, e o que pode ser eficiente para remoção de um tipo de patogênico, talvez não seja eficiente para outros.

O Estado da Califórnia através do *Califórnia Water Code*, citado no capítulo sobre legislação, também estipula tratamentos mínimos para se alcançar os padrões requeridos para esses determinados fins, como visto no **Quadro 10**.

Quadro 10. Critérios para reaproveitamento de águas residuárias para irrigação e lagos recreacionais do Estado da Califórnia. Fonte: *Califórnia Administrative Code*, Title 22, 1978 *apud* Tchobanoglous, 1991.

Usos	Descrição dos requerimentos mínimos de tratamento		
	Primário (a)	Secundário e Desinfecção	Secundário, Coagulação, filtração (b) e desinfecção
Irrigação			
Cultivo de pastagens	X		
Cultivo de sementes	X		
Produção de alimentos consumido crus, irrigação de superfície		X	
Produção de alimentos consumidos crus, irrigação por aspersão.			X
Frutas produzidas com irrigação de superfície	X		
Frutas produzidas com irrigação por aspersão		X	
Áreas verdes: campos de golfe, áreas públicas		X	
Áreas verdes: parques, jardins e pátios escolares.			X
Lagos recreacionais			
Sem contato público		X	
Somente navegação e pesca		X	
Contato humano (banhos)			X

(a) Efluente não contaminado com mais de 0,5mL/L de sólidos suspensos

(b) Efluente não contaminado com turbidez mais de 2 UNT.

O que se analisa nesse quadro, é que apesar de ser uma diretriz para o projeto do tratamento, ele estipula os seus níveis para os diversos usos, considerando apenas a proteção pública. Ele não salienta níveis de remoção considerando se o tipo de cultura ou o solo são sensíveis ou não à uma determinada característica (TCHOBANOGLIOUS, 1991). Portanto, além dessa revisão, os critérios já relacionados anteriormente sobre a qualidade da água de irrigação, devem ser considerados.

Como visto nas experiências dos demais países, principalmente nos EUA é sempre verificado o tratamento unificado, coletando todo o efluente gerado, levando-o à um único local, e, depois de tratado com qualidade para reúso é distribuído à toda população. Guendert (2004) afirma que se devem avaliar as possibilidades de estações menores de tratamento, com a vantagem de serem mais simples de operar, exigirem menores investimentos, principalmente com custos de distribuição, e se aproximarem dos pontos de

maior consumo da água residuária. Outra vantagem das estações menores é que se pode fazer o controle efetivo dos lançamentos em cursos d'água superficiais, pois elas podem estar localizadas em pontos que continuarão seus segmentos à montante de outras estações. Também uma maior facilidade de ampliações, e garantia da eficiência do tratamento, já que se tem maior controle do que é lançado na rede e chega ao tratamento.

Phillipi (2003) também menciona que os impactos ambientais resultantes de falhas de sistema são maiores em sistemas centralizados, por causa da descarga repentina de emissários finais, e da distância onde se encontram os finais de tratamento, tornando-os ambientalmente insustentáveis.

Além de toda a criteriosa análise de níveis de tratamento para se chegar à qualidade exigida de reaproveitamento do efluente, existe a análise econômica do investimento, os custos de manutenção e os resíduos gerados no tratamento, que devem ser considerados no gerenciamento dos recursos hídricos dentro de qualquer atividade produtora.

3.6 O Reaproveitamento de Água dentro do Gerenciamento dos Recursos Hídricos

Gestão de recursos hídricos, segundo Setti *et al* (2001), “é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos, bem como fazer o uso adequado visando a otimização dos recursos em benefício da sociedade”. E complementa: “a condição fundamental para que a gestão dos recursos hídricos se realize é a motivação política, para assim poder implantar as devidas ações de gerenciamento”.

Historicamente, essa gestão tem acontecido em países ou regiões em que há pouca água decorrente da aridez do clima ou da poluição, havendo limitação ao desenvolvimento econômico e social. E a decisão política é, normalmente, tomada em condições onde a escassez já é efetiva.

A civilização traz disputas pelo uso da água e, a medida que ela se desenvolve, as demandas relacionadas com águas são intensificadas. Surgem os conflitos pelos usos, a necessidade de se desenvolver novas tecnologias de abastecimento e a carência das regiões afetadas pela escassez. Setti *et al* (2001), conclui que o “uso múltiplo das águas pode ser uma opção inicial, mas é também uma consequência natural do desenvolvimento econômico. Porém, o compartilhamento dos recursos hídricos por diversos usuários deve exigir o

estabelecimento de regras operacionais, freqüentemente complexas, para que a apropriação da água seja realizada de forma harmônica”.

Dentro do gerenciamento, é importante ressaltar que a administração do uso dos recursos hídricos não é uma opção de escolha, mas realidade que a população humana enfrenta e obrigatoriamente terá que gerenciar. Se deixadas de forma desarticulada, enfrentarão, como consequência, conflitos entre os usuários comprometendo a eficiência do sistema hídrico e a garantia futura do recurso.

Uma das ferramentas para se gerenciar o recurso hídrico é se equacionar um balanço. **Balanço Hídrico** é parte do balanço de massa que considera os processos que envolvem as correntes aquosas, podendo ser na forma de água, vapor, condensado ou efluente, como na **Figura 3**. Para o efetivo gerenciamento desses recursos, o balanço hídrico é uma ferramenta de grande importância. Caracterizando entradas e saídas, podem-se identificar possíveis perdas, usos excessivos, direções de fluxos, e potencial de efluentes que estão sendo dispostos no meio ambiente com possível reutilização.

No entanto uma das grandes dificuldades de se conseguir um balanço hídrico é a aquisição dos dados de vazão, o principal dado para se caracterizar as entradas e saídas do sistema. Uma das alternativas para se superar essa dificuldade é utilizar-se de medidores portáteis, o que nem sempre é disponibilizado. Outra questão é que se existem vazões contínuas, ocorridas ao longo do tempo, e vazões pontuais, todas devem ser trabalhadas na mesma base, e a mais apropriada é a base contínua. Nesse contexto, vários trabalhos surgem associando ao dado de vazão um grau de certeza relacionado com o método no qual essa vazão foi obtida (FONTANA, 2004). O reaproveitamento de águas residuárias compõe o gerenciamento como fonte alternativa de recurso hídrico, ou seja, dentro do balanço hídrico como novas entradas ou como recirculação.

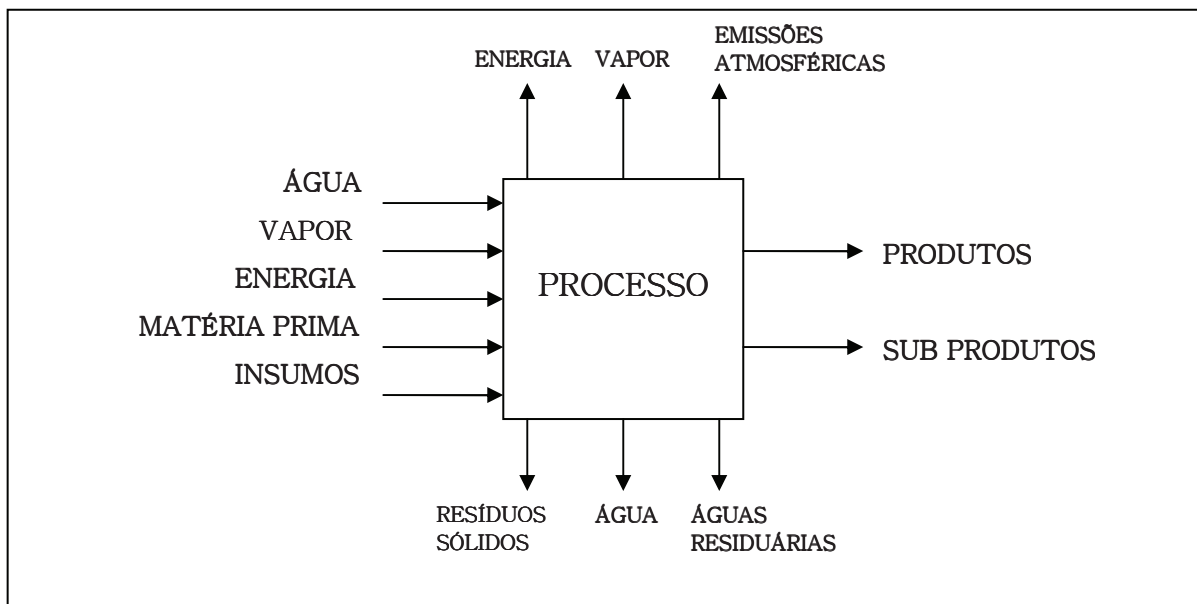


Figura 3: Balanço de Massa e de Energia. Fonte: Salvador (2004).

Para se gerenciar, também se devem conhecer custos. Implantar um sistema de reúso de efluentes inclui tratamento e distribuição, e esses custos são relativamente altos frente as facilidades de abastecimentos da nossa região. Algumas barreiras sanitárias também acabam envolvendo custos e dificultando a implementação do reúso. Além disso, a questão cultural está envolvida devendo ser trabalhada a educação pública para estimular o interesse da população. O outro lado da questão do custo está em analisar a água como fonte esgotável e o custo indireto envolvido em sua exploração, já que a universidade não paga pela água, mas existe o custo de bombeamento e outros mais envolvidos. “É importante também verificar o uso demasiado e sem controle do reaproveitamento de águas residuárias, acarretando em custos adicionais também com recuperação do meio ambiente” (OPS/CEPIS, 2002b).

A demanda mundial por água doce cresce a cada dia e o recurso, ao contrário, é degradado pelo ciclo sem fim com as águas residuárias que poderiam estar sendo reaproveitadas. É uma questão de viabilidade, considerando não somente custos fixos para manutenção do sistema, mas também custos do valor da fonte de água existente e sua constante proteção. Financeiramente falando, além da economia direta do recurso, a instituição que investe em sistemas ambientalmente corretos gera uma imagem positiva aos clientes, atraindo outros mais, e contribuindo com o meio ambiente.

A questão cultural também está inserida na modelagem do gerenciamento proposta atualmente e é ligada com a questão da necessidade do recurso. A análise do projeto

de uso de água residuária no Conjunto Renascer em Fortaleza demonstra claramente isso: 59% das pessoas reconhecem a água de esgoto como uma fonte alternativa de abastecimento, provavelmente porque as fontes existentes são difíceis e até mesmo há escassez, **Quadro 11.** Também que 71,5% consumiriam dessa água, o que parte de uma confiança direta do público com o órgão fornecedor de água. Nem sempre a questão cultural será barreira para implantação de um sistema de reúso dentro do gerenciamento, ela deve ser sim analisada como parte do gerenciamento (OPS/CEPIS, 2002b).

Quadro 11. Percepção Sócio-cultural – Conjunto Renascer. Fonte: OPS/CEPIS, 2002b.

Situação Avaliada	Resultado (%)
Reconhecimento de que as águas de esgoto podem ser usadas para alguma atividade produtiva	59
Que tipo de atividade	
Irrigação	37,2
Educação Ambiental	25
Criação de Peixes	32,2
Consumiria produtos obtidos com o uso de águas de esgotos adequadamente tratadas	71,5

Um estudo de caso na indústria farmacêutica *Schering-Plough* mostrou a importância da educação ambiental para ampliação da prática de reúso de água. Através de resultados obtidos ao longo de três anos a conclusão mais importante foi que para o sucesso de programas como este, a aceitação pública é o elemento mais importante.

Um fato interessante é que o trabalho feito com os funcionários dentro da empresa, refletiu em consciência dentro de suas próprias residências. Para consultores ambientais da empresa à medida que se assume a educação ambiental como educação mais política que técnica, assume também o processo de formadora de identidade política e cultural de um povo.

O quadro seguinte mostra os mecanismos sugeridos pela USEPA (1992) para contatar, educar e informar o público:

Quadro 12: Mecanismos para participação do público. Fonte: USEPA, 1992 *apud* Hespanhol, 2003.

Objetivo	Mecanismo
Educação e Informação	Artigos de jornais, programas de radio e TV, palestras, visitas de campo, exibições, programas escolares, filmes, boletins, relatórios, cartas e conferências.
Acompanhamento	Reuniões públicas, audiências públicas, pesquisas de opinião e questionários, programas de perguntas e respostas.
Interação e Diálogo	Seminários, grupos de trabalho especiais, entrevistas, grupos consultivos, contatos informais, discussão em grupo.

Como será trabalhado o gerenciamento do então denominado Sistema Hídrico do Campus da Universidade Federal de São Carlos é importante ser esclarecido, segundo Ackoff (1974) *apud* Gonçalves (2003) que “um sistema é mais do que a soma de suas partes” e que “Os elementos de um conjunto e o conjunto de elementos que formam um sistema” devem apresentar como propriedades:

- “As propriedades ou comportamentos de cada elemento do conjunto têm efeito sobre as propriedades do conjunto entendido como um todo”;
- “As propriedades e comportamento de cada elemento, e a maneira pela qual afetam o todo, dependem das propriedades e comportamento de pelo menos um outro elemento do conjunto. Conseqüentemente, nenhuma parte tem efeito independente sobre o todo e cada parte é afetada por pelo menos uma outra parte”;
- “Cada possível subgrupo de elementos do conjunto tem as duas primeiras propriedades: cada subgrupo tem um efeito não independente sobre o todo. Conseqüentemente, o todo não pode ser decomposto em subconjuntos independentes”.

Assumir um modelo de gerenciamento eficiente de um sistema hídrico é manter como principal princípio a conservação do principal recurso: a água. Inseridos nesse gerenciamento então, surgem os Programas de Conservação de água, como já conhecidos em algumas experiências relatadas nesse trabalho.

Segundo a ANA (2005) um Programa de Conservação de água é o “conjunto de ações com o objetivo de otimizar o consumo de água com a conseqüente redução do

volume dos efluentes gerados, a partir da racionalização do uso (gestão da demanda) e da utilização de água com diferentes níveis de qualidade para atendimento das necessidades existentes (gestão da oferta), resguardando-se a saúde pública e os demais usos envolvidos, gerenciados por um sistema de gestão de água adequado”. Podendo essa definição ser tratada como um resumo de tudo que foi visto até aqui. A evolução do conceito de uso racional para conservação de água, consiste na associação da gestão, não somente da demanda, mas também da oferta de água, de forma que usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por águas de qualidade inferior.

Nesse sentido, reúso, reciclagem, gestão de demanda, redução de perdas e minimização de efluentes gerados se constitui, segundo ANA (2005), “em associação das práticas conservacionistas, nas palavras-chave mais importantes em termos de gestão de recursos hídricos”.

Para implantação de um Programa de Conservação de água, a ANA traçou as principais etapas que podem ser acompanhadas pelo **Quadro 13**.

Analisando esse Programa de Conservação de água, juntamente com as etapas do planejamento de reúso da NBR 13969 já expostos anteriormente percebe-se que antes de qualquer coisa é preciso identificar as oportunidades de aproveitamento, fazer levantamentos em campo, análises de documentos, mapeamentos dos dados encontrados, pois só com um bom levantamento em mãos é que se é possível passar às próximas etapas de se avaliar valores de demanda e de oferta de água para o reúso. Portanto, um bom trabalho de identificação de usos previstos, com certeza será uma base forte para os futuros programa de reúso dentro da Universidade.

Quadro 13: Etapas para implantação de um Programa de Conservação de Água. Fonte: ANA 2005.

	ETAPAS	→	PRINCIPAIS ATIVIDADES	→	PRODUTOS
1	Avaliação Técnica Preliminar		- Análise Documental - Levantamento de Campo		- Plano de Setorização do Consumo de água
2	Avaliação da Demanda de água		- Análise de perdas físicas, - Análise de desperdício, - Identificação dos diferentes níveis de qualidade de água		- Macro e micro fluxos da água, - Plano de adequação de equipamentos hidráulicos, - Planos de adequação de processos, - Plano de otimização dos sistemas hidráulicos.
3	Avaliação da Oferta de água		- Concessionárias, - Captação direta - Águas pluviais, - Reúso de efluentes, - Águas subterrâneas.		- Plano de aplicação de fontes alternativas de água.
4	Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica.		- Montagem de matriz de soluções, - Análise técnica e econômica.		- Cenário ótimo
5	Detalhamento Técnico		- Especificações técnicas, - detalhes técnicos.		- Projeto Executivo
6	Sistema de Gestão		- Plano de monitoramento do consumo de água, - Plano de Capacitação dos gestores de água, - Rotinas de Manutenção, - Procedimentos Específicos.		- Sistema de Gestão de Água.

3.7 Análise da Revisão Bibliográfica

Partindo das definições apresentadas no início da revisão bibliográfica serão tratadas como oportunidades de reaproveitamento de águas dentro do campus da UFSCar o reúso, focando a aplicação das águas residuárias de determinados processos e outros compatíveis e, a reciclagem, reutilizando água num mesmo processo, conceitos esses definidos claramente por Tchobanoglous (1991). O motivo de se focar exclusivamente o conceito de reúso de água nessa pesquisa, é que segundo a ANA, o maior potencial para a

redução de consumo de água nesses sistemas encontra-se na implementação de ações que visem o reaproveitamento de água, ou seja, que trata da gestão da oferta.

A questão de tratar ainda cada processo de água separadamente se dá pela diversidade e quantidade de processos existentes, como já visto analisando *campi* universitários similares, a distância existente entre cada processo, e a minimização de falhas ocorridas em sistemas descentralizados segundo Phillipi (2003).

Numa primeira consideração, partindo das experiências relatadas, tem-se que a irrigação das áreas verdes do campus, lavagem de pisos e formação de lagos paisagísticos são usos importantes da água de reúso; e ainda, o grande potencial que tem a universidade em reciclagem de águas, principalmente em laboratórios, visto o grande número de equipamentos específicos de uso da água e a alta qualidade com que são lançadas as águas residuárias.

As fontes da água de reúso aplicadas nas situações descritas são em situação de reciclagem, os próprios equipamentos de uso específico, localizados principalmente dentro dos laboratórios, são suas respectivas fontes. Através de cálculos de taxa de aproveitamento e balanço de massa, como mostrado por Fontana (2004), seu excedente pode ser aplicado nos usos potenciais descritos acima. Ainda como fontes importantes as águas cinzas, tanto do uso doméstico como as oriundas do uso laboratorial, conceituadas por Mancuso e Santos (2003), “água residuária com características do esgoto doméstico residencial, incluindo esgotos de pias, chuveiros, tanques, máquinas de lavar, mas não incluindo os efluentes de vasos sanitários e mictórios”, excluindo num primeiro momento águas oriundas de chuveiros e pias de cozinha pela alta contaminação que elas possuem, como mostrado por Jenkins (2000).

Em resumo, até aqui foram relacionados os possíveis processos consumidores de água de reúso e as possíveis gerações dessa água, nessa relação, Gonçalves (2003) aborda a Gestão de Recursos Hídricos, visando a Conservação de Água dando enfoque tanto na demanda quanto na oferta de água, e a traduz como “Otimização da demanda somada ao uso de ofertas alternativas de água, empregando água ‘menos nobres’ para fins ‘menos nobres’”.

Sendo o reaproveitamento de águas residuárias um principal e estratégico elemento a ser considerado nessa Gestão de Recursos Hídricos, deve-se então, avaliar a proposta de escolha de quais usos são mais adequados, providenciar o gerenciamento, a organização para a implementação dos planos de reutilização de águas residuárias e

considerar os riscos à saúde pública, flora e fauna. Para isso a análise de experiências diversas que acontecem em vários locais do mundo, é de grande valia para se formar opiniões sobre o reúso e reciclagem dentro do gerenciamento dos recursos hídricos.

Existem universidades americanas que já fazem o uso da água de reúso, mas a grande maioria delas adquirindo tal água das próprias concessionárias. Algumas delas que efetuam o reúso interno se preocupam com os grandes sistemas consumidores de água que são, os sistemas de ar condicionado, torres de resfriamento, etc. Claro, que mesmo em um país desenvolvido, a efetivação dos Programas de Conservação e Reúso de água também está diretamente ligados à situação de escassez em que se situa a universidade. No Brasil, observaram-se muitos estudos em andamento, principalmente nas grandes universidades, com foco principal nos sistemas de destiladores, caracterizado como grande consumidor de água, e conseqüentemente grande gerador de água residuária também. Mas, as grandes experiências se encontram na indústria por refletir diretamente em economia financeira, foco principal desse tipo de entidade.

O maior desenvolvimento da legislação, e sua efetiva aplicação em outros países se dá a forte crise nos recursos hídricos, sendo única e exclusiva solução para manter distribuição de água igualitária, como visto na África do Sul, Israel e alguns estados norte-americanos. Já no Brasil, acatando a Política Nacional dos Recursos Hídricos, que aborda o uso racional e responsável da água, o reúso deve ser efetivado, atendendo os padrões da NBR 13.969 por ser essa restritiva, levando à proteção da saúde pública, e contemplando mais claramente os diversos usos da água de reúso.

4. CAMPI DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

A Universidade Federal de São Carlos – UFSCar possui hoje dois *campi* em funcionamento: o de São Carlos e o de Araras, e um campus em fase de implantação na cidade de Sorocaba. Não será detalhado neste trabalho o campus de Araras por não fazer parte do escopo do levantamento desta dissertação.

4.1 *Campus de São Carlos*

Objeto desta pesquisa, o sistema hídrico do *campus* da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar localiza-se no município de São Carlos, à margem da Rodovia Washington Luis, a 235 km da capital do estado de São Paulo. Fundada em 1968, é a única Universidade Federal localizada no interior desse estado. Possui uma área total de 6.450.000 m², sendo 123.623 m² de área construída, segundo EDF – Escritório de Desenvolvimento Físico da UFSCar.

Com 77 salas de aula, 234 laboratórios, 20 laboratórios de informática, oferece 28 cursos de graduação agregados em quatro centros: Centro de Ciências Agrárias, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Centro de Educação e Ciências Humanas. Conta também com 33 cursos de pós-graduação, sendo 19 cursos de mestrado e 14 de doutorado, além de oferecer 6 cursos de especialização. Conta com 699 profissionais do corpo técnico-administrativo e 578 docentes, totalizando 1277 servidores, e em 2005 estudaram na UFSCar 7500 alunos (UFSCar, 2006)

Para completar o atendimento à comunidade interna, segundo informações da própria UFSCar (sd), o *campus* conta com 376 vagas nos prédios de moradia estudantil, 2.108 atendimentos médicos, 2275 atendimentos odontológico, 6.363 procedimentos de enfermagem, Restaurante Universitário que serve 323.587 refeições por ano, uma Unidade de Atendimento a Criança, com 162 matrículas, Biblioteca Comunitária e Biblioteca Setorial, 2 teatros, 3 anfiteatros, 3 auditórios, ginásio de esportes, parque esportivo com 8 quadras e 2 piscinas, 5 lanchonetes.

A Universidade conta também com as seguintes unidades: Prefeitura Universitária, Secretaria Geral de Recursos Humanos, Secretaria Geral de Informática, Coordenadoria de Comunicação Social, Secretaria Geral de Assuntos Comunitários, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Institucionais, Escritório de Desenvolvimento

Físico e Procuradoria Jurídica, conta também com as Pró-Reitorias de Graduação, Pós-Graduação, Extensão e Administração.

Em abril de 2004, aprovou-se o Plano de Desenvolvimento Institucional envolvendo as diretrizes relacionadas à estrutura organizacional da UFSCar direcionando medidas para as adequações estatutárias e regimentais necessárias. Os princípios básicos desse plano tratam do compromisso com a sociedade, a cidadania, a democracia, o ensino gratuito e de qualidade e, principalmente uma “universidade ambientalmente responsável e sustentável”.

E algumas das diretrizes vêm fortalecer o desenvolvimento desse trabalho: “a promoção de processos de sustentabilidade ambiental, promoção de atividades voltadas para uma sociedade sustentável, e a promoção da ambientalização das atividades universitárias, incorporando a temática ambiental nas atividades acadêmicas e administrativas, com ênfase na capacitação profissional e na formação acadêmica”.

Dentre essas diretrizes, algumas já foram aprovadas para o desenvolvimento físico do *campus*, algumas ligadas à ocupação do *campus*, elaborando um zoneamento, outras com relação à infra-estrutura, incluindo sistema viário e edificações. Porém torna-se interessante analisar as diretrizes relacionadas ao meio ambiente que já foram aprovadas. São elas: Implantar sistema de gestão eficiente de resíduos urbanos, efetuando a reciclagem dos resíduos sólidos e, futuramente, o encaminhamento das águas residuárias a uma estação de tratamento própria, caso necessário; implantar o plano de arborização e a proteção das áreas verdes nativas do *campus*; manter a remoção de resíduos sólidos e varrição adequada nas áreas urbanizadas e por fim, implementar programas de racionalização e redução do uso de energia, de água e de demais insumos e materiais, principalmente os não renováveis (UFSCar, sd).

Caracterizando o sistema hídrico, são 3 poços que abastecem todas essas atividades, que consomem em média um total 700 m³/dia de água, segundo dados da Prefeitura do campus.

O maior consumo de água, segundo trabalho já desenvolvido pelo NUSHIP Núcleo de Sistemas Hidráulico Prediais, está no departamento de Biologia, exatamente na

Estação de Piscicultura, conforme estudo de levantamento de perdas para o projeto de uso racional da água feito pelos alunos bolsistas desse grupo de pesquisa.

Como visto na revisão bibliográfica, em ambientes laboratoriais, sobretudo em *campi* universitários, uma grande preocupação é a redução de perdas de água em processos, notadamente na destilação de água. Analisando esse fato, a Universidade conta com diversas unidades laboratoriais, possuindo vários equipamentos destiladores de água, que são considerados grandes consumidores. Algumas universidades já possuem trabalhos voltados a solucionar o problema do grande consumo de água em destiladores, como já apresentados os exemplos da Unicamp e da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, esta última elaborando um estudo de caso no departamento de engenharia sanitária sobre reutilização das águas oriundas das saídas dos destiladores.

Já pensando na questão primeira deste trabalho que é a crise da água, o campus desenvolveu o PROGESA - Programa de Gestão e Economia de Água da UFSCar, coordenado pelo professor Dr. Simar V. Amorim. O programa é composto basicamente de 4 Etapas, sendo:

“Etapa 1: Diagnóstico geral: Levantamento de características do Campus

Etapa 2: Redução de perdas físicas através de regulagem e manutenção em equipamentos já existente; e detecção e eliminação de vazamentos visíveis em redes externas e internas, conjuntamente com a Prefeitura Universitária.

Etapa 3: Redução de consumo nos pontos de utilização com a substituição de equipamentos convencionais por modelos economizadores.

Etapa 4: Caracterização de hábitos e racionalização das atividades que consomem água como a adoção de procedimentos mais eficientes em cozinhas, copas, limpeza, laboratórios e sala de aulas; o reúso da água de processo: estudo de locais com possibilidade de uso mais racional tais como destiladores, refrigeração, área biológica; e a possibilidade de uso de água não potável para rega de jardim como por exemplo utilização de água pluvial;” (UFSCar, sd b)

Sendo assim, esse trabalho vem colaborar com a primeira etapa onde são feitos os primeiros diagnósticos, pois serão feitos vários levantamentos e na etapa onde se exigem

estudos de locais com possibilidade de reúso de água de processo e uso de água não potável, como é salientado na quarta etapa.

4.2 *Campus de Sorocaba*

O *Campus* da Universidade Federal de São Carlos em Sorocaba surgiu como primeira estratégia para se implantar a Universidade Federal de Sorocaba – UFSO. De acordo com o MEC é mais interessante criar um campus vinculado à uma universidade já experiente e dele evoluir para universidade independente. Esse projeto foi iniciado em 2002 com a escolha do local em parceria com a Prefeitura Municipal de Sorocaba concluindo com a doação de uma área de 700.000,00 m² localizada a 10 km do centro da cidade, na Rodovia João Leme dos Santos – SP 264, no km 110.

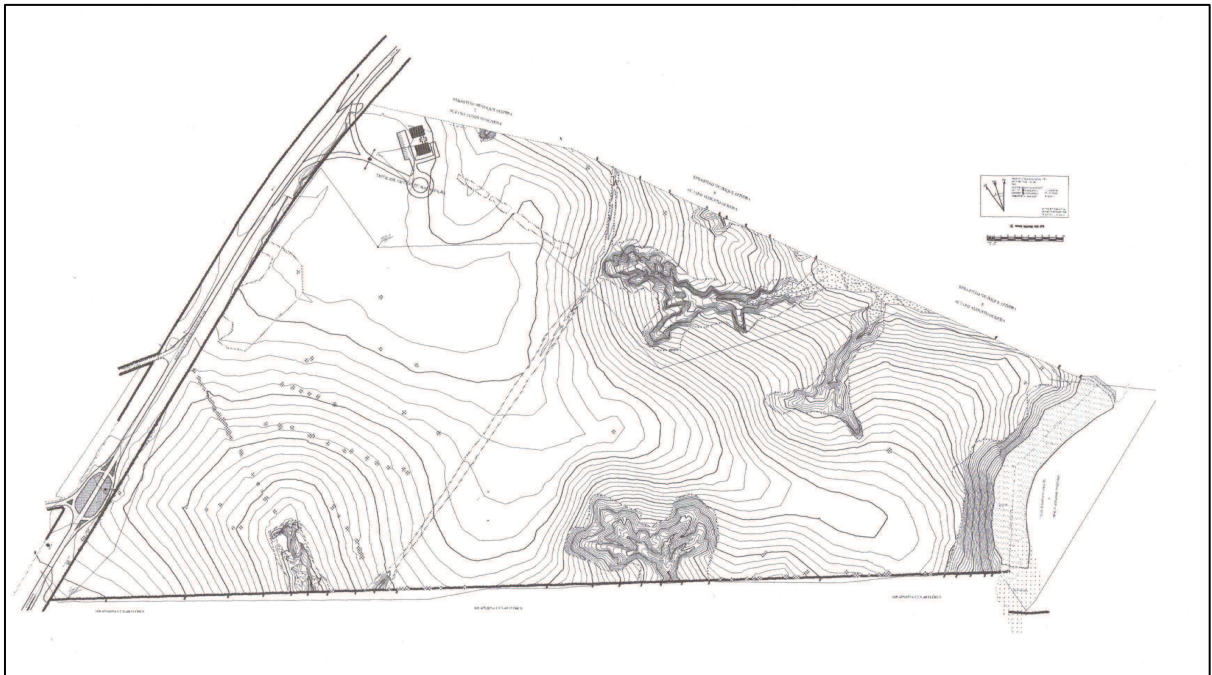


Figura 4. Gleba do *campus* de Sorocaba. Fonte: UFSCar, 2006.

Já com o plano diretor físico elaborado sob supervisão do EDF da UFSCar, o campus encontra-se em fase de implantação. Esse Plano Diretor contempla o zoneamento ambiental e os critérios de ocupação do campus, o desenho urbano, as diretrizes ambientais, de paisagismo, de arquitetura e mobiliário urbano, e a acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências físicas.

O campus deverá contar no primeiro ano com os cursos de Ciências Biológicas, Turismo e Engenharia de Produção. No segundo ano será agregado o curso de Engenharia

Florestal, e no terceiro ano serão agregados mais cursos na área de engenharia e ciências sociais e humanas. As metas do Plano Diretor são:

- Atingir a população limite de 9000 estudantes no prazo de 10 anos;
- Proporcionar ao campus uma imagem positiva e convidativa tanto para os estudantes como para toda comunidade acadêmica;
- Prover a universidade como espaço físico adequado para seu início de funcionamento, segundo a expectativa de haver relativo adensamento de edificações dando sempre a sensação de espaços acabados;
- Estabelecer caminhos adequados para os pedestres e bicicletas;
- Criar marcos visuais de referencia no campus;
- Predominar a horizontalidade na construção de edifícios;
- Preservar as áreas de vegetação significativa existente e as nascentes;
- Tratar áreas de estacionamento com arborização.

De acordo com a caracterização ambiental do Plano Diretor, a gleba contempla presença de vegetação densa com características de composição de Mata Atlântica, possui vários cursos d'água, com aproximadamente 08 nascentes. Com a função de preservar esses recursos hídricos, a estabilidade geológica e a biodiversidade, foram já delimitadas as Áreas de Preservação Permanente – APP, considerando a legislação em vigor, e as Áreas de Interesse Ambiental – AIA, sendo áreas de baixa ou nenhuma ocupação, cuja delimitação se restringe ao escoamento de águas pluviais, áreas de descanso, ou futuros parques. É pela Figura 5 que se identificam essas áreas.

O Plano Diretor também já considera dentro de alguns cenários ambientais a implantação de ações vinculadas ao uso responsável da água, dentre elas algumas previstas inicialmente, para o ano de 2007, como: desenvolvimento de projeto interno de lei do campus para aplicação de micro-reservatórios com tratamento, reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais, e também estudo, projeto e implantação de um sistema de tratamento de esgoto.



Figura 5. Zoneamento Ambiental com delimitações de APPs. UFSCar, 2006.

Durante o desenvolvimento desse trabalho e do Plano Diretor de Sorocaba aconteceram reuniões com responsáveis pela empresa que estava elaborando o documento, concluindo algumas considerações no Plano Diretor, como por exemplo, um capítulo exclusivo sobre reúso de água considerando critérios associados à conservação de água, reúso indireto e aproveitamento de águas pluviais. Isso já caracteriza os primeiros resultados desta dissertação de mestrado que tem como um de seus objetivos fornecer subsídios para campus futuro.

O que foi desenvolvido neste trabalho até o momento das reuniões, como o diagnóstico de consumo de água dentro da universidade, sistemas específicos de água dentro de laboratórios, já estão sendo contemplados no Plano Diretor do *campus* de Sorocaba a fim de se evitar problemas encontrados em *campi* já existentes.

Dessa maneira, o Plano Diretor de Sorocaba já especifica os principais usos para fins não-potáveis, sendo eles:

- Irrigação de parques e jardins, centros esportivos, campos de futebol, quadras, gramados e árvores;
- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor das edificações;
- Reserva de proteção contra incêndio;
- Controle de poeira e movimentos de terra;
- Descarga sanitária em banheiros;
- Lavagem de ônibus;

Além desses conceitos, o Plano Diretor Geral também contempla um Plano Diretor Físico com diretrizes bem específicas sobre o fluxo de circulação de veículos e pessoas e os setores de atividades, com a perspectiva do campus já elaborada, e as diretrizes para as edificações e implementações, diretrizes para o paisagismo já com espécies determinadas. Essas diretrizes podem ser acompanhadas pelo Mapa Planialtimétrico do *campus* de São Carlos no **Anexo I**, documento esse integrante também do Plano Diretor.

5. METODOLOGIA

Baseado nas Etapas de Implantação de Um Programa de Conservação e Reúso elaboradas pela Agencia Nacional de Águas - ANA (2005) foram adaptadas quatro fases iniciais que serão desenvolvidas durante o trabalho. A primeira fazendo a caracterização do sistema, uma segunda fase identificando as possíveis ofertas da água de reúso, na terceira listando as oportunidades encontradas, relatando as possíveis barreiras e oportunidades, e, na quarta e última fase serão traçadas as propostas de ações para elaboração de estudos de reaproveitamento de águas.

5.1 FASE 1: Caracterização Macro do Sistema

Segundo a ANA (2005), “levantar a idade da edificação, o histórico de manutenção no sistema predial, cadastrar o tipo de sistema de abastecimento e o número de medidores, localizar e cadastrar a quantidade de reservatórios, são de extrema importância para um gerenciamento eficiente do sistema. É de suma importância também destacar os sistemas hidráulicos especiais, como sistemas de ar condicionado, vácuo, vapor com caldeira, destilação entre outros, e pontos com grande potencial de contaminação”.

Esse diagnóstico inicial facilitará o direcionamento do estudo às questões ligadas ao reaproveitamento de águas residuárias. Como são inúmeros os usos da água dentro do campus, a análise total de cada uso inviabilizaria o trabalho. Dentro dessa análise inicial serão eleitos os consumos mais significativos, considerando as vazões por eles consumidas; e mais acessíveis, considerando a facilidade do levantamento.

Para se atingir esse primeiro objetivo serão utilizados estudos já feitos dentro da universidade, com levantamentos parciais desse consumo; plantas disponibilizadas pelo EDF – Escritório de Desenvolvimento Físico do Campus; levantamentos pré-existentes feitos pela Prefeitura do Campus; e levantamentos em campo. Para a análise desse levantamento se tornar eficiente, será inicialmente feita uma setorização de áreas considerando a proximidade física dos prédios e os departamentos pertencentes. Para cada setor serão listados os prédios e departamentos inclusos e os respectivos usos da água em cada um deles. Cada uso será analisado, caracterizado e mapeado em plantas de localização.

Resultados da Fase 1: Mapeamento com legendas sobre o uso de água, e listagem dos departamentos e prédios com respectivos usos da água caracterizados.

5.2 FASE 2: Identificação das Possíveis Demandas e Ofertas da Água de Reúso

Como visto na revisão bibliográfica, sistemas de destilação são excelentes sistemas para reaproveitamento de águas. Águas cinzas, principalmente de lavatórios em sanitários e pias e tanques de laboratórios também são excelentes fontes alternativas de abastecimento de água. Com o levantamento anterior é possível localizar essas fontes, mapeando-as e estimando suas vazões e qualidade, e dentro desse mesmo levantamento identificar as possíveis demandas para essa água atendendo, logicamente, sua necessidade de abastecimento.

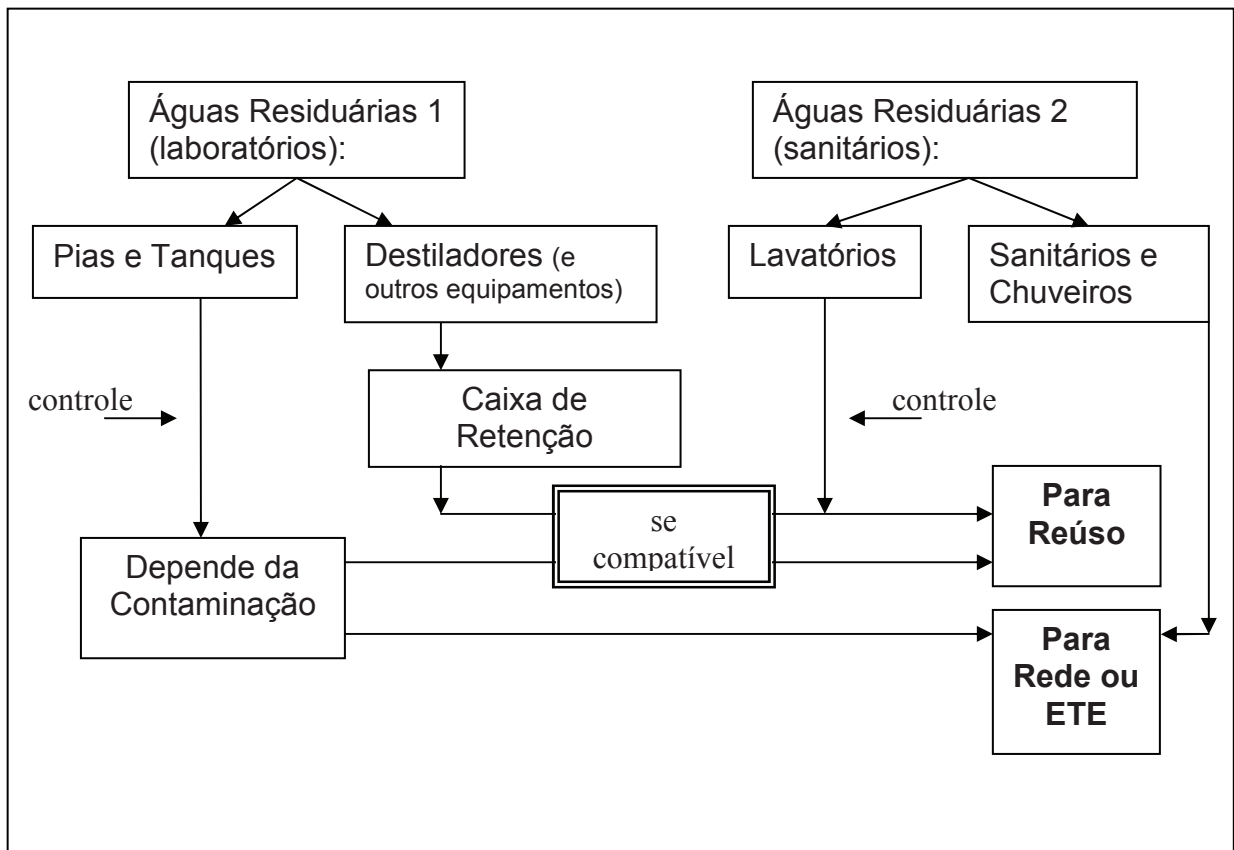


Figura 6. Esquema de levantamento das oportunidades dentro de campus universitário.

É interessante localizar separadamente as águas residuárias oriundas de atividades sanitárias das oriundas de atividades laboratoriais e outros usos, como visto na **figura 6**, pois as mesmas têm características distintas levando à destinações diferentes e suas ligações hidráulicas podem ou não favorecer o reúso.

Resultados da Fase 2: Localização e estimativa volumétrica das principais águas residuárias com possibilidade de reaproveitamento.

5.3 FASE 3: Identificação das Oportunidades de Reúso

São levantados e analisados como fatores para a possível oportunidade de reaproveitamento: qualidade, quantidade, cota, custos, necessidade de reservação, facilidade ou não de operação, aceitação pública e etc, como verificadas na **figura 7**, sendo facilidades e/ou barreiras para o respectivo reúso. As características de qualidade e quantidade são analisadas como uma facilidade ou como uma barreira através de dados de regulamentações (como já visto) e experiências relatadas na bibliografia. Já a questão da cota topográfica é um dado que faz com que o sistema necessite de bombeamento ou não, imprimindo custos adjacentes e conseqüentemente se torna uma barreira.

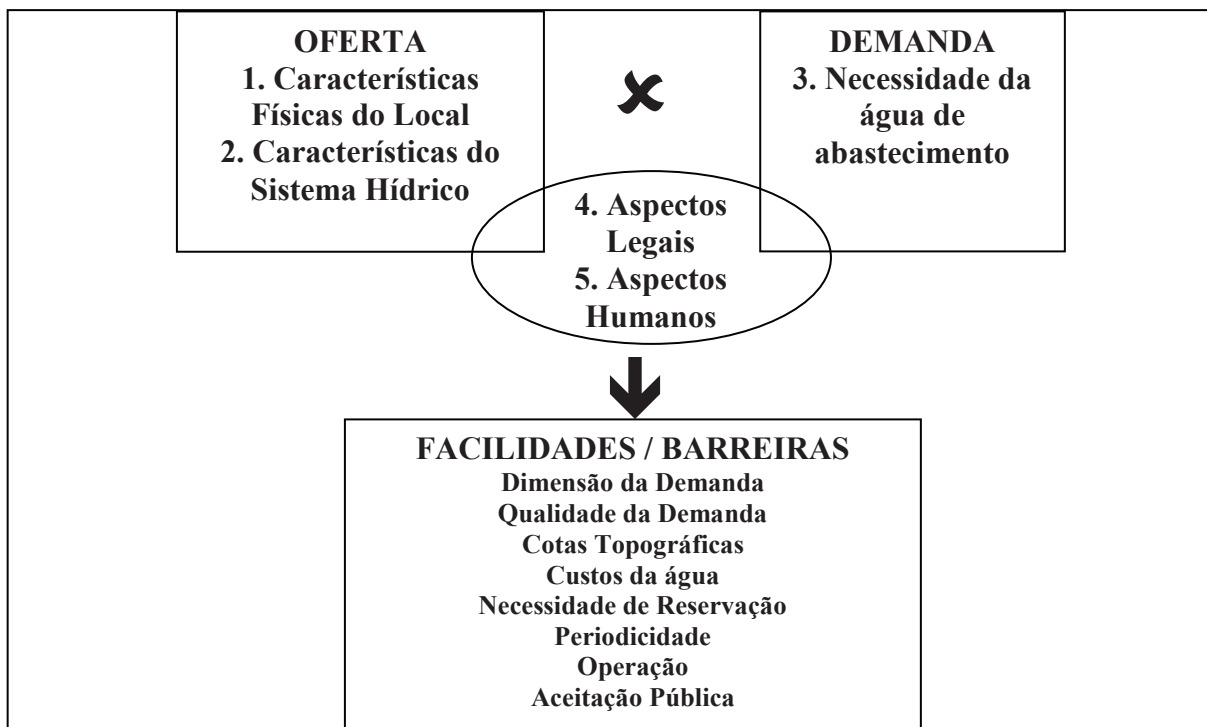


Figura 7. Esquema de análise das oportunidades de reaproveitamento de águas residuárias.

A questão de aceitação pública, também é verificada antes da implantação de um sistema de reúso. Com experiências existentes, análise e questionamento feito com o pessoal envolvido; pode-se mensurar se esse item se caracterizará como uma facilidade ou barreira. O mapa de localização, levantado na fase dois desse trabalho, facilita identificar a distância entre ofertas e demandas, a diferença de cotas topográficas e se elas estão todas concentradas ou dispersas, ele também terá importância na análise das oportunidades.

Permeando essa análise de oportunidade estão os aspectos humanos, onde se considera a aceitação pública e o comprometimento e envolvimento de pessoal e a questão legal, considerando as leis que facilitam ou que muitas vezes impedem o processo de reaproveitamento.

Resultados da Fase 3: Listagem das barreiras/facilidades e sua correlação com as ofertas analisadas na fase anterior.

5.4 FASE 4: Análise Inicial da Viabilidade de Implantação do Reúso no *campus*

Nessa última fase, serão elaboradas para as oportunidades levantadas na fase 3, propostas de ações para a implementação de um estudo adequado de reaproveitamento de águas para o *campus* da UFSCar, e analisada a viabilidade de implantação das mesmas. Propostas também poderão surgir logo no início da coleta de dados, pois, supõe-se que algumas barreiras serão identificadas logo no levantamento das informações. Assim, essas propostas poderão subsidiar futuramente um estudo completo de um programa de conservação e reúso dentro do campus.

Resultados da Fase 4: Propostas para viabilizar e facilitar a implantação das oportunidades encontradas, e auxiliar na identificação de futuras oportunidades dentro do campus.

6. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

6.1 Resultados da Fase 1

Como já dito na apresentação do campus, seu sistema hídrico é abastecido exclusivamente por água subterrânea oriunda de 3 poços que podem ser localizados no mapa no **Anexo I**. A distribuição hídrica não está totalmente cadastrada, o que dificulta o levantamento completo e a identificação de pontos de consumo, além disso, o campus não conta com sistema de medição setorizada, apenas medições nas saídas dos poços, não sendo possível aferir como se comporta o consumo de água dentro da universidade. O consumo total de água na universidade, considerando a média entre últimos meses, é de **700 m³/dia**, ou seja, **21.000 m³/mês**, como mostra o gráfico abaixo.

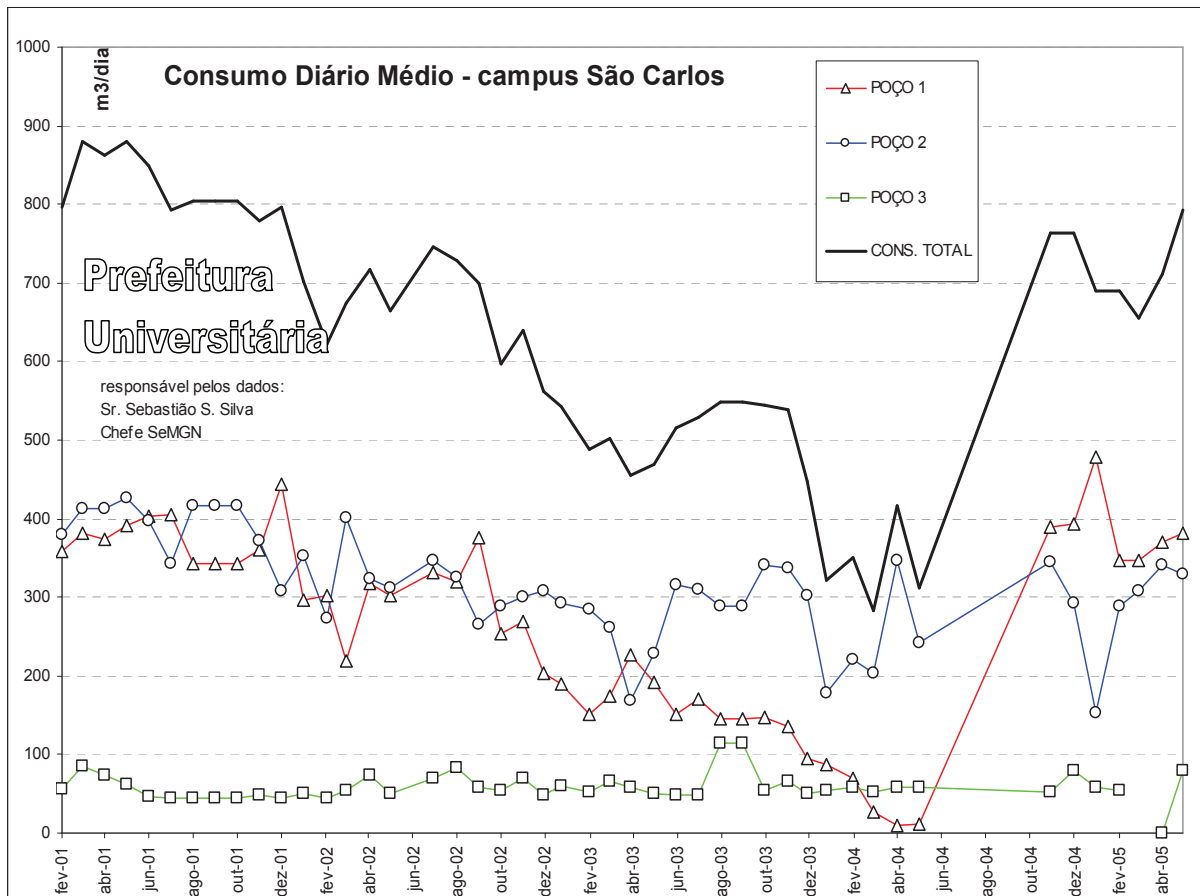


Figura 8. Gráfico do Consumo Diário Médio do Campus. Fonte: Prefeitura Universitária, 2005.

O EDF - Escritório de Desenvolvimento Físico da UFSCar forneceu algumas plantas onde se podem identificar os pontos principais do sistema hídrico, nesse mapeamento foram acrescentados os equipamentos de usos específicos da água selecionados das planilhas

de levantamento de equipamentos elétricos. No **Anexo I** encontra-se esse mapeamento e no **Anexo II** a listagem de todos os equipamentos de uso específico da água da UFSCar. O total em resumo desse levantamento se encontra na **Tabela 2** a seguir.

Tabela 2. Equipamentos de Uso Específico da Água em Laboratórios na UFSCar - *campus* São Carlos.

RESUMO DOS EQUIPAMENTOS DE USO ESPECÍFICO DA ÁGUA				
SETORES		BANHO MARIA	BOMBA DE VÁCUO	DESTILADORES
SUL	SETOR 3 – Dep. Morfologia e Patologia	03	0	07
NORTE	SETOR 3 – Dep. Eng. Materiais	10	0	10
	SETOR 5 – Dep. Eng. Química	13	06	06
	SETOR 7 – Dep. Química	65	06	17
	SETOR 8 – Dep. Biologia	26	06	19
	SETOR 9 – Dep. Física	0	01	02
Total de equipamentos		117	19	61

DISTRIBUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE USO ESPECÍFICO DA ÁGUA NO CAMPUS DA UFSCAR

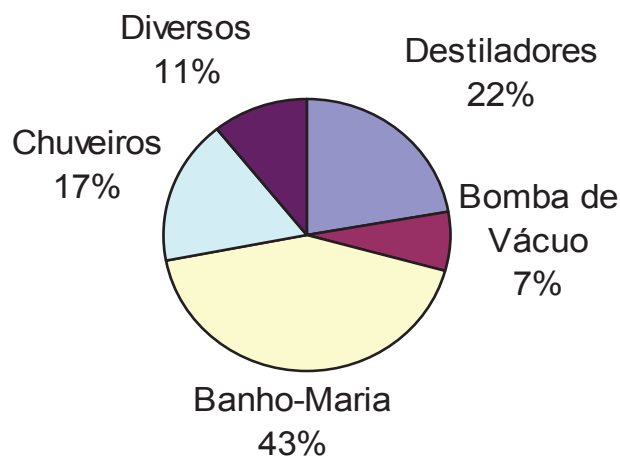


Figura 9. Gráfico da distribuição dos equipamentos de uso específico da água na UFSCar – campus São Carlos.

Com essas duas ferramentas foi claro comprovar que os setores Biologia, Química e Engenharia Química merecem maior atenção com relação ao consumo de água já que apresentam maior quantidade de pontos de utilização e demanda de água.

6.2 Resultados da Fase 2

Como já foram diagnosticados os setores de maior consumo de água, foram levantados para eles estimativas do consumo e geração de águas residuárias de alguns equipamentos.

6.2.1 Setor 8 Norte: DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

O setor da Biologia, parte integrante do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, é composto por 06 edificações principais, caracterizadas por prédios de dimensões parecidas e com dois andares cada, abrigando os seguintes departamentos: Dep. Botânica, Departamento de Ciências Fisiológicas, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Departamento de Genética e Evolução, Departamento de Hidrobiologia e Departamento de Morfologia e Patologia.

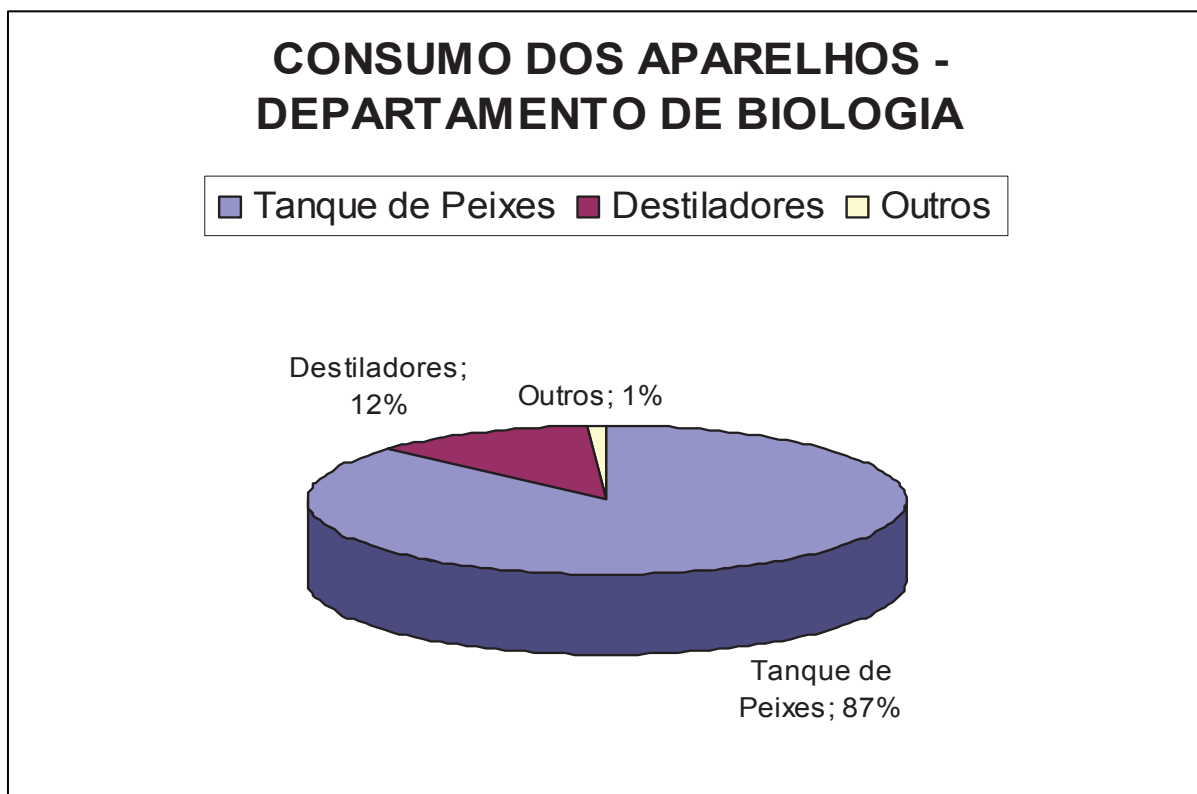


Figura 10. Gráfico do levantamento do consumo de água da Biologia. Fonte: NUSIHP 2002.

O problema referente ao alto consumo de água desses departamentos já foi diagnosticado pelo Núcleo de Sistemas Hidráulicos Prediais – NUSIHP, orientado pelo professor Simar V. de Amorim, concluindo que somente esse setor é responsável por 10% de todo o consumo de água do campus. Nesse levantamento também se concluiu que o tanque de peixes, anexo ao departamento de Biologia, é um dos grandes consumidores de água, seguido pelos destiladores. Conforme apresentado na figura 11 a distribuição do levantamento feito pelo NUSIHP.

Segue levantamento de vazões feito nos laboratórios:

A. Equipamentos de usos específicos da água do setor da Biologia

A.1. Destiladores

09 equipamentos de 05L/h com vazão estimada de 0,06L/s.

07 equipamentos de 10L/h com vazão estimada de 0,08L/s.

Levantado segundo o NUSIHP uma perda de **312.192 L/mês** somente nos equipamentos destiladores de água. Como além desses ainda foram levantados mais 03 destiladores, usando um valor médio chega-se ao valor de **370.728 L/mês**.

A.2. Bombas de Vácuo

Pelo NUSIHP foi levantada apenas 1 Bomba que trabalha 72 h/mês, com uma vazão de 0,07L/s, produzindo 18144 L/mês. Como foram encontrados no levantamento mais recente dos equipamentos elétricos 06 Bombas, o valor será extrapolado para essa quantidade, gerando um total de **108.864 L/mês**.

A.3. Tanque de Peixes

O Tanque de Peixes é um item específico do departamento da Biologia, anexo ao Departamento de Fisiologia, e segundo o mesmo levantamento ele gera: **2.281.000 L/mês**.

B. Resultado do Departamento de Biologia

Considerando esses 03 itens representativos no Departamento de Biologia chega-se num total de: **370.728 + 108.864 + 2.281.000 = 2.702.056L/mês = 2.702m³/mês**.

Esse total representa **12,8%** do consumo da universidade não considerando o volume das torneiras em uso (abertas), usos sanitários e de lavagem de pisos. Esse valor é pouco maior ao do levantamento do NUSIHP, pois considera novos equipamentos do setor que não foram computados anteriormente. Como a qualidade do tanque de peixes é bem diferenciada dos destiladores e bombas de vácuo, e para eles já foi dada a solução através da recirculação, será considerado apenas o volume referente aos destiladores e bombas de vácuo de **479.592 L /mês** para o reaproveitamento de águas no setor da Biologia.

6.2.2 Setor 7 Norte: DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

Identificado na fase 1 como um dos grandes consumidores de água devido a alta distribuição de equipamentos de uso da água, e também já identificado pelo trabalho do NUSIHP como o segundo maior consumo de água pela tipologia de uso, o setor do Departamento de Química também foi acompanhado nesse trabalho.

O departamento é composto pelos seguintes laboratórios localizados grande parte nos prédios de números 31 e 32 (vide planta anexa), sendo edifícios de 02 andares.

- Área de Físico Química: Laboratório de Espalhamento de Elétrons, Laboratório de Pesquisas em Eletroquímica, Laboratório de Polímeros, Laboratório de Química Teórica e Termodinâmica de Líquidos, e além desses o Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica (LIEC) localizado em outro prédio vizinho ao departamento.
- Área de Química Inorgânica: Laboratório de Sínteses Inorgânicas Catálises e Cinética, Laboratório de Estrutura e Reatividade de Compostos Inorgânicos, Laboratório de Química de Sólidos e Sílica Gel, Laboratório de Cristalografia, Esteriodinâmica e Modelagem Molecular.
- Área de Química Orgânica: Laboratório de Química Bio-Orgânica, Laboratório de Produtos Naturais, Laboratórios de Ressonância Magnética Nuclear, Laboratório de Síntese Orgânica, Laboratório de Síntese de Produtos Naturais, Laboratório de Espectroscopia.
- Área de Química Analítica: Laboratório de Biogeoquímica Ambiental, Laboratório de Química Analítica I, II, III Instrumental e Espectroscopia Analítica, Laboratório de Bioanalítica, Eletroanalítica e Sensores, Laboratório de Análise térmica, eletroanalítica e Química de Soluções.

Além desses laboratórios o prédio n. 117, comporta o laboratório de Química Geral destinado a disciplinas de diversos outros cursos dentro da faculdade, ou seja, de uso exclusivo para ensino.

O levantamento foi feito em 04 laboratórios sendo 02 de pesquisa e 02 de ensino. A escolha dos laboratórios se deu pela facilidade de acesso, ocorrência de aulas no período e a possibilidade de alto consumo de água segundo informações do prof. Gilberto Ferreira, chefe do Departamento de Química. A partir desse levantamento, os valores foram extrapolados aos demais laboratórios seguindo o levantamento da energia elétrica. Segue o acompanhamento feito nos laboratórios:

A. Laboratório de Produtos Naturais (pesquisa)

Área do laboratório 163,0m², frequência de 20 alunos pesquisadores. Nele foram feitas medições nas bombas de vácuo e lavagem de vidrarias.

A.1. Bombas de Vácuo

Quantidade: 02

Vazão: Medição feita *in loco* em saída conjunta de duas bombas:

Medidas Tomadas	Tempo para completar o Volume de 1 Litro
Medição 01	38,2s
Medição 02	35,8s
Medição 03	37,2s
Média	37,06s = 0,01029h

Vazão das duas bombas: 1 L em 0,01029 horas = **97,18 L/h**

Ligadas durante 12 horas em 20 dias por mês: **11.662 L/mês** por Bomba.



Figura 11: Bombas de Vácuo do Lab. de Produtos Naturais – UFSCar, Dep. Química.

A.2. Tanque e Pias (lavagem de vidrarias)

Torneiras de bancada utilizada nos experimentos: 46

Pias para lavagem de vidrarias: 03

Como uma maneira de se economizar água, as vidrarias são deixadas de molho e a lavagem feita de uma vez, foto na figura 12. Cada aluno faz em média uma lavagem a cada 03 dias de suas vidrarias. Nesse mês em que foi freqüentado o laboratório, 20 alunos o utilizaram, alternando os dias em que é utilizada a pia. Considerando que são feitas em média 02 lavagens por semana por aluno, totalizando 160 lavagens, divididas nas 03 pias desse laboratório.

Duração média das lavagens de 01 hora, com a torneira aberta por aproximadamente 15 minutos o restante do tempo destinada ao ensaboamento das vidrarias.

Vazão das Torneiras:

Medidas Tomadas	Tempo para completar o Volume de 1 Litro
Medição 01	5,2s
Medição 02	5,5s
Medição 03	6,2s
Média	5,633s = 0,001565h

Vazão torneira = $1L / 0,001565 = 638,97L/h = 0,177L/s = 10,65L/min$

Se aberta durante 15 minutos corridos, o volume produzido é de: 159,75L em cada lavagem. Multiplicados pelo total de 160 lavagens/mês = **25.560L/mês**



Figura 12. Vidrarias deixadas de molho para lavagem - UFSCar, Dep. Química.



Figura 13. Pia onde foi acompanhada a lavagem de vidraria no lab. de Produtos Naturais - UFSCar, Dep. Química.

B. Laboratórios de Síntese de Produtos Naturais (pesquisa)

Área do laboratório: 114,0m², 09 alunos pesquisadores fazem parte da equipe e foi feito o acompanhamento de Bombas de vácuo e lavagem de vidrarias.

B.1 Bombas de vácuo:

Quantidade: 03

Vazão: Medição feita *in loco* em saída conjunta de duas bombas:

Medidas Tomadas	Tempo para completar o Volume de 1 Litro
Medição 01	41,1s
Medição 02	44,3s
Medição 03	39,8s
Média	41,73s = 0,01159h

Vazão das duas bombas: 1 L em 0,01159 horas = **86,28 L/h**

Ligadas durante 12 horas em 20 dias por mês: **10.354 L/mês** por Bomba.



Figura 14. Bomba de Vácuo no Lab. de Síntese de Produtos Naturais - UFSCar, Dep. Química.

B.2. Tanque e Pias (lavagem de vidrarias)

Torneiras de Bancada: 30

Torneiras de pia utilizadas para lavagem de vidrarias: 02

Acompanhamento da utilização da pia: Nesse laboratório as vidrarias também são deixadas de molho, as lavagens são mais rápidas, porém feitas por todos os alunos em todos os dias. São 9 alunos que utilizam esse laboratório, gerando assim um número de 180 lavagens/mês. O tempo de duração média das lavagens é de 5 minutos.

Considerando a mesma vazão do laboratório 1.1 de 10,65L/min, temos uma geração de 53,25L em cada lavagem, multiplicando pelas 180 no mês = **9585L/mês**

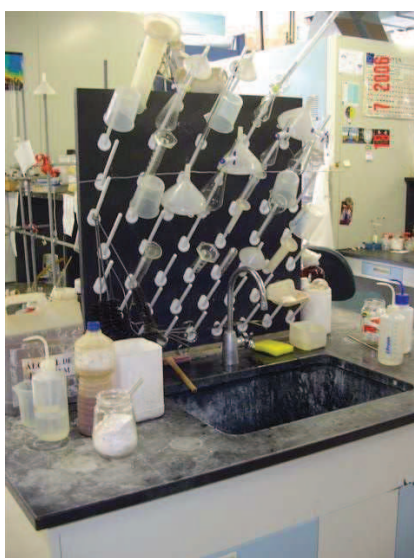


Figura 15. Pia onde foi acompanhada a lavagem de vidrarias UFSCar, Dep. Química.

C. Laboratório de Química Orgânica (ensino)

Acompanhamento de lavagem de vidrarias. Área 69,48m², 16 alunos nas aulas acompanhadas.

C.1. Tanque e Pias (lavagem de vidrarias)

Torneiras de bancada utilizadas nos experimentos: 48.

Torneiras de Pia para lavagem de vidrarias: 05

Vazão das Torneiras de Pias:

Medidas Tomadas	Tempo para completar o Volume de 1 Litro
Medição 01	4,9s
Medição 02	5,5s
Medição 03	5,13
Média	5,13s = 0,001425h

$$\text{Vazão torneira} = 1\text{L} / 0,003514 = 701,75\text{L/h} = 11,69 \text{ L/min}$$

Nessa prática foram 10 duplas efetuando a lavagem de vidrarias em média 05 minutos cada. Totalizando: 584,5 L/ aula. Se considerar que em média acontecem 5 aulas dessa por semana, a geração de resíduo chega a **11.690 L/mês.**

D. Laboratório de Química Geral (ensino)

Acompanhamento de lavagem de vidrarias e prática com destiladores. Área do laboratório 170 m² e frequência de 30 alunos nas aulas acompanhadas.

D.1. Prática com Destiladores

10 turmas no ano, com 15 duplas cada, totalizando 150 duplas que realizam o experimento:

Medidas Tomadas	Tempo para completar o Volume de 1 Litro
Medição 01	123s
Medição 02	109s
Medição 03	119,5s
Média	117,166s = 0,03255h

$$\text{Vazão} = 1\text{L}/0,03255 = 30,72\text{L/h} = 0,512\text{L/min} = 0,008\text{L/s}$$

Como são duas horas de experimento, cada destilador gera 61,44L

Contado que são em média 15 duplas em cada aula, em uma única aula são utilizados **921,6 L** de água.

D.2. Lavagem de vidrarias

São 8 pias, no qual as torneiras permanecem abertas cerca de 15 minutos para a lavagem, lembrando que por serem alunos a lavagem garantida é feita novamente pelo técnico.

Medidas Tomadas	Tempo para completar o Volume de 1 Litro
Medição 01	13,82s
Medição 02	12,65s
Medição 03	11,5s
Média	12,65s = 0,003513h

$$\text{Vazão} = 1\text{L}/0,003513 = 284,66\text{L/h} = 4,74\text{L/min} = 0,08\text{L/s}$$

Sendo a duração das lavagens em média 15 minutos = 71,1 litros

Sendo 8 pias utilizadas: 568,8 L no período da aula. Extrapolando esse volume para as 10 turmas no ano que fazem cerca de 4 aulas no mês, totaliza um volume de **22.752 litros/mês**.

6.2.3 Resultados do Departamento de Química

A **Tabela 3** resume o levantamento feito no Departamento de Química por laboratórios e por equipamentos:

	Lab. A	Lab. B	Lab. C	Lab. D	TOTAL
Bomba de Vácuo	23.324	31.062	-	-	54386
Lavagem de Vidrarias	25.560	9.585	11.690	22.752	69.587
Total	48.884	40.640	11690	22752	123.973 L/mês

Tabela 3. Resumo dos volumes mensais passíveis de reúso levantados no Dep. De Química.

Somente nesse acompanhamento dos 04 laboratórios do Departamento de Química foram levantados 123.973 litros de água passíveis de reúso por mês, valor que por si só já justificava um plano de reaproveitamento para esses laboratórios.

Extrapolando ao Departamento como um todo, temos que:

Contando com 06 Bombas de Vácuo trabalhando nas mesmas condições anteriores de 20 dias por mês, com uma geração média de água residuária de 10877 L/mês totaliza **65.262 L/mês**. E os 17 destiladores, considerando o volume médio idem ao departamento de Biologia de 19512 L/mês tem-se **331.704 L/mês**.

Para a lavagem de vidrarias são 15 laboratórios no Departamento de Química, para constar o valor médio de 17.396 L/mês que gastam para lavagem de vidrarias e multiplicarmos o valor pelo número de laboratórios, chegamos ao valor de **260.951 L/Mês**.

No total apenas considerando esses três itens temos o valor de **657.917 L/mês** de geração de água residuária de boa qualidade no Departamento de Química.

6.3 Resultados da Fase 3

De acordo com a **Figura 7**, apresentada na Metodologia faz-se a análise das oportunidades de reaproveitamento das ofertas de águas residuárias levantadas na fase 02 considerando sua excelente qualidade e a baixa necessidade de tratamento ou mesmo de tratamento simplificado.

Ofertas:

- Água dos destiladores e bombas de vácuo do dep. química;
- Água dos destiladores e bombas de vácuo do dep. biologia;
- Água da lavagem de vidrarias do dep. de química;
- Água da lavagem de vidrarias do dep. biologia.

Para o campus universitário da UFSCar, foram contemplados na revisão bibliográfica as principais demandas de água residuárias, sendo elas:

- Água para irrigação
- Água para lavagem de pisos
- Água para lagoas paisagísticas
- Água para combate à incêndio.
- Água para descargas sanitárias.

O quadro contempla ainda as facilidades e barreiras para se fazer o reaproveitamento, segue a análise de cada uma delas:

Volume da demanda: As demandas têm dimensões satisfatórias, mesmo não tendo um valor calculado para elas, é fácil prever que serão volumes significativos para contemplar as ofertas levantadas, pois a universidade tem altos consumos de água em lavagem de pisos e irrigação o que certamente seria reduzido pela aplicação dos volumes das ofertas de água sugeridas.

Qualidade da água da demanda: Com relação a qualidade dessas demandas, também não seriam uma barreira já que de acordo com a revisão bibliográfica caracterizam usos menos nobre da água.

Cotas Topográficas: Como as ofertas e demandas estão próximas, ela não afetaria negativamente no reúso, já que não teriam que ser vencidas diferenças de cotas muito grandes, isso claro, considerando a própria aplicação da água dentro dos setores onde ela é gerada. Considerando uma reserva unificada em local elevado, toda distribuição seria feita por gravidade, considerando apenas o bombeamento para a reservação.

Custo da água: Esse é o primeiro item negativo, já que não se paga pela água e ela tem valores muito pequenos dentro do orçamento do campus, fazendo com que não haja grande interesse por parte dos administradores.

Necessidade de reservação: Esse item também se comporta como uma barreira já que os fluxos entre ofertas e demandas não são contínuos nem mesmo equivalentes. A necessidade de reservação gera investimentos em obras civis. Nesse item entra a possibilidade de reúso fechado dentro dos próprios equipamentos e laboratórios.

A **periodicidade** de geração e necessidade da água de reúso não é problema, pois a água é gerada da mesma forma durante todo o ano, e mesmo em meses onde há a diminuição da oferta (períodos de férias e recessos) há também a diminuição da demanda. Nos períodos de chuva quando diminuir a necessidade de irrigação a água pode ser utilizada para as demais necessidades.

Operação do sistema não seria uma barreira pelos exemplos bem sucedidos vistos em outros lugares o que geraria pontos negativos seriam os custos com treinamento e pessoal.

Aceitação Pública: de uma maneira geral o reaproveitamento é bem aceito

dentro da universidade, ainda mais dentro de departamentos onde as pessoas sabem da importância da água, mesmo assim existem barreiras com relação a práticas de conservação dos recursos.

Nessa análise de facilidades e barreiras, conclui-se que a utilização das ofertas mencionadas se torna viável se aplicadas em lavagens de piso e irrigação, já que não necessitam de grandes investimentos em instalações e possuem qualidade equitativa, permanecem em cotas topográficas favoráveis e não são muito afetadas com relação a falha da periodicidade da demanda.

6.4 Resultados da Fase 4: Propostas

6.4.1 *Propostas Gerais para Campi Universitários já Existentes – Campus de São Carlos*

Como primeira e principal proposta: A implementação da setorização do consumo de água e medição através de hidrômetros em lugares estrategicamente definidos no campus de São Carlos. Pois além de favorecer o conhecimento do consumo de água para poder dimensionar as metas do reaproveitamento, a medição por si só favorece a economia de água e a pronta localização de vazamentos na rede. O que se percebe no campus de São Carlos é que a junção de diferentes edifícios com diferentes tipologias de uso em blocos iguais, além de dificultar a medição, não favorecem um diagnóstico preciso dos consumos independentes de água, já que muitas vezes as entradas por blocos são únicas.

Analisando a distribuição de prédios dentro do campus, foi percebido que os blocos de laboratórios em cada setor se localizam sempre próximos, para esses blocos pode-se projetar reservatórios de água de reúso, que podem ser abastecidos com as águas oriundas dos próprios laboratórios (que geram um grande volume de água em destiladores, bombas de vácuo e lavagens de vidrarias) e água pluvial, como complemento e diluição das mesmas. Eles podem ser executados simplificadaamente, tanto em concreto quanto em tecnologias mais modernas e leves.

Esses reservatórios devem contemplar uma saída de descarte para a rede, caso haja contaminação, e o cálculo do volume deve ser feito considerando parte de entrada de águas pluviais para garantir uma parte da diluição. Além disso, devem ser precedidos de tratamentos por filtração, e feito o acompanhamento da qualidade semanalmente. Para isso, devem ter fácil acesso e dimensões adequadas para acondicionar volumes semanais das

ofertas de águas residuárias.

Claro que, antes da utilização de cada oferta é necessária a caracterização físico-química e microbiológica da água descartada nesses equipamentos para que o reúso seja proposto ao destinado fim com segurança.

Na situação do campus de São Carlos foram analisados reservatórios menores e localizados em cada departamento como sendo mais funcionais, primeiro devido a simplicidade de execução, depois pela facilidade de se diagnosticar problemas e ainda numa possível contaminação, ser dispensada apenas pequena parte de todo o montante de água residuária da universidade. Além disso, os blocos de edificações situam-se longe uns dos outros, demandando altos custos de transporte para a água de reúso e pontos frágeis (com possibilidades de vazamentos) no sistema, o que não poderia em nenhum momento ser considerado. E ainda, as construções antigas não contemplam sistemas segregados nem de esgotamento tão pouco de abastecimento e uma reforma nesses sistemas inviabilizaria o investimento e a execução do sistema de reúso.

É proposto para que além de ser elaborado um Plano Integrado completo para o sistema Reúso de Água, que ele seja parte integrante do Plano de Conservação de água já exposto, e que membros das equipes vinculadas à universidade e ao meio ambiente façam um levantamento mais detalhado considerando: cada ambiente dentro de cada bloco, levantamento de todos os pontos de consumo de água, marca modelo e tipo do equipamento, características da água de alimentação, processo e descarte.

Como última proposta, a realização de campanhas de sensibilização e educativas, concluindo treinamentos de usuários para a conservação da água. Pois foi percebido que todas as pessoas são totalmente favoráveis ao uso sustentável da água, só que, no entanto, não usam de práticas sustentáveis, ou por falta de condições do sistema, ou mesmo por desconhecimentos de tais práticas.

6.4.2 *Propostas para Novos Campi – Campus de Sorocaba*

Idealizar o campus com a sustentabilidade em primeiro plano, e sempre conviver com a idéia da economia de água. Assim fica fácil a assimilação por entre os usuários e com certeza a economia de água através do reúso é alcançada com sucesso. Como primeira sugestão para o campus novo da Universidade Federal é a distribuição de blocos com

mesma tipologia de uso com entrada única de água para facilitar o ponto de medição e se fazer a medição setorizada através de medidores de vazão para obter os valores característicos do tipo do prédio para o consumo de água.

Projetar os sistemas hidráulicos independentes, para promover a segregação do sistema de esgotamento sanitário dos prédios. Como o campus se encontra em fase de implantação, os projetos de segregação de esgoto estão sendo discutidos juntos com a equipe da universidade e a empresa licitada para fazer os projetos.

Análise detalhada da oferta de águas residuárias: considerando não somente o projeto onde se estima o volume da mesma, como também prevendo sua descontinuidade e até mesmo sua falta, que seria muito prejudicial ao sistema. O sistema hidráulico que utiliza água de reúso deve ser independente e muito bem identificado, já que acima de tudo deve ser feita a proteção à saúde pública. Ainda é ressaltado que os sistemas prediais de água de reúso, bem como o sistema de coleta de água residuária, devem ser concebidos e executados de forma independente dos demais sistemas hidráulicos da edificação. Porém para uma economia financeira, eles já devem ser contemplados nos projetos iniciais, para não acarretarem em ônus futuros com possíveis reformas.

Como o campus de Sorocaba está em fase inicial de construção existem duas possibilidades de se prever o sistema de reúso, considerando em ambos os casos que já existe um sistema hidráulico de abastecimento de água potável já previsto e sistema de esgotamento sanitário com posicionamento para ETE e caixas d'água estudados pelo SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sorocaba.

1) Proposta para reservatórios descentralizados: sendo micro-reservatórios por departamentos, que poderão ser construídos mediante o crescimento do campus, anexos aos blocos de prédios, assim como já estudado para o campus de São Carlos já existente. Nesse caso, as tubulações para o abastecimento de água de reúso são menos extensas e localizadas, fazendo a distribuição apenas no setor envolvido. Podem-se ter problemas com a descontinuidade do sistema e manutenção do mesmo, já que ele se encontra totalmente descentralizado. Porém é uma excelente idéia, quando os edifícios e todo o sistema hidráulico já existe, por gerar menores interferências de reformas.

2) Proposta para reservatório centralizado: nesse caso uma reserva de água de reúso é considerada no reservatório principal. Partindo do ponto em que a estrutura do reservatório deverá ser construída para a distribuição da rede normal, nessa mesma estrutura, porém totalmente separada, será acondicionada a reserva de água de reúso, podendo a reserva de incêndio também ser contemplada nessa reserva de reúso Lembrando que esse uso é considerado já no Plano Diretor do campus, e além dele os usos já diagnosticados nesse trabalho, como a irrigação de áreas verde e lavagem de pisos são potenciais consumidores da água de reúso e se encontram dispersos na área do campus, que favorece a construção de um sistema centralizado para poder se ter melhor distribuição dessa água de reúso.

O abastecimento do campus de Sorocaba será feito por um poço profundo, que se encontra em fase de outorga. Segundo o laudo técnico da empresa que executou a poço fornecido do SAAE Sorocaba o poço tem as seguintes características:

- 250,00 metros de profundidade,
- Vazão de 9680 L/h,
- Nível Estático de 23,40 metros,
- Nível Dinâmico de 190,22 metros,
- Diâmetro a partir do nível estático até o nível dinâmico de 8",
- Localização não especificada, apenas aproximada em planta.
- Perfurado entre os dias 24/04/2006 e 03/05/2006.

O perfil esquemático do poço encontra-se no **Anexo III**.

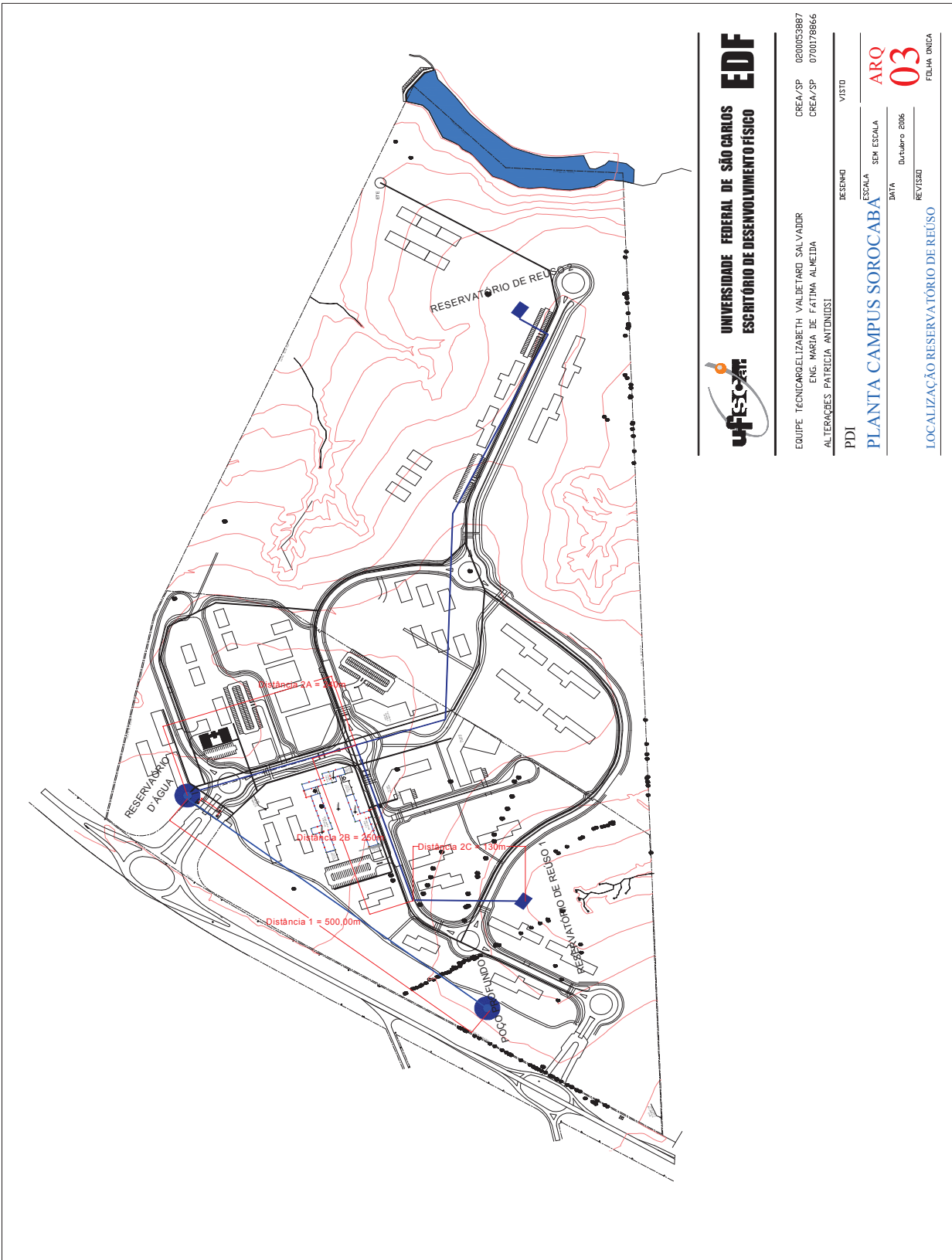
Um motivo que fortalece a utilização da água de reúso é que o campus se encontra em local onde não há abundância do recurso hídrico, haja vista a profundidade do poço que foi escavado e sua respectiva vazão, além disso, essa observação é feita também pela equipe do Escritório de Desenvolvimento Físico EDF de São Carlos. A mesma situação de não cobrança do uso da água é aqui encontrada, porém com esse diferencial da disponibilidade de recurso, a equipe se torna mais favorável às mudanças de comportamentos.

Outra situação que também viabiliza a implantação do sistema de reúso é que analisando a cota de profundidade do poço e a cota topográfica do terreno tem-se que é mais econômico bombear a água residuária, disponível nas cotas mais baixas da área do *campus*, para vencer um desnível de no máximo 17 metros de altura e completar parte do

abastecimento de água do reservatório e com isso diminuir a demanda do sistema de bombeamento do poço, gerando grande economia de energia elétrica, o que é essencial nos dias de hoje. Para essa proposta, de se bombear a água de reúso ao reservatório, é necessário a construção de reservatórios inferiores enterrados.

Como o *campus* será construído em etapas, e já otimizando o sistema de bombeamento seria interessante se trabalhar com reservatórios em cotas topográficas diferentes, atendendo as fases de construção de implantação da universidade. Um primeiro construído no limite da primeira etapa, como pode ser visto na figura 16 e dele já se fazer o bombeamento para o reservatório elevado.

O desenho esquemático do reservatório que contempla as duas câmaras uma com água potável e outra com água de reúso, e também a situação esquemática das entradas, uma oriunda do poço e outra do reservatório intermediário de água de reúso, já com as alturas manométricas estimadas, como já descrito no parágrafo acima, encontra-se na figura 17.



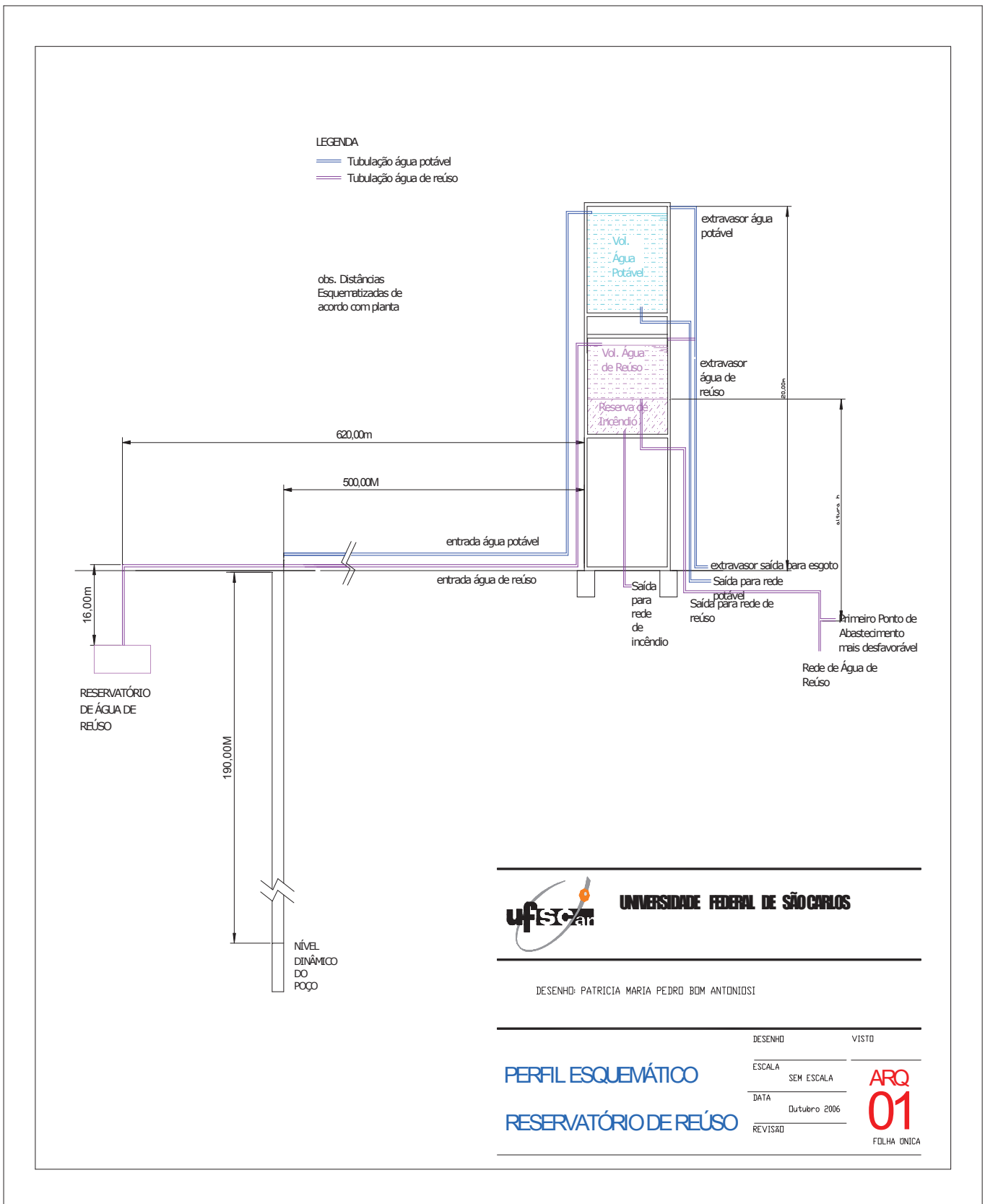


Figura 17. Perfil Esquemático reservatório com câmara dupla para reúso de água

As comparações energéticas feitas na seqüência mostram claramente a economia de energia elétrica que essa proposta pretende efetivar:

A Potência líquida fornecida pela bomba é para elevar a vazão do líquido, de modo a vencer a altura manométrica total, dada por:

$$\mathbf{P = \gamma.Q.H,}$$

Onde: **P** é a potência líquida fornecida pela bomba, **γ** é o peso específico da água, **Q** a vazão e **H** a altura manométrica total.

E a energia consumida é oriunda da potência do equipamento considerado vezes o tempo de utilização do mesmo,

$$\mathbf{E = P. t,}$$

Onde **E** é a energia consumida, **P** a potência fornecida pela bomba e **t** o tempo de acionamento do equipamento. Tem-se que o aumento da energia da bomba é diretamente proporcional ao aumento da altura manométrica.

$$\mathbf{\therefore E \approx Q.H,}$$

Onde **E** é a energia consumida, **Q** é a vazão da água bombeada, **H** a altura manométrica.

Acrescentado nesse sistema uma vazão de reúso, a equação de energia se altera. Essa nova parcela de vazão de reúso (**Q_r**) será subtraída da vazão total, e sua parcela juntamente com a respectiva altura manométrica de reúso (**H_r**) serão adicionadas no cálculo da energia da seguinte maneira:

$$\mathbf{\therefore E \approx (1-Q_r/Q).Q.H + Q_r.H_r,}$$

A altura manométrica total é a carga que deve ser vencida pela bomba quando o líquido esta sendo bombeado, e para sua determinação devem ser consideradas as alturas manométricas de sucção e recalque, as perdas de carga localizadas e distribuídas (TSUTIYA, 2005). Desprezando as perdas de carga localizadas e considerando o valor de 1,5m de coluna d'água a cada 100m de tubulação como perda distribuída, tem-se:

- Altura Manométrica (H) entre o poço e o reservatório de abastecimento de água:

$$H = H_{\text{nível dinâmico poço}} + H_{\text{diferença de cota}} + H_{\text{altura de entrada do reservatório}} + (C_{\text{tubulação do poço}} + C_{\text{profundidade da bomba}} + C_{\text{distância linear}} + C_{\text{tubulação entrada do reservatório}}) \cdot J$$

Onde, **H** são as alturas respectivas, **C** as distâncias respectivas e **J** a perda de carga distribuída. Então, conforme mapa da figura 16 e esquema da figura 17, temos:

Altura do nível de água do poço = 190,00m (de acordo com relatório do Serviço autônomo de água e esgoto de Sorocaba no Anexo III).

Diferença de Cota = 7,00m.

Altura do reservatório = 20,00m (altura estimada).

Profundidade da bomba instalada = 20,00m (profundidade estimada).

Distância entre poço profundo e reservatório de água = 500,00.

Substituindo os valores na equação,

$$H = 190 + 7 + 20 + (190 + 20 + 500 + 20) \cdot 1,5/100 \cong 228 \text{ metros}$$

- Altura Manométrica entre o bombeamento do reservatório de reúso e o reservatório geral de abastecimento:

$$H_r = H_{\text{diferença de cota}} + H_{\text{altura de entrada do reservatório}} + (C_{\text{distância linear}} + C_{\text{tubulação entrada do reservatório}}) \cdot J$$

Onde, Altura da entrada do reservatório de reúso = 15,00m (estimado).

Distância entre reservatório de reúso 1 e reservatório de água = 620,00m.

Diferença de cota entre reservatórios = 16,00m.

Substituindo na fórmula, temos:

$$H_r = 16 + 15 + (620 + 15) \cdot 1,5/100 \cong 40,5 \text{ metros}$$

Comparando as duas alturas manométricas:

$$H_r/H = 40,5/228 \rightarrow H_r = H/5,6$$

Retomando a fórmula da energia:

O peso específico da água será considerado $1,00 \text{ N/m}^3$ e num primeiro momento o volume de água de reúso será estimado como 50% do volume total de abastecimento, ou seja, $Q_r = 0,5Q$, chega-se ao seguinte valor:

$$E_{50} \approx (1-Q_r/Q).Q.H + Q_r H_r$$

$$E_{50} \approx (1-(0,5Q)/Q).Q.H + (0,5Q).(H/5,6)$$

$$E_{50} \approx 0,59Q.H$$

∴ O consumo de energia para o abastecimento com utilização de 50% de água de reúso é 41% menor.

Fazendo a mesma análise, agora para a utilização de 25% de água de reúso complementando o abastecimento, encontra-se:

$$E_{25} \approx (1-Q_r/Q).Q.H + Q_r H_r$$

$$E_{25} \approx (1-(0,25Q)/Q).Q.H + (0,25Q).(H/5,6)$$

$$E_{25} \approx 0,795Q.H$$

∴ O consumo de energia ainda assim é 20,5% menor.

Ainda considerando um baixo volume de água de reúso inserida dentro do sistema de abastecimento, sendo esse de 15%, já que foi analisado possibilidade de volumes maiores em *campi* universitários, mesmo assim o valor da economia do recurso energético seria:

$$E_{15} \approx (1-Q_r/Q).Q.H + Q_r H_r$$

$$E_{15} \approx (1-(0,15Q)/Q).Q.H + (0,15Q).(H/5,6)$$

$$E_{15} \approx 0,88Q.H$$

∴ O consumo de energia ainda assim é economizado em 12%.

Portanto do ponto de vista energético, o que hoje é de extrema importância, o sistema de reúso se torna altamente vantajoso, principalmente devido às condições topográficas do local, pois depois de bombeado para o reservatório, todo o abastecimento será feito por gravidade.

Sobre os detalhes da reservação, como se trata de águas com características diferentes (potável e reúso) envolvidas na mesma estrutura (reservatório elevado) esse reservatório deverá ter algumas especificações diferentes para garantir a qualidade da água e todas suas propriedades com a função de reservar, fornecendo água de qualidade nas situações de interrupção, e regularizar as vazões e pressões. (TISUTIYA, 2005).

A proposta da concepção do reservatório pode ser vista na Figura 17 já apresentada e nela observa-se que por questões de contaminação da água potável a água de reúso deve se localizar em nível abaixo do da água potável, além disso, é considerado um espaço vazio entre essas reservas, tanto para proteger de contaminação, quanto para facilitar a inspeção e as saídas das tubulações (barrilete). A execução desse tipo de reservatório não altera em grandes proporções os custos da obra, pois as alterações são pequenas, considerando apenas a execução de mais duas lajes internas.

Ainda sobre um possível impasse na aprovação de um sistema de reúso, a concepção do sistema de reservação poderá contemplar a água potável em suas duas câmaras, se por algum motivo for interrompido o sistema de reúso, ou modificada sua distribuição dentro do campus, bastando apenas fazer sua desinfecção e conexão entre as câmaras e o reservatório funcionaria como câmara única, não alterando em nada o sistema convencional.

O nível das reservas de água, o que implicará na altura do reservatório, dependerá das pressões necessárias de atendimento e das cotas topográficas. De acordo com a planta topográfica do campus, todo o abastecimento será feito por gravidade, dispensado assim, sistemas de bombeamentos intermediários.

A primeira etapa do campus, consta da concretização de uma área de 9.900,00m², abrigoando uma população de 5700 pessoas, atingindo futuramente uma

população de 9000 pessoas entre alunos, docentes e funcionários. Com essas informações o Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sorocaba, que participa nos projetos já pode estimar os volumes necessários de reservação e com esse trabalho se estabelecer uma idéia da possível água de reúso a ser utilizada.

Com relação a rede de distribuição, o plano diretor já contempla o corte genérico das valas da tubulação, o que visivelmente é favorável para a distribuição de incêndio utilizar a água de reúso, pois a mesma se encontra em nível inferior a do abastecimento para o consumo. No entanto, seria ainda interessante salientar, que os projetos não contemplam redes de abastecimento de água de reúso, e no caso de uma reserva dessa água num reservatório único e elevado, já seria viável instalar as tubulações também para o sistema de reúso, podendo esse se localizar no mesmo nível do sistema de combate à incêndio.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal resultado efetivo alcançado foi que com auxílio desse trabalho, foram inseridos no novo Plano Diretor de Sorocaba diretrizes sobre o reaproveitamento de água. E toda parte referente ao tipo de uso mais adequado foi especificada baseado no que foi desenvolvido até aqui, sendo este trabalho citado como referencia nesse Plano Diretor. Isso caracteriza como uma mudança de mentalidade e uma integração de conhecimentos, muitas vezes julgados falhos dentro de universidades brasileiras e no qual a Universidade de São Carlos se mostrou contrária.

Ainda com as reuniões no Escritório de Desenvolvimento Físico do *Campus*, foi estimulado que os projetistas de sistemas hidráulicos os fizessem considerando a separação dos sistemas de abastecimento para assim se conseguir o uso efetivo da água de reúso. E de posse de uma reserva de reúso, podem empregá-la sem a necessidade de obras futuras. Ainda em fase de projeto, espera-se que novos trabalhos surjam para acompanhar as efetivas mudanças de mentalidades visando a sustentabilidade ambiental dos sistemas.

Como nunca existiu uma preocupação com relação ao futuro da água, é nítido perceber como as edificações de todo e qualquer seguimento não são preparadas para sofrer mudanças visando a economia desse recurso.

O campus da UFSCar de São Carlos, já se depara com problemas logo no levantamento do consumo de cada setor, já que não existem equipamentos medidores em nenhum local. Sem o conhecimento exato fica difícil elaborar projetos mais específicos com relação a sistemas de reúso. Esse trabalho mostrou os grandes consumidores e as diretrizes para se dar continuidade ao projeto de reaproveitamento, mas ainda seriam necessários investimentos em levantamentos e obras que visassem a redução do consumo para depois se pensar em reaproveitamento.

Feita uma análise geral nos *campi* universitários estaduais, verificou-se que a maioria deles, ou já possui um programa de conservação de água, ou está em vias de fato de se consumir o plano. O importante é dar o início, criar um marco na questão da conservação e facilitar a continuidade de diretores, pesquisadores e demais pessoas envolvidas na questão da economia de água.

Outra consideração importante é referente a conscientização do pessoal que trabalha dentro do campus, diferentemente dos alunos que por ali circulam periodicamente, os funcionários apóiam e colaboram qualquer atividade em prol do consumo de água, visto a acessibilidade e o interesse que demonstram quando a pesquisa lhes é apresentada. Essa grande diferença é vista dentro do levantamento dos laboratórios, onde locais onde apenas freqüentam pesquisadores têm um volume menor de consumo de água.

Para o aumento dessa conscientização seriam imprescindíveis campanhas educativas, divulgação em massa, desde o pessoal da direção até pessoal do trabalho de base. A questão da economia de água deve ser fator intrínseco à cultura das pessoas, fazendo com que tarefas como abertura das torneiras apenas para enxágüe, fechamento das mesmas quando se encontram pingando não tenham necessidade de serem ordenadas pela direção. As pessoas sabem como fazer a economia de água, pois quando sabiam que estavam sendo observadas executavam todos os procedimentos levando à um menor consumo de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, **Newsletter**, Virgínia Section, April 2003. 16p. Disponível em: <www.vaawwa.org.br>. Acesso em: dezembro de 2004.

AMORIM, S.V. **Programa de uso racional da água**. Local: Núcleo de Sistemas Hidráulicos Prediais, 2001. 19 p. Relatório final de Bolsa Treinamento.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR13.969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. São Paulo, 2007.

ASANO, T. **Recycled water task force, science and health/Indirect potable Reuse**. Workgroup draft white paper, State of California, p.6, 2002.

BLUM, J. R. C. **Critérios e padrões de qualidade da água**. In: MANCUSO, P. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Resolução CONAMA Nº 20**, de 17 de junho de 1986.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, Brasília. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: agosto de 2004.**

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Lei nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997**, Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília. Disponível <www.mma.gov.br>. Acesso em agosto de 2004.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Lei nº 9.984 de 17 de julho de 2000**, Dispõe sobre a Criação da Agência Nacional das Águas – ANA, Brasília, Disponível <www.mma.gov.br>. Acesso em agosto de 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional das Águas. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: PROL Editora Gráfica, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional das Águas. **Quadro de distribuição de água no planeta**. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: julho de 2004.

BRASIL, Ministério da Saúde, **Portaria nº 518 de 25 de março de 2004**, Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, Brasília.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CNUMAD) 1992, Rio de Janeiro. **Agenda 21**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996.

CROOK, J. **Critérios de qualidade para água de reúso**. Trad. Hilton Felício do Santos. Revista DAE, São Paulo. vol 174, p. 10-8, 1993.

DALTRO FILHO, J. **Potencialidades de reúso de águas servidas e pluviais em uma instituição pública de Aracajú – SE**, Anais ABES, 2003.

FONTANA, D. *et al*, **Balço Hídrico: uma nova sistemática**. In: II CBtermo, Congresso brasileiro de Termodinâmica Aplicada, Salvador, 2004. Disponível em <www.ufba.br> Acesso em dezembro de 2004.

GONÇALVES, O. M.; SILVA, G.S. **Programas permanentes de uso racional da água em campi universitários: o programa de uso racional da água da universidade de são paulo**, São Paulo: POLI/USP, 2003. Artigo Técnico.

GUENDERT, D. Urban Reuse: Bringing Water Treatment Where It's needed most, **Journal AWWA**, vol 96 n.6, june 2004 p. 52-54.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos**. In: MANCUSO, P. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água, Poli USP, Editora Manole, São Paulo, 2003. p. 37-96.

IMBROISE, D.; FURTADO, J. G., **Uso e Reúso de Recursos Naturais: A questão da água e dos resíduos químicos da UNB**, Brasília: UNB/Instituto de Química, 2004.

IRVINE RANCH WATER DISTRICT, **Rules and Regulation for water, sewer, recycled water, and natural treatment systems service**, Orange Count, Cailifornia. Revisão de dezembro de 2004. Disponível em < F:/grm/wrd/rulesreg/rulesreg_rev122004.doc> Acesso em janeiro de 2005.

JENKINS, J.C. *The **Humanure Handbook***, Jenkins Publishing *2nd Edition*, 2000. disponível em <www.weblife.org/humanure/default.html> . Acesso em julho de 2005.

JEWISH NATIONAL FUND. **Water:** water recycling. Disponível em: <www.jnf.org/site/water >. Acesso em: dezembro de 2004.

LAHNSTEINES, J.; SEVITZ, D. **Potable reuse in Windhoek/Namíbia**, VATECH WABAG, disponível em <www.vatech.at/truman/up-media/ 2373.pdf> acesso em Janeiro de 2005.

LINDSTROM C.R. **Investigation of the Operating Characteristics of a Composting System for Organic Wastes** disponível em <www.greywater.com> 2000. Acesso em outubro de 2005.

MANCUSO, P. S.; SANTOS, H. F., (Ed.), **Reúso de Água**, Barueri - São Paulo: Manole, 2003.

MANCUSO, P. S.; BREGA FILHO, D. **Conceito de Reúso de Água**, In.: Reúso de água, Barueri - São Paulo: Manole, 2003.

MECA, M. J. *et al*, **Reutilização da água aplicada à destiladores de água: estudo de caso Universidade Federal do Mato Grosso**, Mato Grosso: Edital Universal; FAPEMAT, 2004.

MIERZWA, J. C. **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria: estudo de caso da Kodak brasileira**. São Paulo, Tese Doutorado POLI USP. 2002.

MMA, Ministério do meio Ambiente, **Agenda 21 Brasileira, Resultado da Consulta Nacional** por Maria do Carmo de Lima Bezerra, Marcia Maria Facchina e Otto Toledo Ribas, Brasília MMA/PNUD 2002. 156p.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

NUNES, S. S. *et al*, **Considerações sobre a conservação de água em equipamentos de uso específico na universidade estadual de Campinas**, Campinas, UNICAMP, 2004.

ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DE SAÚDE – OPS, Centro Pan Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente, **Guía para la Formulación de Proyectos de Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales Domésticas**. 2002. 46p. Disponível em < http://www.cepis.ops-oms.org/> Acesso em fevereiro de 2005^a.

ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DE SAÚDE – OPS, Centro Pan Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente, **Estudo Complementar de caso brasileiro, conjunto renascer**. Fortaleza,Ceará. 2002. 73p. Disponível em < http://www.cepis.ops-oms.org/> Acesso em fevereiro de 2005^b.

ORNELAS, P. D. **Reúso de águas em edifícios públicos: o caso da escola politécnica**, Salvador, BA, Dissertação de Mestrado, UFBA, 2004, 171p.

PACHECO, E. N. e RICIERI, M. A. **Sistema de Reúso dos Efluentes Industriais da Fábrica da “Elma-Chips” de Itú (SP)**. Disponível em <www.elma-chips.com.br> acesso em agosto de 2004.

PHILLIP, A. **Reúso de água: uma tendência que se firma**. In: MANCUSO, P. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**, Poli USP, Editora Manole, São Paulo, 2003.

RIGHETTO, A. M., **Hidrologia e Recursos Hídricos**, São Carlos: EESC, 1998.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Revista Cidades do Brasil**, edição 21. junho de 2001. Disponível em <<http://www.cidadesdobrasil.com.br/cgi-cn/news>> Acesso em fevereiro de 2005.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Reúso de água, alternativa para garantir o futuro**. Disponível em <<http://www.sabesp.com.br>> Acesso em fevereiro de 2005.

SAFE - STRATEGIC ASSESSMENT OF FLORIDA'S ENVIRONMENT, **Reclaimed Water Use**, Florida, Abril 1996, 2p. Disponível em: <http://www.pepps.fsu.edu/safe/safe.html>> Acesso em janeiro de 2005.

SALEM, R. M. et al, Tertiary treatment meets strict standards for discharge in fresh water streams, **Water and Wastewater International**, vol 16, issue 3, junho de 2001, p. 20-23.

SALVADOR, N. N. B. **Quadro Balanço de Massa e Energia**, Universidade Federal de São Carlos, abril de 2004. 1 Fl. Notas de aula.

SÃO PAULO (Estado), Lei nº 9509 de 20 de março de 1997, **Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente**. Disponível em <www.sabesp.org.br> Acesso em novembro de 2004.

SÃO PAULO (Estado), Lei nº 7.633 de 30 de dezembro de 1991, **Dispõe sobre a Política Estadual dos Recursos Hídricos**. Disponível em <www.sabesp.org.br> Acesso em novembro de 2004.

SÃO PAULO (Estado), Decreto nº 48.138 de 7 de outubro de 2003, **Institui medidas de redução de consumo e racionalização do uso da água no âmbito do Estado de São Paulo**.

SÃO PAULO (Estado), Lei nº 8.468 de 08 de setembro de 1976 **Aprova o Regulamento da Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio-ambiente**.

SÃO PAULO (Estado), Lei nº 997 de 31 de maio de 1976, **Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente**.

SANTOS, H.F; FINK, D. R. A legislação do reúso de água. In: MANCUSO, P. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**, Poli USP, Editora Manole, São Paulo, 2003.

SERHS, SECRETARIA DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO DE SÃO PAULO, **Escassez hídrica em grandes regiões metropolitanas, o caso da região metropolitana de São Paulo**, BNDS Seminário de Recursos Hídricos, 16 de julho de 2004.

SETTI, A. A. *et al*. **Introdução ao gerenciamento dos recursos hídricos**, 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001. 225p.

SHELEF, G. **Wastewater treatment, reclamation and reuse in Israel**, julho, 2002. Disponível em: <<http://www.biu.ac.il/SOC/besa/waterarticle3.html>>. Acesso em: janeiro de 2005.

TCHOBANOGLIOUS, G. **Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse**. 3ª ed. Califórnia: Universidade da Califórnia, 1991. 1334 p.

TORRES, T.E.L.; PINHEIRO, P.R.C., Reúso de águas tratadas por lodos ativados na agricultura. **Sanare**. Curitiba, v. 18, julho a dezembro de 2002.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**, 2. ed. São Paulo: USP/ Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento da Escola Politécnica, 2005. 643 p.

University of Califórnia in San Diego, **UCSD Recycled Water Use**, San Diego, 1998. Disponível em: <<http://adminrecords.ucsd.edu/Notices/1998/1998-05-28-2.html>>. Acesso em: Janeiro de 2005.

UFSCar, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. Prefeitura Universitária. **Vazões das bombas de abastecimento de água**. São Carlos:UFSCar, 2005.

UFSCar, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Ufscar em números**. Disponível em: <www.ufscar.br/aufscar/ufscar_numeros> . Acesso em: janeiro de 2005.

UFSCar, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, **Diretrizes para o Desenvolvimento Físico do campus**, 4p. Disponível em < www.ufscar.br/pdi2002> acesso em janeiro 2005.

UFSCar, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, **Plano para o Desenvolvimentos Institucional – Princípios e Diretrizes aprovadas**, 10p. Disponível em < www.ufscar.br/pdi2002> acesso em janeiro 2005.

UFSCar, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, **Mapa de localização**, Disponível em <www.ufscar.br/mapa> acesso em março de 2005.

UFSCar, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, **PROGESA**, disponível em <<http://www.ufscar.br/progesa/default.html>> acesso em maio de 2005.

UFSCar, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, **Relatório Anual de Atividades**, São Carlos, 2006.

UFSCar, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, **Plano Diretor do Campus de Sorocaba**, São Carlos, 2006.

UNESCO, WWAP - World Water Assessment Program, **Water for people, Water for life**, First published by the United Nations Educational ,Scientific and Cultural Organization (UNESCO),Paris, UNESCO, 2003.

UNITED STATES OF AMERICA. San Diego. Water Department. **Recycled water**. Disponível em: <www.sandiego.gov/water/recycled> Acesso em: dezembro de 2004.

UNITED STATES OF AMERICA. Tucson. **Tucson's Water, Who uses reclaimed water?**, Disponível em: < http://www.ci.tucson.az.us/water/who_uses_reclaim.htm> Acesso em Fevereiro de 2005.

UNITED STATES OF AMERICA, North Carolina Clean Water Mannegment Trust Fund (CWMTF), **JOINT NEWS RELEASE: NC Clean Water Management Trust Fund Grant of \$1.866 Million Approved for Water Reuse Project**, julho de 2004, disponível em <http://www.cwmtf.net/press.html>> Acesso em fevereiro de 2005.

UNITED STATES OF AMERICA , **Uva. makes every drop count: Take steps to conserve water**, 2002 Disponível em < <http://www.virginia.edu/insideuva/2002/12/conserve.html>> Acesso em fevereiro de 2005.

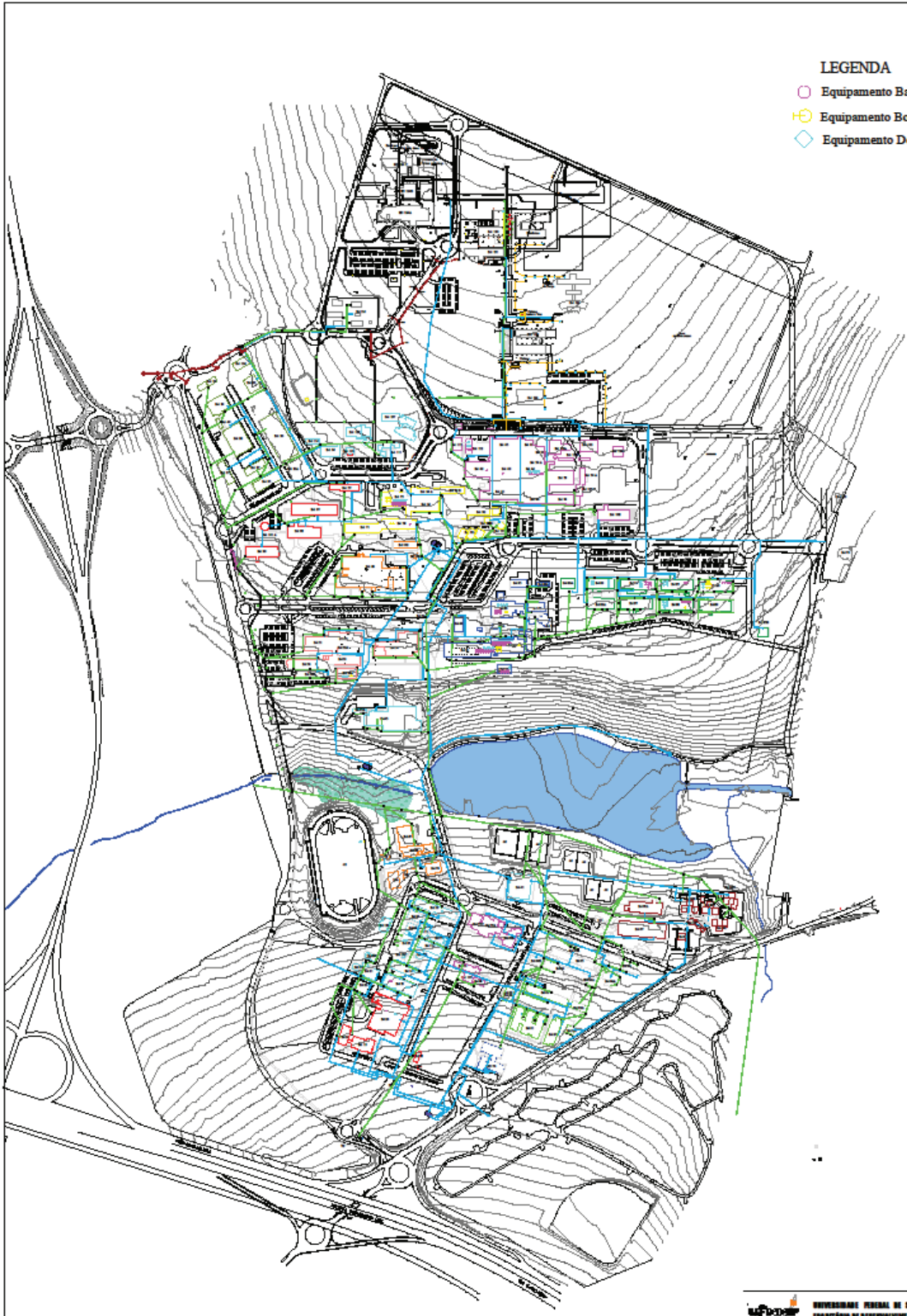
UNITED STATES OF AMERICA, **University of Idaho 2004 Drinking Water Report**, 2004. Disponível em < www.dfm.uidaho.edu/pdf-docs/ccr2004.pdf> Acesso em Janeiro de 2005.

UNITED STATES OF AMERICA, Califórnia State, States Constitution, **Water Code**, Disponível em: <<http://www.leginfo.ca.gov/const.html>> Acesso em: janeiro de 2005.

USEPA. **Guidelines for water reuse**, Manual Technology Transfer, introdução e sumário. 1992. 15p. Disponível em: <www.epa.gov.br> . Acesso em: julho de 2004.

Von SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed.. Belo Horizonte. UFMG/Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental , 1996. 243 p.

ANEXO I - MAPA PLANIALTIMETRICO DO *CAMPUS* DE SÃO CARLOS



LEGENDA

- Equipamento Banho Maria
- ⊕ Equipamento Bomba de Vácuo
- ◇ Equipamento Destilador

ANEXO II - PLANILHA DO LEVANTAMENTO DOS EQUIPAMENTOS DE USO
ESPECÍFICO DA ÁGUA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – *CAMPUS*
DE SÃO CARLOS

Levantamento dos equipamentos de uso específico da água nos diversos Setores da UFSCar – campus São Carlos									
Setor	N. Edifício	Nome Edifício	Tipologia	Sigla	Ano	Equipamentos de Uso Específico da Água			
							Potência	Quant.	
ÁREA SUL									
1	Ed. 12	Casa das Máquinas	Serviços Gerais		1977				
	Ed. 12A	Piscina Semi Olímpica			1977				
	Ed. 12B	Piscina Aprendizagem			1998				
	Ed. 41	Ginásio de Esportes	Área Esportiva		1974				
	Ed. 43	Campo de Futebol							
	Ed. 47	Ginásio Olímpico	Área Esportiva		1979				
	Ed. 48	Vestiário - Piscina	Sanitário		1982				
Ed. 79	Banco do Brasil	Apoio		1994					
2	Ed. 07	AT-1	Salas de Aula	AT-1	1977				
	Ed. 07A	AT-2	Salas de Aula	AT-2	1994				
	Ed. 44	Quadras							
	Ed. 101	Quiosque	Alimentação		1994				
	Ed. 06 B	Alojamento Estudantil	Apoio		1996	Chuveiro Elétrico		20	
	Ed. 06 C	Alojamento Estudantil	Apoio		1997				
	Ed. 06 D	Alojamento Estudantil	Apoio		1999				
	Ed. 06 E	Alojamento Estudantil	Apoio		2003				
	Ed. 81	Espaço de Vivência	Apoio		1992				
	Ed. 14	Departamento de Enfermagem		DEnf	1972				
Ed. 15	Lab. Fisioterapia Idosos ART/DTO	Laboratório	DEnf	1970					
Ed. 15B C	Lab. Fisioterapia	Laboratório	DFISIO	1970					
Ed. 17	D Fisio	Laboratório	DFISIO	1970					
Ed. 18	Educação Física		CEFMH	1970	Destilador		1500		1
Ed. 19	Morfologia e Patologia	Laboratório	DMP	1975	Destilador	1600	3		
					Destilador	2400	1		
					Banho Maria	750	1		
					Banho Maria	1500	2		
3	Ed. 20	NAPES / Terapia Ocupacional			1972	Destilador	1500	2	
	Ed. 21	Clinica de Fisioterapia	Apoio	DFISIO	1975				
	Ed. 21A	Clinica de Fisioterapia	Apoio	DFISIO	1980				
	Ed. 22	Lab. Anatomia	Laboratório	DCS	1974				
	Ed. 23	Lab. Saúde Mental	Laboratório	DTO	1975				
	Ed. 25	Lab. Avaliação Fisioterapia	Laboratório	DFISIO	1975				
	Ed. 30	Lab. Neurociência	Laboratório	DFISIO	1995				
	Ed. 110	Fisioterapia		DFISIO	2000				
	Ed. 139	Sala de Orquestra							
	Resumo:						Banho Maria	3	
						Destilador	7		

4	Ed. 09	Sindicato dos Professores Ambulatório	Apoio	ADUFSCar	1970			
	Ed. 10	Odontológico/Médico Serviço de Apoio Comunitário	Apoio	DAMO	1970			
	Ed. 77A	Dep. Artes Lanchonete / Restaurante /		SAC	1970			
	Ed. 77B	Fotocopiadora Diretório Central Estudantil	Alimentação		1995			
	Ed. 77C	Teatro de Bolso	Apoio	DCE	1995			
	Ed. 105	Adufscar			1997			
5	Ed. 04	Dep. Psicologia e Dep. Letras		DP/DL	1972			
	Ed. 04B	Filosofia			1978			
	Ed. 05	Dep. Psicologia e Dep. Letras		DP/DL	1975			
	Ed. 05A	Sanitário	Sanitário		1972			
	Ed. 06	Alojamento Estudantil	Apoio		1972	Chuveiro elétrico	4400	27
	Ed. 06A	Alojamento Estudantil	Apoio		1994			
6	Ed. 08	Registro de Diplomas	Apoio		1960			
	Ed. 13	Setor de Pessoal e RH	Apoio		1960			
	Ed. 24	Lab. Dto Reitoria /	Laboratório	DTO	1975			
	Ed. 26	Administração	Apoio		1978			
7	Ed. 01	CECH		cehc	1971			
	Ed. 02	Sindicato dos Servidores		sintufscar	1974			
	Ed. 03	Letras			1972			
	Ed. 03A	Dep. Ciencias Sociais			1972			
	Ed. 27	Dep. Metodologia do Ensino		DEME	1977			
	Ed. 109	Cursinho	Apoio		1997			
8	Ed. 76	Creche	Apoio	UAC	1992	Maquina de lavar	510	1
						Maquina de lavar	160	1

AREA NORTE								
1	Ed. 33	Garagem Máquinas	Apoio		1978			
	Ed. 35	Prefeitura Universitária	Administrativo	PU	1978			
	Ed. 35A	Guarita	Apoio		1978			
	Ed. 36	Almoxarifado Central	Administrativo		1978			
	Ed. 37	Garagem / Vigilância Serralheria /	Apoio		1978			
	Ed. 38	Marcenaria	Apoio		1978			
	Ed. 39	Oficina Mecânica	Apoio		1978			
	Ed. 40	Administração de Serviços	Apoio		1974			
	Ed. 49	Pintura	Apoio		1978			
	Ed. 91	Manutenção	Apoio		1993			
	Ed. 104	Garagem FAE	Apoio		1997			
2	Ed. 94	Gráfica	Apoio	DPG	1993			
	Ed. 111	Nucleo de Extensão	Apoio		1997			
	Ed. 114	Central de Resíduos	Apoio		2002			
	Ed. 129	Rádio / TV	Apoio		const.			
	Ed. 137	FAI						
	Ed. 135	Banespa	Apoio		2004			
3	Ed. 59	Lab. Hidrologia Solos		DECiv	1982			
	Ed. 59A	Lab. ensaios eng. Civil	Laboratório		1984			
	Ed. 60	Dep.Eng. de Materiais		DEMA	1983			
	Ed. 60A	Dep. Eng de Materiais			1984			
	Ed. 61	Dep. Eng. de Materiais		DEMA	1983			
	Ed. 61A	Dep. Eng de Materiais			1984			
	Ed. 62	Lab. Polímeros	Laboratório	DEMA	1984	Banho maria	200	1
	Ed. 63	Laboratório de Metais	Laboratório	DEMA	1984	Banho maria	3000	1
	Ed. 64	Lab. Cerâmicas	Laboratório	DEMA	1983	Destilador	4000	5
						Banho Maria	500	3
						Banho Maria	2000	2
						Banho Maria	80	1
						Bomba hidraulica	2200	1
	Ed. 65	CCDM / NIT materiais	Laboratório	CCDM	1984			
	Ed. 65A	Central de Gas Engenharia Civil -		DEMA	1984			
	Ed. 74	Departamentos		DECiv	1982			
	Ed. 93	Oficina mecanica	Laboratório	DEMA	1993			
	Ed. 93A	Edificio ALCOA		DEMA	1992	Destilador	1500	1
	Ed. 107	Pós-Graduação		PPGE	1998			
	Ed. 108	Sala de Aula AT-5		AT-5	1998			
Ed. 112	Lab. CCDM	Laboratório	CCDM	2000	Destilador	1500	2	
					Destilador	4000	1	
					Banho Maria	2000	1	
					Banho Maria	6000	1	
Ed. 115	Laboratório de Reciclagem - DEMA	Laboratório	DEMA	1998				
Ed. 116	Depósito de Reagentes Químicos		DEMA	1998				
Ed. 132 AB	Laboratório de Vitreos - DEMA	Laboratório	LAMAVI	2003	Destilador	4000	1	
Ed. 133	Laboratório de Concreto	Laboratório	DECiv	2005				
Ed. 136	NET	Laboratório	DECiv					
Resumo:						Banho Maria	10	
						Destilador	10	

4	Ed. 57	Laboratório Engenharia de Produção	Laboratório	DEP	1980			
	Ed. 97	Estatística		Des	1995			
	Ed. 98	Sala de Aula AT-4	Sala de Aula	AT-4	1994			
	Ed. 99	Matemática / CCT		DM	1996			
	Ed. 101	Quiosque	Alimentação		1994			
5	Ed. 34	Fenomenos dos Transportes		DEQ	1978			
	Ed. 34A	central GLP		DEQ	1984			
	Ed. 34B	Lab. Secagem		DEQ	1992			
	Ed. 58	Engenharia Química		DEQ	1984	Bomba vácuo	500	1
						Banho Maria	2000	1
						Bomba vácuo	500	1
	Ed. 58A	Engenharia Química Circulação		DEQ	1984			
	Ed. 71	Engenharia de Produção		DEP	1981			
	Ed. 75	Laboratório de Eng. Química	Laboratório		1993	Bomba de vacuo	750	1
						Bomba de vacuo	1500	1
						Bomba de vacuo	115	1
						Bomba de vacuo	400	1
						Destilador	3500	2
						Destilador	8000	1
						Destilador	1840	1
						Destilador	750	1
						Destilador	185	1
						Banho Maria	2000	6
						Banho Maria	1320	1
						Banho Maria	2200	1
						Banho Maria	1000	2
						Banho Maria	700	1
						Banho Maria	300	1
					Cuba	1000	1	
					Bancada de resfriamento	660	1	
					Aquecedor	3100	1	
					Jato de água	1000	1	
					Bomba peristáltica	40	1	
	Ed. 92	Salas de Aula AT-3	Sala de Aula	AT-3	1991			
	Ed. 92A	Salas de Aula AT-3 - pranchetas		AT-3	1993			
	Ed. 92B	Sanitários	Sanitários		1993			
	Ed. 111B	Quiosque						
Resumo:						Banho Maria	13	
						Bomba de vacuo	6	
						Cuba	1	
						Destilador	6	
6	Ed. 66	Biblioteca Comunitária e Teatro Florest.		BC	1994			
	Ed. 102	DICA / Prograd			1995			
	Ed. 106	Xerox Central			1996			

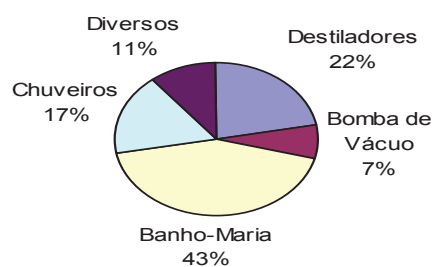
7	Ed. 31	Dep. de Química e Laboratórios	Laboratórios	DQ	1978				
	Ed. 32	Laboratórios	Laboratórios	DQ	1978				
		Superior							
							Purificador de água	300	3
							Destilador	2500	2
							Destilador	1500	1
							Destilador	16000	1
							Destilador	7000	1
							Destilador	4000	1
							Destilador	1000	1
							Destilador	5000	1
							Bomba de vacuo	770	1
							Banho Maria	350	1
							Banho Maria	500	3
							Banho Maria	1500	1
							Banho Maria	80	2
							Banho Maria	750	2
							Banho Maria	1000	1
							Banho Maria	2000	3
							Banho Maria	45	2
							Banho Maria	3000	2
							Rotaevaporador	120	2
							Banho Maria	1200	10
							Banho Maria	120	12
							Banho Maria	2000	1
							Banho Maria	1500	1
							Banho Maria	900	1
							Banho Maria	1400	1
							Banho Maria	500	2
							Destilador	4000	3
							Destilador	3500	1
							Bomba de vacuo	500	3
						Bomba de vacuo	600	1	
						Lavadora	600	2	
						Evaporador	200	1	
						Evaporador rotativo	2000	2	
						Evaporador rotativo	120	6	
						Vapor refrigerado	500	1	
	Ed. 32A	Lab. Reações Especi			1993				
	Ed. 67	Dep. de Química		DQ	1981				
	Ed. 67A	Compressores			1978				
	Ed. 68	Nucleo de Serviços	Laboratórios		1982				
	Ed. 68A	Lab. Destilação		DQ	1982				
	Ed. 69	Anfiteatro área norte	Apoio		1981				
	Ed. 80	Lab. Eletroquímica	Laboratórios	LIEC	1988	Destilador	3800	2	
						Destilador	4000	2	
						Banho Maria	2000	1	
						Banho Maria	600	3	
						Banho maria	50	2	
						Bomba de vacuo	550	1	
						Auto clave	1500	1	
	Ed. 90	PPG Química		DQ	1990				
	Ed. 95	Químicos	Laboratórios	DQ	1994				
	Ed. 103	Anfi		DQ	1996				
	Ed. 117	Lab. Química Ensino	Laboratórios	DQ	2000	Banho Maria	600	12	
						Banho Maria	400	2	
						Destilador		1	

Resumo: Banho Maria 65								
Bomba de vacuo 6								
Destilador 17								
8	Ed. 83	Botanica I e II Botanica II	Laboratórios	DB	1991	Destilador	1500	4
						Destilador	16000	1
						Banho		
						termostatizado	3000	1
						Rotavapor	85	1
	Ed. 83A	Dep. Botanica laboratórios	Laboratórios	DB	1995			
	Ed. 83B	Casa de Vegetação		DB	1989			
	Ed. 84	Ciências Fisiológicas	Laboratórios	Dmp	1991	Destilador	1500	3
						Banho Maria	450	2
						Banho Maria	250	1
						Banho Maria	500	2
						Banho Maria	1000	1
						Banho Maria	600	1
	Ed. 85	Ecologia	Laboratórios	DEBE	1995			
	Ed. 85B	DEBE	Laboratórios	DEBE	1997	Desumidificador	200	1
						Destilador	1600	4
						Banho Maria	1000	4
	Ed. 86	Genética e Evolução	Laboratórios	DGE	1995	Destilador	6000	2
						Banho Maria	250	2
						Banho Maria	1500	3
						Banho Maria	800	1
						Banho Maria	750	1
						Banho Maria	1000	1
						Bomba vacuo	900	1
						Bomba vacuo	550	3
						Bomba vacuo	30	1
						Evaporador Rotativo	1500	1
	Ed. 87	CCBS	Laboratórios	CCBS	1996			
Ed. 88	Hidrobiologia		DHB	1997	Destilador	7000	1	
					Destilador	6000	2	
					Destilador	1600	2	
					Banho Maria	200	1	
					Banho Maria	550	1	
					Banho Maria	1000	2	
					Banho Maria	2000	3	
					Bomba de vacuo	3000	1	
Ed. 88A	Cabines	Laboratórios	DHB	1997				
Ed. 89	Ciências Fisiológicas	Laboratórios	DCF	2004				
Resumo: Banho Maria 26								
Bomba de vacuo 6								
Destilador 19								

9	Ed. 50	Secretaria Geral de Informática / FAI		Sin	1979			
	Ed. 51	Computação		DC	1980			
	Ed. 52	Computação		DC	1980			
	Ed. 53	Computação / Física		DC	1980			
	Ed. 54	Ponto de Onibus		DF				
	Ed. 56	Física Laboratorio	Laboratório	DF	1981			
	Ed. 56A	Laboratórios de Física	Laboratório	DF	1996	Bomba de vacuo	1200	1
						Destilador	1500	1
					Destilador	1600	1	
	Ed. 56B	Oficinas de Física	Laboratório	DF	1994			
Resumo:						Bomba de vacuo	1	
						Destilador	2	
10	Ed. 45	Restaurante Universitário	Alimentação	RU	1979			
	Ed. 45A	Caldeiras			1979			
	Ed. 73	Biotério Central		CCBS	1992			
	Ed. 100	CEMA		CEMA	1996			
ÁREA EXPANSÃO NORTE								
	Ed. 124 A	USE Atendimento		USE	2003			
	Ed. 124 B	USE Terapia Intensiva		USE	2004			
	Ed. 124C	USE Terapia Intensiva		USE	2004			
	Ed. 130	Enfermagem		DENF	2005			
	Ed. 131	Salas de Aula AT-6	Sala de Aula	AT6				
	Ed. 114	Central de Resíduos			1999			

TOTAL DE EQUIPAMENTOS	274
Destiladores	61
Bomba de Vácuo	19
Banho-Maria	117
Chuveiros	47
Diversos	30

DISTRIBUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE USO ESPECÍFICO DA ÁGUA NO CAMPUS DA UFSCAR

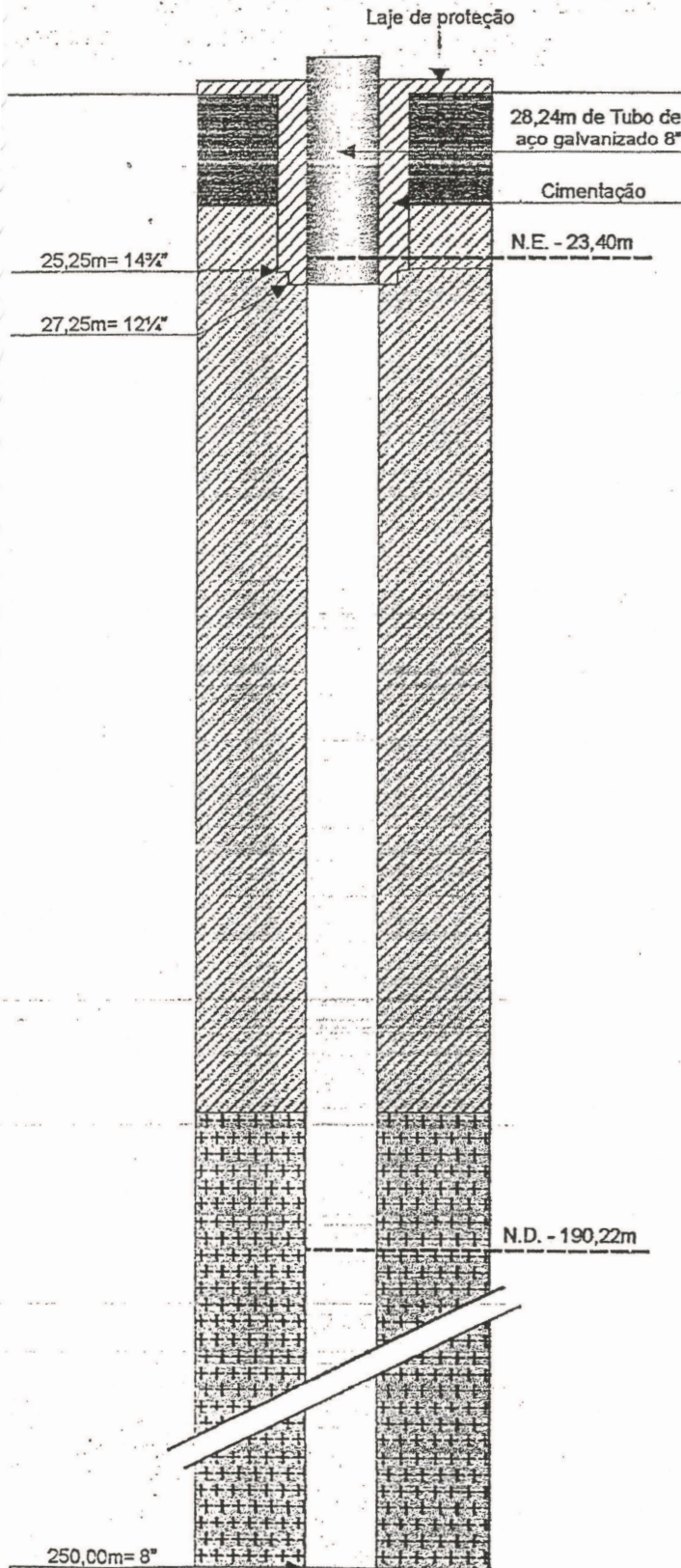


ANEXO III - PERFIL ESQUEMÁTICO DO POÇO PROFUNDO DO *CAMPUS* DE
SOROCABA






Projeto: PERFIL ESQUEMÁTICO DE POÇO TUBULAR PROFUNDO	Equipe: R1H-1	Poço: 01
Objeto: SERV AUTÔNOMO ÁGUA E ESGOTO DE SOROCABA	Coordenadas UTM:	
Local: RODOVIA JOÃO LEME DOS SANTOS, S/N	N/S: 7.389,96 km	
Município: SOROCABA - SP	E/W: 242,39 km	
Identificador: 0004/06	Início: 24/04/06	Término: 03/05/06
Obs: Perfil sem escala		

JUNDSONDAS
POÇOS ARTESIANOS

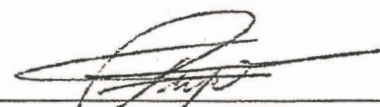
PERFIL TÉCNICO



DESCRIÇÃO LITOLÓGICA

- 
00,00 - 02,00m
Solo argiloso, inconsistente, marrom claro.
- 
02,00 - 16,00m
Argila inconsistente castanha.
- 
16,00 - 25,00m
Rocha alterada pouco consistente, castanha.
- 
25,00 - 145,00m
Metapelito, coloração cinza claro a cinza esverdeado, apresenta uma foliação incipiente, intercalado com níveis métricos de quartzito cinza esverdeado.
- 
145,00 - 250,00m
Granito leucocrático composto essencialmente por quartzo e feldspato, subordinadamente biotita finamente cristalizado. Feldspato potássico ocorre associado aos níveis fraturados.

Vazão: 9,68 m³/h



JUNDSONDAS POÇOS ARTESIANOS
Geólogo: Francelino de Camargo Pujol
CREA 0580066456

