

Ministério da Saúde
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
Escola Nacional de Saúde Pública

*“ÁGUAS CINZAS: CARACTERIZAÇÃO, AVALIAÇÃO FINANCEIRA E
TRATAMENTO PARA REUSO DOMICILIAR E CONDOMINIAL”.*

por

Beatriz Rapoport

Orientadores:

Prof. Dr. Odir Clécio da Cruz Roque

Prof. Dr. Aldo Pacheco Ferreira

Rio de Janeiro, março / 2004.

**A todos que convivendo comigo,
de alguma forma me incentivaram, me ajudaram e me toleraram.**

AGRADECIMENTOS

Ao Hilton pela ajuda e apoio em todos os momentos.

À Julia e Diana pela ajuda e por terem suportado não mexer no computador durante a fase de digitação.

Aos meus pais por me apoiarem em todos os momentos

À minha sogra pelo apoio logístico.

À Presidente da FEEMA Isaura Fraga e diretores Celso Bredariol, Lincon Murcia e Henrique N.E. Santo, pela autorização.

Ao chefe da Dicin José Luiz Pires pelo grande incentivo.

Aos Professores Aldo e Odir, meus orientadores pela orientação, colaboração, interesse, grande incentivo e por terem me mostrado a importância deste trabalho.

À Rafaela, minha amiga, pelas contribuições técnicas e por ter me apresentado ao Instituto Ambiental.

Ao Fachini, Lelia e Eduardo do Instituto Ambiental pelo trabalho maravilhoso que desenvolvem em prol do Meio Ambiente.

Ao Sebastião, Vera, Alessandra responsáveis pela creche aonde foram colhidas as amostras, sem os quais este trabalho não teria sido possível.

Ao João Eustáquio, diretor do DEP e Hugo Fortini, chefe do laboratório, pela autorização para realização das análises nos laboratório da FEEMA.

Ao Ariston, Ricardo e a todos do laboratório de físico-química da FEEMA, pela realização das análises.

A Eunice do laboratório de biologia da FEEMA, pelas análises parasitológicas.

A Téa do laboratório de bacteriologia da FEEMA, pelas análises bacteriológicas.

Ao Paulo, Rosane e Jane do laboratório de Microbiologia Ambiental (Dssa/Ensp/Fiocruz), pelas análises bacteriológicas.

Ao Alexandre, Alfredo, Paulea e Sergio, companheiros de jornada cada qual com sua contribuição.

Ao Dalton e Marcelo do DSSA, pelas contribuições.

Ao Dyrton Bellas, atual chefe da Dicin pelo apoio na fase final da tese.

**DÊ UMA OLHADA PROFUNDA,
BEM PROFUNDA PARA A NATUREZA
E VOCÊ ENTENDERÁ TUDO MUITO MELHOR**

EINSTEIN

em

Einstein em Berlim

RESUMO

A escassez de água nos grandes centros urbanos, onde a demanda cada vez maior tende a suplantar a oferta, vem sendo motivo de alerta. Uma alternativa para economia do insumo é o seu reuso que vem sendo estimulado principalmente devido à lei de recursos hídricos. Este trabalho propõe o aproveitamento das águas cinzas provenientes de chuveiros e pias de banheiros em descargas sanitárias. Observamos que para implantação de um sistema de reuso das águas cinzas é necessário além de um sistema duplo de distribuição de água, também um tratamento adequado. As análises químicas, físicas e biológicas demonstraram que estas águas apesar de serem menos contaminados que as águas negras necessitam de tratamento para serem reutilizadas com segurança. As águas cinzas analisadas apresentaram baixas concentrações de N e P, SS e Turbidez e alta DQO e DBO além de alta taxa de coliformes totais e fecais. Foram encontrados Estreptococos que estão relacionados com contaminação viral além de helmintos. Sugerimos que para reuso domiciliar em descargas sanitárias seja utilizado o mesmo padrão utilizado para água de banho considerando que os riscos de contaminação são os mesmos. É sugerido nesta dissertação um tratamento simples, de baixo custo e que requer pouca manutenção das instalações. A desinfecção é etapa importante. Deve-se levar em consideração ao se propor o reuso de águas cinzas, as reais condições locais de disponibilidade hídrica. A troca de equipamentos com alto consumo e a educação para economia do insumo não excluem o reuso de águas cinzas em atividades onde a potabilidade não é fator preponderante. Relevante seria o controle das perdas do insumo pela concessionária de água e esgoto. A economia gerada com o reuso proposto é significativa podendo chegar a até 60%, tendo como exemplo o modelo de tarifação empregado no Estado do Rio de Janeiro onde é cobrado, além do valor da água, 100% do seu valor devido ao esgotamento sanitário.

Estudos sobre demanda e oferta de água no Estado do Rio de Janeiro, indicam que para a região metropolitana, até 2010 haverá uma demanda crescente de água e desta forma, o reuso em médio prazo é uma possibilidade a ser considerada. Medidas imediatas tais como aprovação de projetos com rede dupla de distribuição pelos órgãos competentes e tratamento com vistas ao reuso devem ser incentivadas para que no futuro estas águas possam ser reusadas com segurança em caso de necessidade.

Palavras-chave: Águas cinzas, reuso, saneamento ambiental, reciclagem de água

ABSTRACT

SUMÁRIO

CAPITULO I – INTRODUÇÃO	1
ASPECTOS RELATIVOS À ÁGUA	14
1 ANÁLISES DE ÁGUA	14
1.1-PARÂMETROS FÍSICOS	14
1.2-PARAMETROS QUIMICOS	15
1.3-PARAMETROS BIOLÓGICOS	16
2 CUSTO DA ÁGUA	18
CAPITULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
CAPITULO III – OBJETIVOS	34
CAPITULO IV – METODOLOGIA	35
CAPITULO V – RESULTADOS	43
CAPITULO VI – DISCUSSÃO	47
TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS	59
SUGESTÃO DE TRATAMENTO PARA RESIDÊNCIAS E CONDOMÍNIOS	63
CAPITULO VII – CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES	67
DESDOBRAMENTOS FUTUROS	70
CAPITULO VIII –BIBLIOGRAFIA	71
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE FOTOS	xi
GRÁFICO	xi
LISTA DE ABREVIATURAS e SIGLAS	xii
GLOSSÁRIO	xiii

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Projeção da população nos municípios do Estado do Rio de Janeiro-----	2
Tabela 2- Evolução prevista da demanda de água em m ³ /s para a Região metropolitana do Rio de Janeiro-----	4
Tabela 3- Custo da água na região metropolitana do Rio de Janeiro – Fonte: CEDAE fevereiro/2004-----	19
Tabela 4- Tipo de aplicação decorrente do tratamento empregado para reuso-----	25
Tabela 5- Principais poluentes encontrados nas águas cinzas-----	26
Tabela 6- Padrões para água reciclada em locais onde as águas cinzas são aproveitadas ou padrões sugeridos como apropriados para utilização destas-----	28
Tabela 7- Classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos conforme reuso.ABNT-----	29
Tabela 8- Padrão microbiológico para águas destinadas à recreação de contacto primário CONAMA 274/2000-----	32
Tabela 9- Resultados dos parâmetros físico-químicos-----	44
Tabela10- Resultados das análises microbiológicas (Técnica: filtração por membranas-----	44
Tabela 11- Resultados das análises microbiológicas (Técnica: Tubos Múltiplos)---	45
Tabela 12- Resultados das análises parasitológicas-----	45
Tabela 13- Custo da água na região metropolitana do Rio de Janeiro e economia que pode ser feita ao se utilizar o sistema de reuso de águas cinza-----	46

Tabela 14- Comparação entre resultados bibliográficos para águas cinzas provenientes de banheiros e resultados obtidos-----47

Tabela 15- Comparação entre os resultados microbiológicos obtidos e os dados da bibliografia para as águas cinzas provenientes de banheiros.-----48

Tabela 16- Comparação entre os parâmetros físico-químicos analisados nas águas cinzas estudadas e o estabelecido pela literatura para esgoto sanitário.-----49

Tabela 17- Comparação entre quantidades de microrganismos no esgoto sanitário e nas águas cinzas analisadas-----49

Tabela 18- Níveis de tratamento e valores típicos de alguns parâmetros de qualidade nos efluentes. -----57

Tabela 19- Eficiência dos filtros de areia e membranas para tratamento das águas cinzas-----60

Tabela 20- Eficiência de tratamento com membrana-----60

Tabela 21- Eficiência dos processos MBR e BAF para tratamento de águas cinzas---61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de captação de água no rio Guandu-----	3
Figura 2- Economia a ser gerada em residência com o reuso de águas cinzas-----	10
Figura 3- Esquema do direcionamento de efluentes gerados-----	38
Figura 4- Fluxograma de captação, tratamento e reuso das águas cinzas.-----	65

LISTA DE FOTOS

Foto 1- Biodigestor e filtro anaeróbio-----	35
Foto 2- Tubos separados para cada efluente direcionados a caixa de passagem-----	36
Foto 3- Filtro biológico de brita constituído por três câmaras-----	36
Foto 4- Tanque para criação de peixes-----	37
Foto 5- Caixa de coleta da água cinza proveniente de chuveiros e pias de banheiros---	37
Foto 6- Condomínio popular de baixa renda.-----	41
Foto 7- Filtro biológico para tratamento das águas cinzas e biodigestor para produção de biogás.-----	47

GRÁFICO

Gráfico 1- Utilização de água em atividades domiciliares-----	8
--	---

LISTA DE ABREVIATURAS e SIGLAS

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente

CEDAE – Companhia Estadual de Água e Esgoto

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

DQO – Demanda Química de Oxigênio

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

Mbas – Methylene blue active substances (substâncias que reagem ao azul de metileno)

Nitrogênio Kj – Nitrogênio orgânico e Amônia

OD – Oxigênio Dissolvido

P t – Fósforo total

pH – Potencial de Hidrogênio

SS – Sólidos em Suspensão

XOC –xenobiotic organic compounds

GLOSSÁRIO

Águas cinzas – Águas servidas domésticas excluindo o efluentes sanitário

Águas negras – Efluente proveniente exclusivamente de esgotamento sanitário

Águas residuárias – São todos os resíduos de natureza líquida: os esgotos sanitários, efluentes industriais e águas pluviais e águas de infiltração.

Águas servidas – São aquelas que em virtude de qualquer utilização ou circunstância perderam suas características naturais como a potabilidade, como acontece no esgoto e no despejo industrial; Termo geral para efluente de um sistema de esgoto residencial ou municipal.

Compostos orgânicos xenobióticos (XOC)– São compostos provenientes dos produtos químicos utilizados nas residências para cuidados pessoais e limpeza. Muitos são sintéticos e seus efeitos são apenas parcialmente conhecidos.

Reuso de água - É o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O aumento populacional acompanhado pelas mudanças climáticas globais vem contribuindo para o aumento na demanda pelos recursos hídricos. Embora a água existente seja um recurso renovável, ela tende a se deteriorar em função do seu uso indiscriminado o que compromete conseqüentemente a quantidade de água com qualidade disponível para consumo nas diversas localidades.

A quantidade de água disponível no planeta é sempre a mesma já que está sempre sendo renovada através do ciclo hidrológico. Entretanto a água de qualidade para consumo está se tornando rara.

Sabe-se que o ciclo hidrológico se constitui basicamente do transporte de massas d'água do oceano para atmosfera por evaporação e da atmosfera através de precipitações, escoamentos superficiais e subterrâneos para os oceanos influenciando diretamente a distribuição e extensão dos corpos d'água continentais. em muitas regiões tem sofrido alterações resultantes das diferentes formas de interferência humana sobre o ambiente. Exemplos são o surgimento de metrópoles, dragagens, desmatamentos desenfreados e a construção de represas. Segundo Bloch (2002) 97% de toda a água da terra encontra-se nos oceanos. Somente 0,62% corresponde à água doce. Deste percentual, aproximadamente, metade corresponde a águas subterrâneas.

À medida que a população aumenta, a deteriorização dos mananciais se acentua e desta forma, surgem problemas de abastecimento que atualmente estão merecendo a atenção e preocupação de populações e autoridades do mundo. Desta forma é necessário que haja uma gestão integrada do recurso água, incentivando-se o seu uso racional favorecendo o desenvolvimento de sistemas sustentáveis como forma de prevenção contra a escassez.

A água doce está distribuída de forma desigual sobre o planeta. A disponibilidade de água no Brasil é significativa, entretanto ela esta distribuída de forma irregular sobre o território (69% da água doce encontra-se na Região Amazônica e 31% nas demais regiões, as quais concentram 95% da população do País). Segundo o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, atual ANEEL, a distribuição dos

recursos hídricos está na proporção de 68,5 %para a região Norte, 3,3% para a região Nordeste, 6,0%para a região Sudeste, 6,5% para a região sul e 15,7% para a região Centro-Oeste.

O Estado do Rio de Janeiro possui 950 m³/s de vazão média de água doce disponível e este volume proporciona aos 14,4 milhões de habitantes, 2.060m³ de água por ano. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) esta vazão é suficiente para atender a atual demanda de consumo (Ambiente das águas no estado do Rio de Janeiro, Planágua /Semads/GTZ). Entretanto trabalhos sobre a projeção da população nos municípios do Estado do Rio de Janeiro evidenciam um crescente aumento populacional (IBGE, 2002), como pode ser observado no **Quadro 1**.

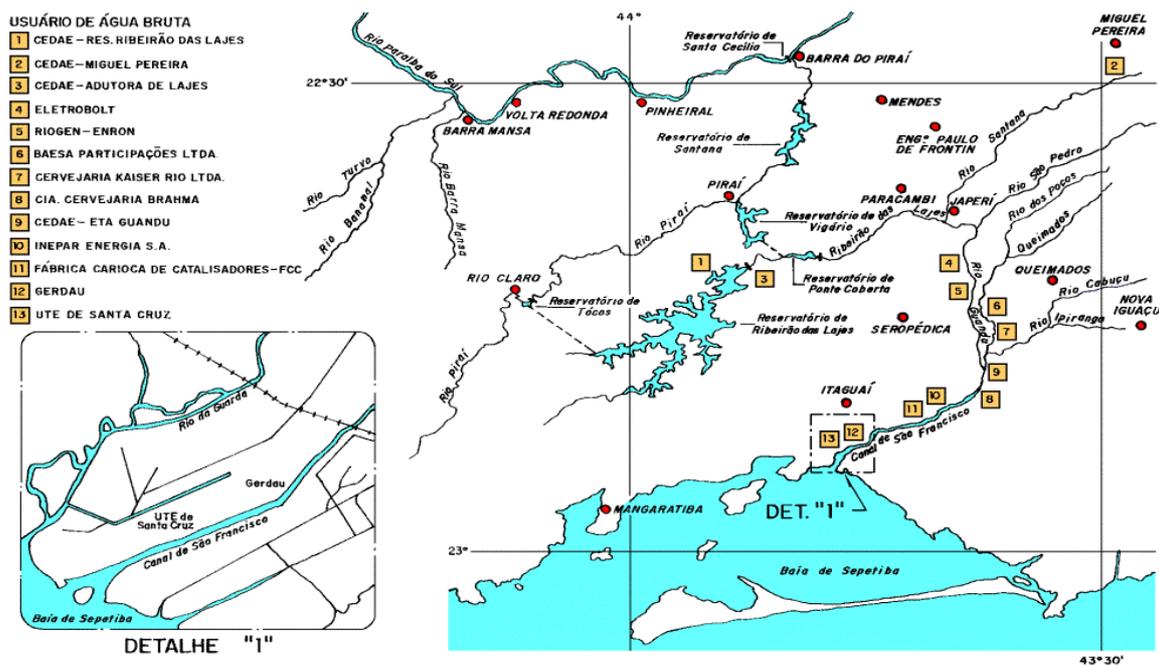
QUADRO 1. Projeção da população nos municípios do Estado do Rio de Janeiro.

MUNICÍPIOS	VALORES OBSERVADOS							
	1970	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
1. Caxias	404 496	554 935	661 578	780 964	916 278	1071728	1252 875	1467033
2. Itaboraí	14 072	23 652	31 919	42 668	55 469	71 096	90 205	113 697
3. Itaguaí	17 468	76 267	101 048	129 867	163 800	204 326	253 441	313 856
4. Magé	83 841	163 906	198 471	235 894	277 069	323 382	376 692	439 389
5. Mangaratiba	6 125	8 094	10 136	12 454	15 111	18 191	21 820	26 149
6. Maricá	6 500	19 602	22 677	26 188	30 226	34 902	40 349	46 734
7. Nilópolis	128 011	151 700	160 434	169 031	177 585	186 193	194 942	203 913
8. Niterói	292 180	400 140	439 596	480 981	525 061	573 014	626 596	688 395
9. Nova Iguaçu	724 326	1091 702	1247 614	1410 116	1583 658	1773 705	1986 378	2228600
10. Paracambi	22 149	27 434	32 347	37 686	43 484	49 787	56 660	64 190
11. Petrópolis	154 612	202 146	239 899	277 620	318 764	363 819	413 381	468 169
12. São Gonçalo	430 271	614 688	733 791	871 361	1035 991	1239 963	1500 984	1844983
13. S.J. de Meriti	302 394	398 686	436 234	474 149	513 025	553 550	596 414	642 305
14. Rio de Janeiro	4251 918	5093 232	5474 597	5585 289	6245 537	6638 213	7038 605	7449231
TOTAL A RMRJ	6 838 363	8 826 184	9 790 341	10 807 268	11 901 058	13101869	14 449 342	15 996 644

IBGE, 2002

O Sistema Guandu é o grande responsável pelo abastecimento da cidade do Rio de Janeiro. Possui 108 Km de extensão e recebe as águas da transposição do Rio Pirai para a represa de Lajes que desemboca no Ribeirão das Lajes, além das águas da transposição do rio Paraíba do Sul (160m³/s). A estação de tratamento do Guandu capta e trata 44m³/s de água proveniente do Rio Guandu para abastecimento de cerca de 11 milhões de pessoas, ou seja, 80% da população da região metropolitana. Na **Figura 1** é possível identificar a demanda pela água do rio Guandu não só pela CEDAE, mas também por outros interessados.

FIGURA 1. Mapa de captação de água no rio Guandu.



Análises realizadas pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) e Companhia Estadual de Águas e Esgoto (CEDAE) demonstram que as águas que aportam na estação de tratamento já chegam com a qualidade comprometida.

A maior parte das águas que chegam poluídas a estação de tratamento de água (ETA) vem do Rio Paraíba do Sul. A Bacia do Paraíba do Sul abrange uma área de aproximadamente 57.000Km², estendendo-se pelos Estados do Rio de Janeiro, Minas

Gerais e São Paulo. O Paraíba do sul recebe a contribuição de cerca de 3000 indústrias paulistas, 700 indústrias fluminenses além de esgoto sanitário de 53 municípios fluminenses com uma população de aproximadamente 2,2 milhões de habitantes (Ambiente das águas no estado do Rio de Janeiro, Planágua /Semads/GTZ). Além destas fontes de poluição, a poluição industrial e doméstica dos Rios dos Poços e Queimados é muito preocupante, pois eles deságuam pouco antes da tomada de água da CEDAE.

Segundo estudos sócio-econômicos e de demanda de água para a região metropolitana do Rio de Janeiro (Rios, 2000), deverá ser feita uma ampla campanha de educação ambiental através da mídia visando o controle dos desperdícios de água nas indústrias, comércio e domicílios tendo em vista o perigo de uma crise de racionamento de água semelhante à crise energética ocorrida entre 2001 e 2002. No **Quadro 2** é demonstrada a evolução prevista da demanda de água em m³/s para a Região metropolitana do Rio de Janeiro.

QUADRO 2. Evolução prevista da demanda de água em m³/s para a Região metropolitana do Rio de Janeiro

DISCRIMINAÇÃO	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Demanda total exclusive perdas (1)	32,55	36,24	41,20	46,24	51,88	58,39	66,09
Demanda atendida Exclusive perdas (2)	22,13	29,35	39,14	45,32	51,88	58,39	66,09
Demanda atendida Inclusive perdas (3) Hipótese I	39,52	52,41	68,89	80,93	92,64	104,27	118,02
Demanda atendida Inclusive perdas (4) Hipótese II	39,52	45,15	48,93	56,65	64,85	72,89	82,61

Rios, 2002

1. A demanda total - exclusive perdas inclui a parcela relativa à população flutuante.
2. Os índices de atendimento da demanda total são aqueles estabelecidos no PDA.
3. A hipótese I prevê a conservação dos níveis atuais de perdas, avaliadas em 44% para o conjunto da região metropolitana do Rio de Janeiro - RMRJ.
4. A hipótese II prevê execução de um programa de controle de perdas, que seriam reduzidas para 20% a partir de 1990.

Com base nas projeções demográficas estabelecidas, em termos indicativos, para o ano de 2035, procedeu-se a uma estimativa da demanda de água. Tal estimativa supõe que a relação entre demanda de água e população residente admitida para o ano de 2010 continue válida para 2035 (Rios, 2000).

Levando-se em consideração o demonstrado nos quadros 1 e 2, o aumento populacional para a região metropolitana do Rio de Janeiro em 2010, tomando por base o ano de 2000 será de 22,08%. A demanda atendida tanto com os níveis de perdas mantidos como com a redução das perdas em 20% será de 27,39%. O fato da demanda prevista ser maior do que o crescimento populacional pode ser explicado devido ao esperado aumento de educação para a saúde na população a qual necessitaria de mais água para suas atividades.

A demanda por água nos grandes centros urbanos fez com que fossem construídos complexos sistemas de captação em rios de grande porte, os quais tem córregos que cruzam núcleos urbanos e que recebem esgoto não tratado como contribuição. Com o aumento da poluição, cresce o risco de oferecimento de água de má qualidade, crescem os custos para o tratamento da água e cresce o risco de falta de água nas estiagens.

Juntamente com a preservação do meio ambiente sob todos os seus aspectos, a necessidade de economizar água vem sendo apontada como alternativa para se contornar o problema da escassez.

O fenômeno da escassez está diretamente relacionado ao crescimento populacional e a conseqüente degradação ambiental. Não é problema exclusivo das zonas áridas e semi-áridas. Muitas regiões com recursos hídricos abundantes, que não atendem a demandas elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições ao consumo.

No Brasil, a oferta de água para as cidades vem diminuindo. A população urbana aumentou 137% em 26 anos passando de 52.000.000 de hab em 1970 para 123.000.000 hab em 1996 e para 166.700.00 hab em 2000. A disponibilidade hídrica de 105.000 m³ hab/ano em 1950 caiu para 28.200 m³ em 2000 (OPAS, 2001). Tal fato tem apontado para problemas futuros que podem advir do uso indiscriminado dos recursos hídricos.

A economia de água vem sendo incentivada em varias partes do mundo. No Brasil ainda são incipientes as questões relativas ao problema da escassez, mas já existem no mercado produtos destinados a oferecer uma economia no consumo do insumo. A educação para a economia também vem sendo difundida na mídia e nas escolas. Entretanto, deve-se considerar que apesar do alerta para o problema de escassez ainda há uma perda representativa de água potável produzida nas estações de tratamento, o que representa uma perda de receita para os prestadores de serviço e uma perda para o consumidor porque devido a vazamentos na rede , a água de qualidade muitas vezes, não chega às residências.

A dificuldade de obtenção de água nas grandes cidades e os custos crescentes de captação, tratamento e transporte agravados pela crescente degradação dos mananciais, vem apontando para a necessidade de conservação e uso racional do insumo. A preocupação com o tratamento jurídico do uso e preservação da água é antiga no Brasil. Em 1934 foi instituído o código das Águas. A lei n ° 6938/1981, instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente e o princípio do poluidor pagador. A política nacional dos recursos hídricos, concretizada pela Lei n° 9433/97 fixa fundamentos, diretrizes e instrumentos capazes de indicar a posição e orientação pública no processo de gerenciamento dos recursos hídrico, veio instituir o conceito de usuário pagador denotando clara preocupação com a quantidade da água captada e qualidade das águas servidas devolvidas aos corpos hídricos reconhecendo a água como um bem finito e vulnerável e de intrínseco valor econômico. Desta forma, vem contribuir para o incentivo à economia na captação de água pelos usuários e conseqüente diminuição na geração de águas residuárias. O incentivo a uma menor captação estimulará o desenvolvimento de alternativas para reuso do insumo.

Roberts (1997) em Heller (1998), levando em consideração vários estudos, conclui que dentre as assertivas possíveis de serem extraídas de trabalhos técnicos, as quantidades adequadas de água parecem ser mais benéficas na redução de taxas de diarreia que o acesso a águas de melhor qualidade. Acrescenta que se deve levar em conta as realidades que deram origem a tal afirmação devido ao fato de serem países africanos onde ocorre a escassez de água.

Um paralelo pode ser traçado quando se tem em mente as projeções para 2010 no Rio de Janeiro de que a demanda será bem maior do que a oferta. Desta forma, seria

melhor a disponibilidade de água de uma qualidade inferior do que a falta ou reduzida quantidade de água de excelente qualidade. A pesquisa de fontes alternativas do insumo deve ser estimulada principalmente para sejam usadas em atividades onde não há a necessidade de um padrão de potabilidade de forma que a população continue a obter água para suprir suas necessidades, mas sempre levando em conta o princípio da precaução no que diz respeito à questão da saúde pública.

A água de reuso é uma opção correta do ponto de vista ambiental, já que contribui para diminuição da captação e conseqüente redução nas vazões de lançamento de efluentes. Entretanto, para que possa ser utilizada deve-se levar em conta a questão da saúde pública. Existem padrões para reuso em alguns países do mundo que fazem do reuso de água, uma prática habitual. Entretanto, aqui no Brasil, estas práticas são preliminares.

A Câmara Técnica de Ciência e Tecnologia do Conselho Nacional de Recursos Hídricos apontou para a necessidade de uma ampla discussão sobre o tema REUSO NÃO POTÁVEL DA ÁGUA. Foram elaborados dois termos de referência. O primeiro referente à elaboração de resolução contemplando os aspectos políticos, legais e institucionais e o segundo relativo às diretrizes gerais para a prática do reuso. É necessário que se leve em consideração o tipo de reuso que se deseja e o nível de tratamento para que os padrões sejam alcançados.

O reuso, operacionalmente, permite substituir grandes volumes de água destinados a usos nos quais a potabilidade não é fator preponderante (Jefferson *et al.*, 1999).

O reuso de água já vem sendo amplamente empregado na indústria, principalmente em torres de resfriamento, caldeiras, construção civil, irrigação de áreas verdes e em alguns processos industriais onde a utilização de água com menor padrão de qualidade não ocasione maiores problemas. Desta forma, o reuso de água para fins não potáveis deve ser considerado como primeira opção para reuso (Hespanhol & Mierzwa, 2000).

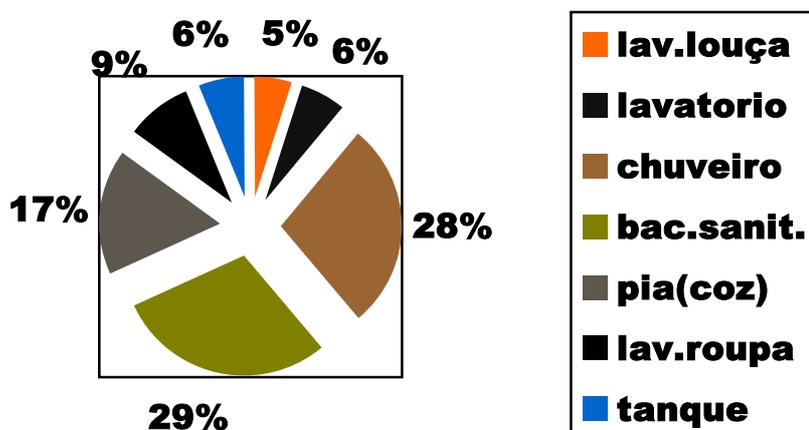
O reuso de água domiciliar pode ser considerado como alternativa em tempos de escassez. Segundo dados do programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, do

total de água consumida no Brasil 43% são para uso domiciliar, 40% para a agricultura e 17% para indústria.(Ambiente das Águas - Semads/GTZ). Desta forma o incentivo a economia de água domiciliar será bastante representativo.

Não se trata de pensar em curto prazo, mas sim em médio prazo quando provavelmente, a exemplo do que está acontecendo em outros estados brasileiros poderá faltar água de qualidade para consumo. Neste sentido o reuso das águas cinzas, que são as águas provenientes de todas as atividades domésticas com exceção de fontes de águas negras tais como sanitários bidês e urinol, vem sendo estudadas com vistas ao reuso tanto em irrigação como em sanitários.

Estudos realizados para verificação das quantidades de água utilizadas em uma residência como ilustrado no **Gráfico 1** demonstram que 29% da água consumida é direcionada para bacias sanitárias e 28% para utilização em chuveiros (Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, 2002). Desta forma, as águas cinzas provenientes de pias e chuveiros poderiam ser quase que totalmente aproveitadas nas bacias sanitárias. Existem outros estudos tais como o de Mieli (2001), sobre consumo de água domiciliar com resultados que se aproximam deste. Consideraremos a fonte da USP para os cálculos a serem realizados neste trabalho.

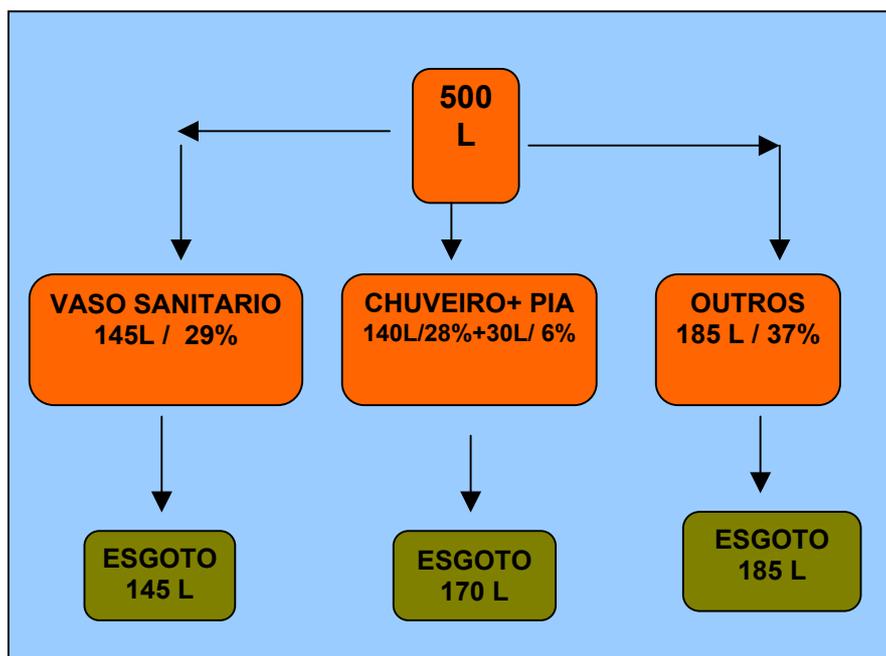
GRÁFICO 1. Utilização de água em atividades domiciliares.



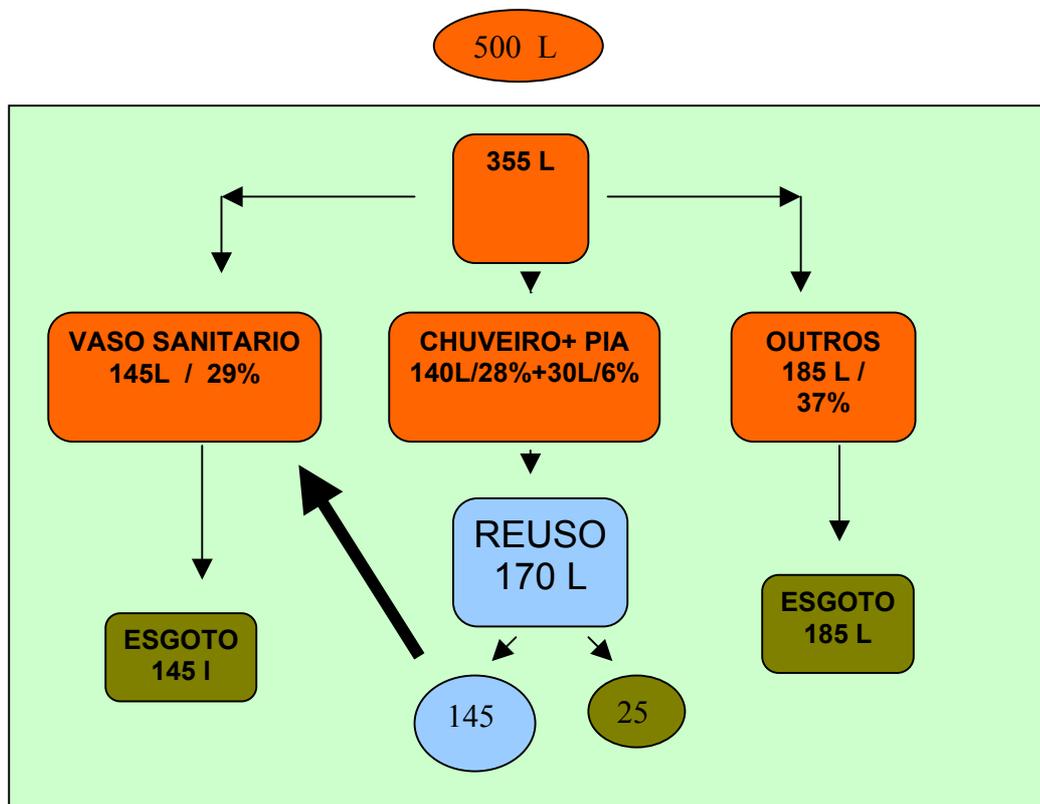
Vem ainda incentivar a alternativa de reuso das águas cinzas o fato de que o sistema típico de tarifação do consumo de água nas grandes cidades brasileiras é o que foi consumido multiplicado na maioria das vezes por dois, uma vez que o esgoto é tarifado na mesma conta. Desta forma, ao se reaproveitar um litro de água, além de estarmos reduzindo o consumo, estaremos economizando tarifa equivalente a dois litros na conta e preservando a água de qualidade para fins nobres. A **Figura 2** mostra a economia na captação do insumo que pode ser gerada em uma residência que fizer o reuso de águas cinzas. Como exemplo, uma residência com consumo de 500litros/dia.

FIGURA 2. Economia a ser gerada em residência com o reuso de águas cinzas.

Exemplo sem reuso



Exemplo com reuso de águas cinzas



Por serem menos poluídas que as águas negras no que diz respeito à ausência de fezes, urina, papel higiênico e etc., as águas cinzas tem recebido especial atenção como alternativa para reuso. Entretanto, suas características devem ser levadas em consideração ao se avaliar as possibilidades de reuso incluindo inclusive pré-tratamento. O reuso das águas cinzas é indicado para descargas sanitárias já que em alguns países, como é o caso do Brasil, utiliza-se água potável para fins onde a potabilidade não é considerada fator preponderante.

Existem riscos a serem considerados com o reuso de águas cinzas, principalmente no que diz respeito à saúde pública, uma vez que esta água não está isenta de contaminação. Alguns países já tem ou estão trabalhando para produzir um guia para reuso de esgoto para usos não potáveis onde as águas cinzas estão incluídas.

Em algumas localidades, por falta de conhecimento, as águas cinzas muitas vezes são segregadas das águas negras e descartadas diretamente nos corpos receptores sem prévio tratamento de forma que o custo para implantação de tratamento para o esgoto bruto seja reduzido devido à diminuição da vazão a ser tratada.

No caso de infiltração das águas cinzas no solo pode haver contaminação do lençol freático devido à presença de compostos xenobióticos originados nos produtos químicos utilizados nas residências (Eriksson *et al.*, 2001).

A qualidade que se deve atingir para reuso de águas, é ainda motivo de controvérsias. Existem duas facções: uma mais restritiva e outra mais pragmática. No caso em questão, estaremos analisando o reuso em descargas sanitárias e como no Brasil ainda não existe um padrão para reuso destas águas é importante que seja feita a caracterização das mesmas de forma a levantar a questão e possivelmente subsidiar futuras ações.

As diversas águas cinzas originadas em uma residência são provenientes principalmente de lavagem de roupa, banheiros (chuveiros e pias) e pia de cozinha. De acordo com trabalhos realizados constatou-se que estas águas diferem em sua constituição.

A água cinza proveniente de cozinha apresenta partículas de comida, óleo, gordura e é mais poluente do que as águas negras. Podem causar bloqueio nos sistemas de aplicação no solo. Apresentam altas concentrações de coliforme termotolerante (2×10^9 UFC/100 ml) e alta concentração de detergentes que podem torna-la alcalina.

As águas cinzas provenientes da lavagem de roupas podem apresentar concentrações que variam de 10^7 UFC/100ml (primeira lavagem), até apenas 25 UFC/100ml (no caso de segunda lavagem de máquina de lavar) de coliforme termotolerante. A concentração de produtos químicos é alta devido aos sabões empregados que contém Sódio, Fosfato, Boro, Surfactantes, Amônia e Nitrogênio. Apresentam sólidos em suspensão e turbidez elevada e a demanda por oxigênio por ser alta, pode causar danos ambientais e a saúde se for lançada no solo sem tratamento.

As águas cinzas provenientes de chuveiros e pias de banheiros são consideradas aparentemente como as menos contaminadas. A concentração de coliforme tolerante pode variar de 10^4 a 10^6 UFC/100 ml, Também apresentam produtos químicos que podem afetar o solo porém, estes produtos encontram-se mais diluídos (Grey water reuse sewerred single domestic premises, 2000).

Desta forma as águas cinzas provenientes dos banheiros foram escolhidas para serem o objeto deste estudo na possibilidade de efetivação de um reuso domiciliar não potável.

No Paraná, há um projeto de lei que cria no município de Curitiba, o programa de conservação e uso racional da água nas edificações - PURAE que tem como objetivo instituir medidas que induzam a conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. As ações de utilização das fontes alternativas compreendem a captação de água proveniente da chuva e a captação e armazenamento das águas servidas (não especificando neste caso o tipo de água servida).

O reuso das águas cinzas assim como todo o processo de reuso de águas residuárias pela comunidade não é de fácil aceitação e por isto deve ser cercado de

estudos que visem esclarecer e fornecer subsídios à população e aos governantes para tomada de atitudes com relação a sua utilização com segurança.

ASPECTOS RELATIVOS À ÁGUA

A água é uma substância simples que pode ser encontrada tanto no estado líquido, como sólido e gasoso.

Embora o controle sobre o ciclo hidrológico seja restrito e o volume global praticamente não se altere, a água disponível pode ser administrada e conservada.

O que vem causando preocupação é a rapidez com que a água vem sendo renovada no ciclo hidrológico uma vez que não se deve extrair água que exceda a velocidade com que ela é repostada, durante períodos longos.

Por ser o solvente universal, a água nunca é encontrada em estado de absoluta pureza. São basicamente cinco os contaminantes naturais da água:

- Sólidos em suspensão (Silte, ferro precipitado, Colóides);
- Sais dissolvidos (Sulfatos, Carbonatos, Bicarbonatos, Fosfatos, Nitratos e outros);
- Matéria Orgânica dissolvida (ácidos húmicos, fúlvicos, carboidratos, proteínas);
- Microrganismos (Bactérias, protozoários, algas, fungos);
- Gases dissolvidos (metano, sulfeto, gás sulfídrico).

As análises mais comuns realizadas na água são as físico-químicas e biológicas (bactérias, algas, protozoários e raramente vírus).

1- Análises de água

1.1 -Parâmetros Físicos:

Sólidos totais: Toda a matéria que permanece como resíduo após evaporação à temperatura de 103 C a 105 C. O material que possui significativa pressão de vapor nesta temperatura é perdido durante a evaporação e não é definido como sólido.

Temperatura: A temperatura das águas residuárias é um parâmetro de grande importância devido a seu efeito na vida aquática podendo causar o decaimento de oxigênio na água devido ao aumento do metabolismo dos seres vivos e florescimento de fungos e plantas aquáticas indesejáveis.

Cor: Provocada por corantes orgânicos e inorgânicos.

Odor: provocado pela decomposição da matéria orgânica e a presença de compostos de enxofre.

Turbidez: Presença de partículas em suspensão que interferem na passagem da luz através da água. É esteticamente desagradável e o material particulado pode impedir a ação de alguns agentes desinfetantes como o Ultra Violeta (UV) e principalmente a reação com o cloro, desinfetante mais utilizado no país.

1.2 - Parâmetros Químicos:

Os principais grupos de substâncias orgânicas encontradas nas águas residuárias são proteínas, carboidratos, gorduras e óleos Além destes podem existir moléculas orgânicas sintéticas tais como surfactantes, fenóis e pesticidas agrícolas que são de difícil biodegradação.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio é o parâmetro mais usual de medição de poluição orgânica e determina a quantidade aproximada de oxigênio que será necessária para oxidar biologicamente a matéria orgânica presente. O período de incubação é usualmente de cinco dias a 20° C. A estabilização biológica das substâncias orgânicas em uma água contendo oxigênio dissolvido realiza-se em duas fases. Na primeira são atacados os compostos carbonáceos e na segunda a amônia.

DQO: É o parâmetro utilizado para medir tanto a matéria orgânica degradável como a não biodegradável (inseticidas, detergentes). Na demanda química de oxigênio a matéria orgânica que pode ser oxidada é medida utilizando-se dicromato de potássio ou qualquer outro oxidante forte. A DQO geralmente é maior do que a DBO em um despejo em virtude da maior facilidade com que grande número de compostos pode ser oxidado por via química.

pH: A concentração hidrogeniônica determina a condição de alcalinidade, neutralidade e acidez e interfere na coagulação química, no controle da corrosão e desinfecção. Em processos de tratamento biológico, físico ou químicos de águas residuárias interfere nas velocidades de tratamento e nas eficiências de consumo de substrato pelos microorganismos.

Metais pesados: tais como cromo, chumbo, zinco, mercúrio não tem função biológica conhecida e são geralmente tóxicos a uma grande variedade de organismos.

OD: Representa a quantidade de oxigênio dissolvido na água. Provém do contato da água com a atmosfera e da produção por organismos fotossintéticos. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias utilizam o OD para respiração causando conseqüentemente sua redução no meio. Caso o oxigênio seja totalmente consumido surgem condições anaeróbias que ocasionam odores desagradáveis. A solubilidade do Oxigênio varia com a temperatura e pressão.

Nitrogênio: Pode ser encontrado sob varias formas e estados de oxidação no meio aquático entre elas: forma molecular (N_2), Amônia (NH_3), Nitrito (NO_2), Nitrato (NO_3) e íon amônio (NH_4). Entre as formas que servem como fontes de nitrogênio para os produtores primários está o nitrato e o íon amônio. Altas concentrações do íon amônio podem ter grandes implicações na dinâmica do oxigênio dissolvido do meio já que para oxidar 1,0 mg do íon amônio são necessários cerca de 4,3 mg de oxigênio

1.3 -Parâmetros Biológicos:

Vírus: Multiplicam-se apenas no interior das células animais e vegetais. São agentes causadores de diversas enfermidades. Possuem de 10 a 300 micrometros e podem atravessar filtros que retém a maioria das bactérias. A maioria relacionada à água é eliminada, pois o meio é agressivo e não próprio para a multiplicação. Segundo d'Aguila (1996) e Ferreira (1999), a probabilidade de presença de vírus em água se dá pela presença do hepatite vírus A, de alguns causadores da meningite e remotamente pelos poliovirus.

Bactérias: são organismos procariotas, unicelulares que se reproduzem por divisão binária simples. Uma fração importante da população de bactérias presente no esgoto sanitário faz parte da micro biota do trato intestinal dos seres humanos. Dentre elas, destaca-se o grupo das bactérias coliformes fecais, recentemente denominadas termotolerantes, selecionadas por suas características, como organismos indicadores de contaminação de águas de modo geral. Normalmente, os organismos indicadores não são causadores de doenças, porém, estão associadas as prováveis presenças de organismos patogênicos de origem fecal na água.

Enterococos: bactérias do grupo dos estreptococos fecais, pertencentes ao gênero *Enterococcus* (previamente considerado estreptococos do grupo D), o qual se caracteriza pela alta tolerância às condições adversas de crescimento, tais como: capacidade de crescer na presença de 6,5% de cloreto de sódio, a pH 9,6 e nas temperaturas de 10° e 45°C. A maioria das espécies de *Enterococcus* é de origem fecal humana, embora possam ser isolados de fezes de animais.

Coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) - bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5$ °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo;

Coliformes termotolerantes - subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas. Tem como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal; bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais caracterizadas pela presença da enzima β -galactosidase e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tenso-ativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas e de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica;

Escherichia coli - bactéria pertencente à família *Enterobacteriaceae*, caracterizada pela presença das enzimas β -galactosidase e β -glicuronidase. Cresce em meio complexo a 44-45°C, fermenta lactose e manitol com produção de ácido e gás e produz indol a partir do aminoácido triptofano. É considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos. Também é abundante em fezes humanas e de animais, tendo, somente, sido encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente.

Protozoários: Organismos unicelulares, eucariotas. O ciclo de vida dos protozoários relacionados ao esgoto é composto de um estágio vegetativo e um estágio inativo que permite ao organismo sobreviver em condições adversas. Os protozoários patogênicos aos seres humanos mais comuns são *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, e mais recentemente atenção vem sendo dada ao *Cryptosporidium*. Os cistos apresentam sobrevivência moderada no meio ambiente, porém são bem mais resistentes que as bactérias e os vírus à ação dos desinfetantes. Por outro lado apresenta tamanho (04 - 60 λ m) e densidades que favorecem sua remoção por sedimentação e filtração.

Helmintos: Organismos eucariotas, pluricelulares. Os helmintos patogênicos aos seres humanos pertencem a dois filos Platelmintos que são vermes de corpo achatado (Classe trematoda e Classe cestoda) e Asquelmintos, vermes de corpo cilíndrico (Classe Nematoda). Apresentam-se sob a forma de ovos ou larvas e são visíveis ao microscópio ótico. Os ovos atingem de 20 a 50 λ m. Os ovos são resistentes no meio ambiente e à ação da maioria dos desinfetantes. Sua remoção é preferencialmente realizada em processos de separação sólido/líquido (filtração e sedimentação), devido ao tamanho e a densidade de ovos e larvas.

2 - O Custo da Água

De acordo com a tarifa cobrada pela concessionária do Rio de Janeiro pode-se avaliar a economia a ser gerada com o reuso de água já que utilizando os valores de consumo da água pode-se obter o custo total (água e esgoto).

A CEDAE, concessionária responsável pelo abastecimento de parte da região metropolitana do Rio de Janeiro, cobra pela água consumida e também pelo esgoto

gerado que corresponde a 100% do consumo de água. Existem faixas de consumo e à medida que aumenta o consumo, estes valores vão sendo corrigidos, como pode-se observar na **TABELA 3**.

Ao reusarmos as águas cinzas provenientes de chuveiros e pias de banheiros, que segundo a literatura correspondem a 34 % do consumo de água residencial, em bacias sanitárias que correspondem a 29 % do consumo domiciliar, a economia na captação do insumo será de 29%.

TABELA 3. Custo da água na região metropolitana do Rio de Janeiro – Fonte: CEDAE fevereiro/2004.

CONSUMO DE AGUA m³	CUSTO DA AGUA E ESGOTO R\$
15	16,52
17	21,36
20	28,63
23	35,90
25	40,75
27	45,59
30	52,86
33	62,77
35	69,38
37	75,99
40	85,90
43	95,81
45	102,42
47	115,63
50	135,46
53	155,28
55	168,50
57	181,71
60	201,53
63	261,00
65	278,62
67	296,24
70	322,67
73	349,10
75	366,72
77	384,35
80	410,78
83	437,21
85	454,83
87	472,45
90	498,88

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Quanto às leis sobre o tema reuso de água, vigentes no Brasil, pode-se destacar a lei 6938/81 que institui a política nacional do meio ambiente que menciona o incentivo ao estudo e pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais. A lei 9433/97 – Política Nacional de Recursos Hídricos – fixa os fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos capazes de indicar a orientação pública no processo de gerenciamento dos recursos hídricos e estabelece entre os princípios de ações governamentais o incentivo ao estudo e pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais bem como a racionalização do uso da água, instituindo a cobrança pelo uso da mesma (outorga).

A Agenda 21, capítulo 21, dedicou importância especial ao reuso de água, recomendando a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes. Segundo Hespanhol (2002) embora não haja menção ao tema ‘reuso’, na política nacional de recursos hídricos, existe uma vontade política direcionada para esta questão. Segundo a Conferencia Interparlamentar sobre o desenvolvimento do Meio Ambiente, realizada em Brasília em Dezembro de 1992, no parágrafo 64/B, recomenda esforços a nível nacional para institucionalizar a reciclagem e reuso sempre que possível, promovendo o tratamento e a disposição de esgotos de modo a não poluir o meio ambiente.

O reuso de água pode ser classificado em reuso indireto ou direto. O reuso direto é aquele onde ocorre a conexão direta dos efluentes de uma estação de tratamento de esgotos a uma estação de tratamento de água e em seguida ao sistema de distribuição. O reuso indireto é a diluição do esgoto após tratamento em um corpo hídrico no qual após algum tempo de detenção é efetuada a captação seguida de tratamento adequado e posterior distribuição.

Lavrador Filho (1987) sugere a seguinte terminologia para diversas formas de reuso.

- **Reuso indireto não planejado da água:** É aquele em que a água utilizada em alguma atividade humana é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada à jusante em sua forma diluída de maneira não intencional e não controlada
- **Reuso indireto planejado da água:** Ocorre quando os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada para serem reutilizados a jusante.
- **Reuso direto planejado da água:** Ocorre quando os efluentes após convenientemente tratados são encaminhados diretamente do seu ponto de descarga até o local do reuso, sofrendo em seu percurso os tratamentos necessários, mas não sendo descarregados no meio.
- **Reciclagem de água:** É o reuso interno da água antes da sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original. É um caso particular de reuso direto.

Segundo Westerhoff (1984) o reuso de água é classificado em duas categorias: Reuso potável e Reuso não potável e essa classificação foi adotada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental de São Paulo e divulgada nos Cadernos de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Sendo considerado um bem econômico, porque é finita e essencial para conservação da vida e do meio ambiente, conseqüentemente sua escassez impede o desenvolvimento de diversas regiões na medida em que, além da necessidade humana a água é essencial no processo produtivo de diversas empresas.

Reuso potável:

- Direto
- Indireto

Reuso não potável:

- Para fins agrícolas
- Para fins industriais
- Para fins recreacionais
- Para fins domésticos
- Para manutenção de vazões de cursos d'água
- Para aquacultura
- Recarga de aquíferos subterrâneos

Pode-se destacar alternativas que vem sendo propostas para racionalização do consumo de água domiciliar. São elas:

- Identificação e eliminação de vazamentos e perdas;
- Instalação de equipamentos hidráulicos sanitários de baixo consumo e alta eficiência;
- Reuso de águas cinzas;
- Aperfeiçoamento dos procedimentos de medição e cobrança.

Os processos e tratamentos para fins potáveis são complexos e de custo elevado. Desta forma, o reuso para fins não potáveis deve ser sempre avaliado preferencialmente.

Aparentemente, o principal problema decorrente da ação de reutilização de águas cinzas com objetivos de economizar água seria o aumento do custo decorrente da instalação e manutenção de sistemas duplos de distribuição. O principal destino destas águas deve ser a utilização sanitária e o uso agrícola (Hespanhol & Mierzwa, 2000).

A 'Environment Building News', revista 'on-line' especializada no assunto traz uma lista de prioridades para uma construção verde ou sustentável. Entre estas prioridades está a economia de água para a qual propõe a construção de edificações com instalação de tubulações e equipamentos de baixo consumo. Propõe também a separação da água de pias e chuveiros e sua utilização para irrigação de áreas verdes.

Dixon *et al.* (1999) apresentam estudos sobre a conservação de água na habitação com análise da reutilização das águas cinzas que tem sido apontada como alternativa de médio prazo para racionalização do uso da água, considerando o impacto de redução de consumo que pode advir de sua implantação. Acrescentam ser justificável a ampliação de pesquisas nesta área.

O Programa Estadual de Uso Racional da Água (PURA), efetivado pelo Governo do Estado de São Paulo, através do decreto 45.805 de 15 de Maio de 2001, além de incentivar o uso racional e eficiente dos recursos hídricos promove a busca por alternativas tecnológicas e implementação de programas de aproveitamento de água em regiões críticas.

Silva *et al.* (Universidade de São Carlos, 2000) propuseram um sistema para separação de esgotos em edificações residenciais cujo objetivo era apresentar uma alternativa de instalações sanitárias que possibilitassem a separação de águas cinzas das negras visando a reutilização das primeiras na própria edificação. A partir dos dados obtidos recomendaram a realização de um estudo da qualidade da água e quanto tempo elas poderiam ficar armazenadas sem causar danos a saúde do usuário.

Ward (1996) argumenta que os problemas estéticos têm que ser levados em consideração para se determinar o sucesso de um sistema de reuso. Os indicadores primários neste sentido devem ser oxigênio dissolvido (OD) e sólidos em suspensão (SS). O tanque de estocagem deve ser bem planejado no sentido de facilitar a sedimentação dos sólidos e evitar o longo período de retenção destes de forma a evitar odores desagradáveis.

Jefferson *et al.* (1999) cita que as águas cinzas são fruto de operações domésticas e são constituídas de efluentes provenientes de pias, chuveiros, máquinas de lavar e pias de cozinha. Variam na sua composição de acordo com os produtos que são empregados no domicílio. Foi evidenciada uma relação DQO/DBO de 4:1, sendo esta relação maior do que no esgoto doméstico. O armazenamento de água cinza também deve ser considerado para que haja um balanceamento entre oferta e demanda uma vez que estas águas não são utilizadas ao mesmo tempo em que são geradas. Este tempo de retenção afeta a qualidade do produto. Sendo assim os tanques de armazenamento devem ser

projetados de forma a um armazenamento ideal. O aumento da capacidade de estocagem pode ocasionar problemas decorrentes da não utilização total da água e conseqüente degradação. Menciona, ainda, que de acordo com as características das águas cinzas, é necessário que haja um tratamento adequado para evitar contaminação do usuário e que os processos de filtração e desinfecção empregados removem coliforme do efluente que permanece ainda com alta turbidez e poluição orgânica. Aborda estudos com filtragem profunda com areia ou membranas e, finalmente, são propostos dois tipos de tratamento eficientes. O filtro biológico e o bioreator de membrana, dependendo da eficiência que se deseja alcançar. Os resultados apontaram para uma maior eficiência tanto na remoção de poluentes físicos (SS e turbidez) como para coliforme total 100% de eficiência pelo bioreator com membrana. Mesmo assim, acrescenta que uma posterior desinfecção se faz necessária. Alerta que o desafio para implantação de sistemas de reuso está no desenvolvimento de estratégias tecnológicas simplificadas que satisfaçam as exigências.

A EPA Victória (2001) em seu boletim indica opções para reuso de águas servidas domiciliares. Separa as águas servidas geradas em águas cinzas (águas servidas provenientes de pias, chuveiros, máquinas de lavar) e águas negras as quais contém o esgoto sanitário proveniente de vasos sanitários, bidês e urinol e os impactos associados às águas cinzas são devidos aos poluentes que elas contém.

Segundo as Normas para sistemas de tratamento das águas cinzas domésticas (2000) do 'NSW HEALTH department', Austrália, as águas cinzas provenientes do banheiro são consideradas as menos contaminadas. Microbiologicamente, as concentrações de C. termotolerantes estão em torno de 10^4 a 10^6 UFC/100ml. As águas provenientes da pia são mais poluídas que as demais. Os sabões são os contaminantes mais comuns. Outros a serem considerados são xampus, pastas de dente produtos químicos. Estes contaminantes podem afetar o solo quando dispostos inadequadamente e são difíceis de serem removidos das águas cinzas.

A **TABELA 4** demonstra que o tipo de utilização que será dado às águas cinzas deverá estar de acordo com o tratamento empregado.

TABELA 4. Tipo de aplicação decorrente do tratamento empregado para reuso

TRATAMENTO	APLICAÇÃO
Filtração grosseira (sem água de cozinha)	-Irrigação sub solo
Tratamento e desinfecção (padrão 20 mg/l DBO5,30 mg/l SS, CT30 UFC /100ml)	-Irrigação sub solo -Irrigação superfície
Tratamento e desinfecção (padrão acima sendo 10 UFC CT/100ml)	-Irrigação sub solo -Irrigação superfície -Descargas sanitárias -Uso em lavanderia

Fonte: <http://www.health.nsw.gov.au/public-health/ehb/general/wastewater/wastewater.html>

A **TABELA 5** apresenta os principais poluentes encontrados nas águas cinzas.

TABELA 5. Principais poluentes encontrados nas águas cinzas

FONTE	POLUENTES TÍPICOS	RISCOS ASSOCIADOS
Banheiros	Contaminação fecal e urina Produtos químicos provenientes de sabões utilizados. Cabelo, células, óleo Produtos farmacêuticos Água quente	Bactérias e vírus que causam doenças podem sobreviver por longo período de tempo no meio ambiente. Urina é geralmente estéril a não ser em caso de infecções urinárias. Amônia pode ser benéfica para algumas plantas
Maquinas de lavar	Detergentes Desinfetantes Contaminação fecal	Detergentes são prejudiciais a plantas e solo melhor utilizar com baixos níveis de salinidade e alcalinidade e que não aumentem o pH; Desinfetantes que eliminam microorganismos podem acabar com a microflora do solo; Água quente pode matar os microorganismos do solo que são fundamentais para a vida das plantas.
Cozinha	Partículas de alimentos Óleos e graxas Detergentes	As águas da cozinha não devem ser utilizadas no reuso porque detém alta concentração de contaminantes; Gorduras não são digeridas rapidamente pelos microorganismos do solo e repelem a água.

Fonte: EPA Victoria (www.epa.vic.gov)

Existem duas vertentes diferenciadas quanto a propostas de utilização das águas cinzas. A primeira sustenta que as águas cinzas devam estar de acordo com a aplicação que se deseja dar a ela. Desta forma, o padrão para utilização é similar aquele estabelecido para a água de banho, já que o risco para o usuário é o mesmo.

A outra sustenta que as águas cinzas devam ser tratadas como um efluente industrial ou municipal. As duas linhas de pensamento se manifestam ao nível de coliforme aceitável. Pela linha mais conservativa, não deve ser detectada a presença já no outro é de cerca de 1000 UFC/100ml (Jefferson, 2000).

Dixon & Butler (1999) investigaram o processo de estocagem de águas cinzas não tratadas e as análises confirmaram os seguintes processos físicos e biológicos em operação: sedimentação dos sólidos em suspensão, crescimento de bactérias aeróbicas, liberação de gases a partir de matéria orgânica sedimentada e aeração atmosférica. Observaram que a estocagem por 24h pode melhorar a qualidade da água devido a rápida sedimentação de parâmetros orgânicos. Entretanto, a estocagem por cerca de 48 h leva ao decaimento de Oxigênio Dissolvido e conseqüentemente a problemas estéticos.

March *et al.* (2002) reiteram que as águas cinzas não estão livres de Coliformes fecais (CF) e outras bactérias e desta forma se constituem em risco a saúde pública dependendo do seu uso que pode dar origem a aerossóis ou respingos. Desta forma, estas águas devem ser desinfetadas para então serem utilizadas. Concluíram que as amostras para determinação do Cloro são instáveis; que após 24 h de estocagem no escuro a 4° C a concentração de cloro tende a diminuir; A estocagem de água não desinfetada por mais de 24 h pode causar problemas de odor; As águas estocadas no claro perdem cerca de 4% de Cl por dia enquanto que no escuro ficam estáveis por até duas semanas; o máximo de estabilidade para o Cl foi obtido no escuro a 4° C e mesmo assim houve perda significativa após 2h de estocagem. Apesar do cloro ser indiscutivelmente uma alternativa eficiente e de baixo custo, é recomendado que a matéria orgânica existente na água seja reduzida como forma de se evitar a formação de subprodutos clorados. Quanto maior a carga orgânica no efluente a ser clorado, maior será a formação de subprodutos (trihalometanos) cuja ação danosa aos seres vivos ainda é motivo de vários estudos (Kim *et al.*, 2002).

A eficiência do processo de desinfecção é medida pela análise de C. termotolerantes como indicador de contaminação por microorganismos. Alguns organismos patogênicos (ex. *Cryptosporidium*) são resistentes a desinfecção e além deste fato, a ação desinfetante do cloro é variável contra diferentes tipos de microorganismos. Desta forma, o reuso de águas cinzas tem de ser realizado com cuidado.

A desinfecção não será efetiva se anteriormente não for feito um tratamento para baixar a DBO e os sólidos em suspensão, para produção de um efluente clarificado e com baixa matéria orgânica (Greywater reuse in sewerred Single Domestic Premises – abril 2000).

A **TABELA 6** abaixo demonstra os padrões para água reciclada em locais onde as águas cinzas são aproveitadas ou padrões sugeridos como apropriados para utilização destas.

TABELA 6. Padrões para água reciclada em locais onde as águas cinzas são aproveitadas ou padrões sugeridos como apropriados para utilização destas

Legislação	Coliforme total/100ml	Coliforme fecal/100ml	DBO₅ mg/l	Turbidez (UT)	Cl res. (mg/l)	pH
USA, NSF	-	<240	45	90	-	-
USA, EPA	ND	-	10	2	1	6-9
Austrália	<1	<4	20	2	-	-
UK	ND	-	-	-	-	-
Japão	<10	<10	10	5	-	6-9
WHO	200	-	-	-	-	-
Alemanha	100	10	20	1-2	-	6-9
Padrão para água de banho*	500	100	-	-	-	6-9

Fonte: Jefferson *et al.* (2000). Adaptado de Surendram & Wheatley (1998)

*Padrão para água de banho sugerida como própria para reciclagem doméstica pelos autores (Jefferson *et al.*, 2000).

A Associação Brasileira De Norma Técnicas (ABNT), na NBR 13969:1997, propõe alternativas para tratamento e disposição dos efluentes dos tanques sépticos, incluindo alternativas para possibilitar a adequação da qualidade do efluente para as situações diversas incluindo o reuso. Classifica os efluentes em 4 classes e determina padrões para reuso, conforme **TABELA 7**.

TABELA 7 Classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos conforme reuso.

	Destinação	Parâmetros contemplados	Tratamento indicado	Observações
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água	CF<200NMP/100ml -Sólidos dissolvidos totais <200mg/l -H de 6-8 -Cl 0,5-1,5mg/l -turbidez<5	Tratamento aeróbio + filtração convencional com areia e carvão ativado + cloração	Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante
Classe 2	Lavagem de pi-sos calçadas e irrigação de jardins, manutenção de canais e lagos para fins paisagísticos.	-CF,500NMP/100ml -Turbidez<5 -Cl>0,5mg/l	Tratamento aeróbio + filtro de areia e desinfecção	Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante
Classe 3	Descargas dos vasos sanitários	-Turbidez<10 -CF<500NMP/100ml	Tratamento aeróbio + Cloração	As águas provenientes de máquinas de lavar satisfazem a este padrão
Classe 4	Reuso nos pomares, pastagens para gado	CF<5.000NMP/100ml OD>2,0mg/l	Escoamento superficial	As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita

Fonte: ABNT NBR 13969/97

Segundo a RESOLUÇÃO CONAMA N° 20, de 18 de junho de 1986, publicada no D.O.U. de 30/07/86 foi estabelecida a classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Na Classe 2 estão incluídas as águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho); à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Para as águas de Classe 2, são estabelecidos os mesmos limites ou condições da Classe 1, à exceção dos seguintes:

- a) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencional.
- b) Coliformes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. Para os demais usos, não deverá ser excedido uma limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;
- c) Cor: até 75 mg Pt/l;
- d) Turbidez: até 100 UNT;
- e) DBO₅ dias a 20°C até 5 mg/l O₂;
- f) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l O₂.

No art. 26 (Balneabilidade) - As águas doces, salobras e salinas destinadas a balneabilidade (recreação de contato primário) serão enquadradas e terão sua condição avaliada nas categorias EXCELENTE, MUITO BOA, SATISFATÓRIA e IMPRÓPRIA, da seguinte forma:

- a) EXCELENTE (3 estrelas): Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais por 100 mililitros ou 1.250 coliformes totais por 100 mililitros;
- b) MUITO BOA (2 estrelas): Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais por 100 mililitros ou 2.500 coliformes totais por 100 mililitros;
- c) SATISFATÓRIA (1 estrela): Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no

máximo 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros ou 5.000 coliformes totais por 100 mililitros;

d) IMPRÓPRIA: Não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias.

Os mais recentes padrões microbiológicos para águas destinadas à recreação de contato primário estão definidos na resolução CONAMA 274/2000, como demonstrado na **TABELA 8**, que já inclui *Enterococos*, *E.coli*.

Segundo Jordão e Pessoa (2003) o desenvolvimento dos padrões para banho ou para águas de recreação de contato primário tem evoluído com lógica. Primeiro foram adotados parâmetros relativos a melhor tecnologia de controle disponível, que entretanto não representavam o risco de contrair enfermidades devido a presença de poluentes. Foi o caso dos Coliformes totais. Depois, considerou-se a relação entre o risco possível ou detectável e presença de poluentes. Neste caso os Coliformes fecais eram mais representativos. Uma terceira etapa foi a identificação de risco aceitável para o qual deveria existir uma quantidade de dados epidemiológicos correspondendo a medições de qualidade do corpo d'água. Os estudos indicaram que Enterococos eram os mais representativos, seguidos por *E.coli* e por último coliformes totais. (Desinfecção de efluentes sanitários). Sendo assim, os Enterococos atualmente representam o melhor indicador entre os analisados sem que se deva considerar erro o controle por outros organismos.

TABELA 8. Padrões microbiológicos para águas destinadas à recreação de contato primário- CONAMA 274/2000

Balneabilidade- categoria	Qualidade	Padrões para o corpo d'água
Própria	Excelente	Máximo de 250 CF/100ml ou 200EC/100ml ou 25 Enterococos/100ml em 80% ou mais das amostras das cinco semanas anteriores.
Própria	Muito boa	Máximo de 500 CF/100ml ou 400EC/100ml ou 50 Enterococos/100ml em 80% ou mais das amostras das cinco semanas anteriores.
Própria	Satisfatória	Máximo de 1000 CF/100ml ou 800EC/100ml ou 100 Enterococos/100ml em 80% ou mais das amostras das cinco semanas anteriores
Imprópria	<p>Não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias.</p> <p>Incidência elevada ou anormal de enfermidades transmissíveis por via hídrica; Valor obtido na última amostragem for superior a 2500CF/100ml ou 2000 EC/100ml ou 400 enterococos/100ml; Presença de resíduos ou despejos; pH<6ou >9; Floração de algas; outros fatores que contra -indiquem o contato primário</p>	

Eriksson *et al.* (2001) afirmam que tem havido um interesse crescente no reuso das águas cinzas em muitas partes do mundo incluindo países desenvolvidos e em desenvolvimento. O uso das águas cinzas para descargas sanitárias é uma possibilidade já que em vários locais utiliza-se água potável para este fim. A explicação para este fato é que estas seriam menos poluídas que o esgoto sanitário municipal que contem águas negras. A caracterização destas é de grande importância ao se avaliar a possibilidade de reuso incluindo a necessidade de pré - tratamento. As possibilidades para reuso de águas cinzas são: A lavagem de veículos, produção de concreto, irrigação. Neste trabalho, faz-se uma ampla caracterização de todos os componentes químicos encontrados nas águas cinzas levando-se em conta um levantamento dos produtos utilizados nos domicílios. E finalmente conclui que os XOCs (compostos orgânicos xenobióticos) devem ser levados em consideração ao se pretender um tratamento para direcionar a água cinza para o solo e que parâmetros microbiológicos devem ser levados em consideração ao se pretender o reuso em descargas sanitárias.

CAPÍTULO III

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

- Contribuir para o conhecimento das águas cinzas e a sua possibilidade de reuso em tempos de economia do insumo ou escassez.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar as águas cinzas quanto aos parâmetros físico-químicos e biológicos visando favorecer o seu reuso como alternativa de fonte hídrica em tempos de economia do insumo ou de escassez
- Demonstrar a possibilidade de reuso de águas cinzas provenientes de chuveiros e pias de banheiros nas bacias sanitárias de condomínios residenciais e em residências uni - familiares;
- Calcular a economia gerada ao se deixar de captar 29% de água da concessionária pública (CEDAE) do Rio de Janeiro;
- Indicar processo de tratamento simplificado para melhoria da qualidade da água para reuso que não implique em manutenção sofisticada e onerosa;
- Fornecer subsídios para implementação de uma legislação para reuso de água no Brasil;
- Demonstrar às instituições ambientais brasileiras e principalmente do Estado do Rio de Janeiro, a viabilidade do reuso das águas cinzas e a importância de aprovação de projetos que o priorizem levando em consideração um tratamento adequado.

CAPÍTULO IV

METODOLOGIA

Embora a utilização das águas cinzas como alternativa em tempos de escassez de água esteja sendo proposta cabe ressaltar que estas águas devido a suas origens são de difícil caracterização devido à diversidade de produtos químicos utilizados e ao fato delas poderem estar ou não contaminadas por patógenos. Desta forma, foi elaborada a caracterização das águas cinzas de modo a viabilizar sua utilização de forma segura.

O local escolhido foi uma creche situada no município de Belford Roxo, Rio de Janeiro que atendia a aproximadamente 100 indivíduos (20 adultos e 80 crianças) de baixa renda e onde foi implantado pelo Instituto Ambiental (ONG que visa desenvolver técnicas alternativas e biológicas de tratamento de esgotos residenciais com reciclagem de nutrientes de biomassa através de biodigestores, filtros naturais com plantas aquáticas, tanques de oxidação etc...) um biodigestor para produção de biogás. Desta forma, o efluente sanitário era segregado dos demais efluentes, direcionado para o biodigestor, como observado na foto 1, para utilização do mesmo como matéria prima tipo bio-sólido.



FOTO 1 biodigestor e filtro anaeróbio

Os demais efluentes se conectavam a uma caixa de passagem como observado na foto 2



FOTO 2 – Tubos separados para cada tipo de efluente direcionados a caixa de passagem.

Após a caixa de passagem os efluentes eram direcionados a filtro de brita como demonstrado na foto 3.



FOTO 3 – Filtro biológico anaeróbico de três câmaras

Após passagem por tratamento biológico os efluentes eram direcionados a um tanque para criação de peixes. Foto 4



FOTO 4 Tanque para criação de peixes

Imediatamente antes da caixa de passagem, foi implantada uma caixa coletora como pode ser observado na Foto 5, onde seriam colhidas as amostras antes dos efluentes alcançarem o filtro, de modo que as águas cinzas eram coletadas antes do tratamento pré-existente.



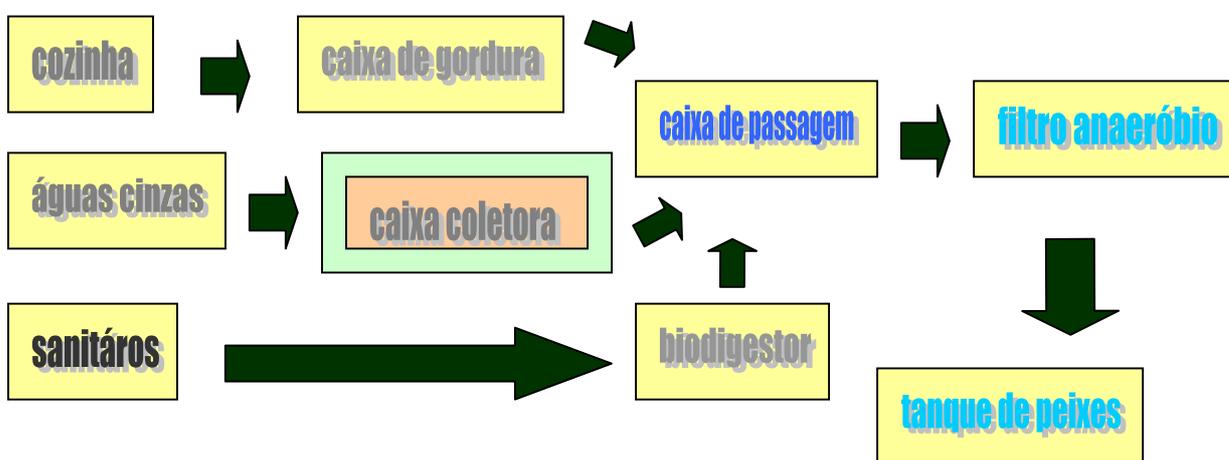
FOTO 5 caixa para coleta da água cinza proveniente de chuveiros e pias de banheiros.

De acordo com o exposto, só foram utilizadas nesta pesquisa as águas cinzas provenientes de banheiros por serem menos contaminadas e de mais fácil tratamento. As águas da cozinha foram separadas das águas provenientes dos chuveiros e pias do banheiro de modo que apenas estas últimas serviram para a análise.

A creche utiliza água de poço e água proveniente da Concessionária Estadual de Água e Esgoto do Rio de Janeiro (CEDAE), sendo esta última, clorada. O total de água utilizada é de 6000 litros de água/ dia. O horário de funcionamento era de 7:00h às 17:00 e a higiene bucal e os banhos eram realizados a partir de 16:00h.

Como demonstrado na **FIGURA 3**, a água após o banho era armazenada a partir das 16:00 h em uma caixa coletora com capacidade para 5 litros. A tubulação era então desconectada de forma a evitar possíveis contribuições de outras fontes que não as provenientes de chuveiros e pias ficando as águas cinzas armazenadas até o dia seguinte quando se procedia a coleta.

FIGURA 3. Esquema do direcionamento de efluentes gerados



Para a realização da pesquisa foram feitas 10 amostragens em um período de seis meses (Maio a Outubro de 2003). Os parâmetros contemplados foram:

Parâmetros físico-químicos:

DQO – Demanda Química de Oxigênio

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

P t – Fósforo total

Mbas – methylene blue active substances (Detergente)

Nitrogênio Kjeldahl – Nitrogênio orgânico e Amônia

Nitrogênio amoniacal

Nitrito

OD – Oxigênio Dissolvido

OG – Óleos e Graxas

pH – Potencial de Hidrogênio

SS – Sólidos em Suspensão

Turbidez

As amostras foram analisadas no laboratório da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA).

Para análise de OD, foi utilizado frasco de vidro com capacidade para 300ml. O método utilizado para determinação de OD, foi o de Winkler modificado por Alsterberg, onde no local e no momento da coleta se procedeu a fixação por adição de 2ml de solução de sulfato manganoso e 2 ml de solução de iodeto alcalino azida. Após fixação a amostra foi encaminhada ao laboratório.

A medição de pH foi realizada no local por intermédio de fita **Universalindikator pH 0-14**, original da Alemanha, uma vez que se concluiu que seria este o melhor resultado retirado no local e confirmado em laboratório por medidor de pH de bancada. Da mesma forma utilizou-se de fita teste **hth**, para medição de cloro livre. Ambos os métodos foram bastante significativo sob o ponto de vista da caracterização das águas cinzas.

Para as demais análises físico-químicas utilizou-se frasco com capacidade para 5 litros.

Os dados relativos ao pH e Cl livre foram obtidos ‘in loco’. As demais análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de físico-química da FEEMA.

Análises Bacteriológicas:

CT – Coliforme total

CF – Coliforme fecal

Pseudomonas aeruginosa

Salmonella spp.

Estreptococos

E. coli

Análises Parasitológicas:

Protozoários

Helmintos

As análises parasitológicas foram realizadas no Laboratório de parasitologia da FEEMA. Duas amostras para análises bacteriológicas foram encaminhadas ao laboratório de microbiologia da FEEMA para constatar a presença de *Estreptococos* e *E. coli* pela técnica de tubos múltiplos, sendo o resultado expresso em NMP.

As análises bacteriológicas realizadas no Laboratório de Microbiologia Ambiental (Dssa/Ensp/Fiocruz) foram feitas com a técnica de membranas filtrantes sendo o resultado expresso em Unidades Formadoras de Colônias (UFC).

Os métodos de análise dos parâmetros seguiram as normas estabelecidas pelo ‘Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater’ (APHA, 1998), Manual do Meio Ambiente da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) e Centro Tecnológico de Saneamento Básico (CETESB).

Para a fundamentação metodológica desta dissertação utilizou-se como parâmetro operacional visitas técnicas realizadas entre maio e junho de 2003 em dois empreendimentos onde as águas cinzas provenientes de chuveiros e pias de banheiros são segregadas para reuso em descarga sanitária com possibilidade de outros desdobramentos (jardinagem, irrigação, diminuição do teor poluente de esgoto para lançamento em corpo receptor).

O primeiro empreendimento era uma residência unifamiliar habitada por 5 indivíduos onde havia a utilização de águas cinzas em bacias sanitárias, porém, apresentavam odor desagradável.

O segundo empreendimento era um condomínio popular de classe baixa no município de São Gonçalo (Rio de Janeiro), ainda em fase de instalação, foto 6, onde o Instituto Ambiental também implantou um biodigestor para produção de bio gás de forma que as águas cinzas provenientes de tanque de lavar roupas, chuveiros, pias de banheiro e cozinha eram encaminhadas a filtro biológico anaeróbio, foto7 e, posteriormente, a um córrego.



FOTO 6 Condomínio popular de baixa renda .

A indicação do tipo de tratamento adequado para as águas cinzas levou em consideração a bibliografia consultada, O baixo custo das instalações e a pouca necessidade de manutenção.



FOTO 7 Filtro biológico para tratamento das águas cinzas e biodigestor para produção de bio-gás.

Paralelamente, com o intuito de se demonstrar a viabilidade financeira do reuso de águas cinzas, foi calculado o custo da água fornecida pela CEDAE por metro cúbico, o custo da água e esgoto, a quantidade de água a ser captada por empreendimentos que utilizem as águas cinzas provenientes de chuveiros e pias de banheiros em bacias sanitárias e o custo da água e esgoto captadas da concessionária (CEDAE) após o reuso destas águas cinzas. Em função destes valores foi demonstrada a economia a ser realizada com o reuso das águas cinzas em reais e em percentual.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Cada tipo de água cinza gerado em uma residência tem características distintas, entretanto, não nos interessava a caracterização individualizada de cada tipo e sim o efluente constituído basicamente pelas águas de chuveiros e pias de banheiros. Sabendo que as águas cinzas provenientes de pias de cozinha possuem alto teor de gordura e carga orgânica, foram excluídas das análises, pois certamente dificultariam o tratamento final do efluente. As águas provenientes de tanque de lavar roupa também foram excluídas porque, segundo a bibliografia, também apresentam alta concentração de produtos químicos, turbidez e Sólidos em suspensão.

Segundo dados da literatura (Greywater reuse in sewerred single domestic premises, *in Domestic greywater treatment systems accreditation Guideline*, 2000) as águas cinzas provenientes dos banheiros são consideradas as menos contaminadas. Desta forma, os resultados apresentados a seguir dizem respeito somente às águas cinzas provenientes de chuveiros e pias de lavatórios do local selecionado para estudo e base de dados de caracterização.

Os procedimentos adotados para fins de coleta e análise de amostras foram as descritas no Capítulo IV (Metodologia). Portanto, a partir do armazenamento de águas cinzas dos chuveiros e pias dos banheiros na caixa de coleta, por um período de, aproximadamente, 20 h de forma a se estabelecer a equalização era então efetuada a coleta. Conforme a literatura, as águas cinzas devem ter um tempo de residência não maior que 48 horas.

A **TABELA 9** apresenta os resultados das análises físico-químicas, a **TABELA 10** os resultados das análises microbiológicas (Técnica de Filtração por Membranas), **TABELA 11** os resultados das análises microbiológicas (Técnica de Tubos Múltiplos) e **TABELA 12** os resultados das análises parasitológicas.

TABELA 11. Resultados das análises microbiológicas (Técnica: Tubos Múltiplos)

	01/10	26/11
Coliforme total (NMP/100ml)	$>1,6 \times 10^6$	$>1,6 \times 10^8$
Coliforme termotolerante (NMP/100ml)	$1,6 \times 10^6$	5×10^4
<i>E. coli</i> (NMP/100ml)	$1,6 \times 10^6$	5×10^4
<i>Streptococos</i> (NMP/100ml)	$1,7 \times 10^3$	$2,3 \times 10$

TABELA 12. Resultados das análises parasitológicas

Organismos	5/8	12/8
<i>Ancylostoma sp.</i>	Ovos e larvas	Ovos e larvas
Nematódeo de vida livre	Larvas	Larvas

Os dados correspondentes à economia de água que pode ser obtida com o sistema de reuso das águas cinzas estimando-se de acordo com dados da USP (Universidade do Estado de São Paulo) o equivalente a 29% de redução na captação são apresentados na **TABELA 13.**

TABELA 13. Custo da água na região metropolitana do Rio de Janeiro e economia que pode ser feita ao se utilizar o sistema de reuso de águas cinzas

CONSUMO DE AGUA m ³	CUSTO DA AGUA E ESGOTO R\$	CONSUMO DE AGUA COM REUSO	CUSTO DA AGUA E ESGOTO COM REUSO	ECONOMIA MENSAL R\$	ECONOMIA MENSAL %
10	16,52	7,1	16,52	0,00	0%
13	16,52	9,23	16,52	0,00	0%
15	16,52	10,65	16,52	0,00	0%
17	21,36	12,07	16,52	4,84	23%
20	28,63	14,20	16,52	12,11	42%
23	35,90	16,33	19,74	16,16	45%
25	40,75	17,75	23,18	17,57	43%
27	45,59	19,17	26,62	18,97	42%
30	52,86	21,30	31,78	21,08	40%
33	62,77	23,43	36,94	25,83	41%
35	69,38	24,85	40,38	29,00	42%
37	75,99	26,27	43,82	32,16	42%
40	85,90	28,40	48,98	36,91	43%
43	95,81	30,53	54,61	41,20	43%
45	102,42	31,95	59,30	43,11	42%
47	115,63	33,37	64,00	51,64	45%
50	135,46	35,50	71,03	64,42	48%
53	155,28	37,63	78,07	77,21	50%
55	168,50	39,05	82,76	85,73	51%
57	181,71	40,47	87,45	94,26	52%
60	201,53	42,60	94,49	107,04	53%
63	261,00	44,73	101,53	159,48	61%
65	278,62	46,15	110,02	168,61	61%
67	296,24	47,57	119,40	176,84	60%
70	322,67	49,70	133,47	189,20	59%
73	349,10	51,83	147,55	201,56	58%
75	366,72	53,25	156,93	209,79	57%
77	384,35	54,67	166,31	218,03	57%
80	410,78	56,80	180,39	230,39	56%
83	437,21	58,93	194,46	242,74	56%
85	454,83	60,35	237,66	217,17	48%
87	472,45	61,77	250,17	222,28	47%
90	498,88	63,90	268,93	229,95	46%

CAPÍTULO VI

DISCUSSÃO

Levando-se em consideração os dados bibliográficos, observamos que os resultados obtidos nesta Dissertação encontram-se dentro dos padrões esperados para ‘águas cinzas’ (TABELA 14 e TABELA 15).

TABELA 14. Comparação entre resultados bibliográficos para águas cinzas provenientes de banheiros e resultados obtidos neste trabalho.

<i>Parâmetros Físico- químicos</i>	<i>Resultados obtidos</i>	<i>Dados bibliográficos</i>
DQO mg/l	200-360	100-433
DBO mg/l	25-230	76-200
Ptotal mg/l	0,35-3,35	0,11-2
MBAS mg/l	0,9-23	-
N Kj mg/l	2-10	4,6-20
N am mg/l	0,03-2,1	0,11-15
Nitrito mg/l	0,001-0,02	-
OD mg/l	0,1-4,4	-
OG mg/l	7-80	37-78
pH	4,7-7,5	6,4-8,1
SS mg/l	90-160	40-120
Turbidez UT	55-100	15,3-240

QUADRO 15. Comparação entre os resultados microbiológicos obtidos e os dados da bibliografia para as águas cinzas provenientes de banheiros

Parâmetros Bacteriológicos	Resultados obtidos	Dados bibliográficos
CT UFC/100ml	$10^4 - 10^7$	$10^3 - 10^7$
CF UFC/100ml	$10^2 - 10^6$	$10^1 - 10^3$
<i>Pseudomonas</i> UFC/100ml	$10^4 - 10^7$	-
<i>Salmonella</i> UFC/100ml	$0 - 10^2$	-
<i>Estreptococos</i> NMP/100ml	$10 - 10^3$	10^4
Coliforme termotolerante UFC/100ml	$10^4 - 10^6$	$10^4 - 10^6$

A seguir é apresentada a comparação entre os resultados obtidos nas análises das águas cinzas e o admitido pela literatura para o esgoto sanitário (**TABELA 16** e **TABELA 17**).

TABELA 16. Comparação entre os parâmetros físico-químicos analisados nas águas cinzas estudadas e o estabelecido pela literatura para esgoto sanitário

Parâmetros	Esgoto bruto *	Águas Cinzas
ST mg/l	700-1350	-
SS mg/l	200-450	90-160
DBO mg/l	200-500	25-230
DQO mg/l	400-800	200-360
N tot mg/l	35-70	-
Norg mg/l	15-30	-
Amônia mg/l	20-40	0,03-2,1
Nitrito	0	-
Nitrato	0	-
P mg/l	5-25	0,35-3,35
pH	6,6-7,5	4,7-7,5
OG mg/l	55-170	7-80

*Fonte von Sperling (1995) modificado por Rapoport,B.

TABELA 17. Comparação entre quantidades de microrganismos no esgoto sanitário e nas águas cinzas analisadas.

	Esgoto bruto*	Águas cinzas
CT/100 ml	$10^6 - 10^9$	$10^4 - 10^7$
CF/100ml	$10^5 - 10^8$	$10^2 - 10^6$
Estreptococos fecais/100ml	$10^5 - 10^6$	$10^1 - 10^3$
<i>Escherichia coli</i> /100ml	$10^6 - 10^8$	$10^4 - 10^6$

Fonte * Descontaminação de efluentes sanitários modificado por Rapoport,B.

Vírus, bactérias, protozoários e helmintos podem ser introduzidos nas águas cinzas durante a lavagem de mãos após uso de sanitário, lavagem de bebês e pequenas crianças, troca de fraldas. A *Escherichia coli* é usualmente utilizada como indicador de contaminação fecal e tem-se apontado o *Streptococos* como indicador eficiente de contaminação por vírus. *Salmonella* sp. também é um bom indicadore de fontes infecciosas (Desinfecção de efluentes sanitários).

Se as águas cinzas forem reusadas para infiltração ou irrigação, protozoários e helmintos não são considerados problemáticos em relação à contaminação do lençol freático. Devido ao seu tamanho, conseguem ser removidos enquanto a água percola por gravidade. O mesmo pode ser dito para estes organismos ao serem submetidos a sistema de filtração para reuso em sanitários.

Organismos que são relativamente resistentes a desinfecção podem permanecer por longo período de tempo no sistema, tais como *Giardia* e *Cryptosporidium*, se não forem retirados com eficiência em processo de sedimentação e filtração.

Podemos observar que os valores encontrados para os indicadores microbiológicos, estão bem próximos dos valores encontrados na literatura. Estes valores, embora menores que os valores encontrados para o esgoto sanitário, não excluem a necessidade de um tratamento anterior ao reuso incluindo a desinfecção já que há a possibilidade de contato via aerossóis.

As águas cinzas analisadas apresentaram ovos e larvas de *Ancylostoma* sp. que pertencem a classe dos nematódeos. Foi detectada também grande quantidade de larvas de outros nematódeos de vida livre que embora não sejam considerados parasitas, indicam a presença de bactérias.

Segundo Heller *et al.*, (2002) a prevalência de helmintoses e protozooses costuma ser mais elevada em crianças e adolescentes em população de baixa renda em bairros com qualidade de vida e infra-estrutura de saneamento precárias, como era o caso em questão. A sobrevivência das larvas em água e esgoto varia de poucos dias a poucas semanas.

Como as águas cinzas devem ser usadas em um prazo máximo de 48 h estes organismos permanecem ativos. Desta forma é necessário um tratamento adequado (sedimentação e filtração) para sua retirada de modo a gerar um efluente de boa qualidade para reuso já que os métodos de desinfecção atualmente empregados não eliminam protozoários e helmintos.

A turbidez encontrada para as águas cinzas provenientes dos banheiros variava em torno de 55 UT a 100 UT devendo ser reduzida para que a desinfecção possa se proceder com eficiência.

Os sólidos em suspensão excetuando-se a coleta do dia 7/5 que continha os resíduos da cozinha e a coleta do dia 4/6 que continha as águas de lavagem do piso as concentrações podiam variar de 90 a 160 mg/l. sendo estes valores, bem inferiores aos encontrados para o esgoto sanitário.

A cor foi analisada 'in loco' e as águas cinzas apresentavam coloração cinza clara em todas as amostras. A coloração cinzenta clara indica na classificação de águas residuárias, condições não sépticas e nem velhas que apresentariam colorações da cor cinzento escuro ao marrom chegando a negra nas condições sépticas. A coloração cinzenta clara indica a possibilidade de que existe uma baixa concentração de matéria orgânica e de que a contaminação presente pode ser de origem fecal, confirmada pelos exames bacteriológicos.

O odor após 24 h da geração, praticamente inexistia. Resultado de importância para o projeto uma vez que as propostas de reuso das águas cinzas, baseiam-se no fato de que no armazenamento com tempo de residência de menos de 48 horas, não há presença de odores significativos, mesmo sem tratamento.

As águas cinzas provenientes de banhos podem ter temperaturas elevadas variando de 18° C e 38° C e embora este parâmetro não tenha sido avaliado sabe-se que as altas temperaturas utilizadas em higiene pessoal podem favorecer o desenvolvimento de microorganismos e também ocasionar a precipitação de CaCO₃ e de outros sais que em altas temperaturas não se solubilizam. Este fato deve ser levado em consideração ao se propor um tratamento com vistas ao reuso.

De acordo com a literatura, existe uma relação de 4:1 de DQO/DBO nas águas cinzas, entretanto esta relação não foi observada na comunidade estudada, aparentemente por se tratar de comunidade de baixa renda não havia grande variedade de produtos químicos sendo utilizados, levando a uma relação de aproximadamente 2:1. Em outras duas amostras a relação verificada foi bem maior do que a de 4:1.

As análises realizadas no dia 7/05/2003 apresentaram altos valores de DQO e DBO devido ao fato de que as águas cinzas provenientes da cozinha também estavam sendo encaminhadas a caixa coletora pré-existente. Ao se detectar o problema, as canalizações foram desviadas ficando para análise apenas as águas cinzas provenientes de dois banheiros incluindo os chuveiros e pias. Eventualmente alguma água de lavagem de piso poderia seguir para a caixa coletora, mas providencias foram tomadas no sentido de que após a higiene pessoal das pessoas, as tubulações provenientes dos banheiros eram desconectados e a água cinza residente na caixa ficava estocada sem que novas águas entrassem, para que no dia seguinte fosse realizada a coleta.

Na data de 04/06/2003 foram encontrados valores de DQO e DBO na faixa de 750 e 330 mg/l, respectivamente, bem acima dos valores encontrados em outras oportunidades de coleta. Verificou-se esta variação pelo fato de ocorrer nesta data, a lavagem dos pisos da creche, cujas águas foram encaminhadas para o mesmo destino de águas cinzas. Este fato pode ser verificado comparando-se os resultados de detergentes 50mg/l e 6 mg /l de fósforo demonstrando a presença de fosfato nos detergentes.

As concentrações de fósforo total e fosfato são provenientes de detergentes que levam fósforo como constituinte. Em países onde detergentes a base de fósforo são utilizados, a concentração no esgoto tradicional pode variar de 6 a 23 mg/l. Em países onde não há utilização destes detergentes podem-se encontrar concentrações de 4 a 14 mg/l. Quanto às águas cinzas, podem ser encontradas concentrações de 0,1- 2 mg/l nas provenientes de banheiros enquanto que nas lavanderias os valores podem ser de 0,1 a 57 mg/l. As concentrações encontradas nestas coletas variavam de 0,35 mg/l a 6mg/l sendo este valor encontrado no terceiro dia de coleta quando foi feita a lavagem do piso com detergentes, demonstrando ser baixa a concentração de P nas águas cinzas analisadas.

As concentrações de detergentes aniônicos variavam de 0,06 mg/l a 50 mg/l sendo que o valor mais elevado foi encontrado no dia em que se procedeu a limpeza do

piso. Apesar do fato ocorrido ter sido um acidente, foi benéfico ao estudo, uma vez que mostrou a importância de outros fatores intervenientes no processo de formação de águas residuárias na qualidade do produto final que se deseja reutilizar. Problemas adicionais podem ocorrer devido a presença de detergentes que produzem odor em concentrações superiores a 3mg/l. Notadamente águas de lavagem de pisos com produtos químicos comerciais, detergentes e bactericidas devem ser evitados para reuso conforme os objetivos propostos e na verdade devem ser diluídas nas vazões de esgotos sanitários de forma a não afetar os processos de tratamento.

As águas cinzas provenientes de lavagem de roupas geralmente são bem alcalinas e apresentam pH em torno de 8 a 10 enquanto que as demais águas cinzas segundo a literatura apresentam pH de 5 a 8,7. (Eriksson, E. et al, 2001). Os valores encontrados para o pH das águas cinzas dos banheiros variavam e 4,7 a 7,5 estando de acordo com a literatura e demonstrando que os produtos químicos utilizados na lavagem de roupas aumentam o pH o que pode alterar o pH do solo se o objetivo for a infiltração. No caso em questão o pH encontra-se dentro dos limites aceitáveis e aparentemente não afetará o sistema de tratamento proposto.

As quantidades de oxigênio dissolvido segundo a literatura podem variar de 0,4 a 5,8 mg/l dependendo da origem da água cinza (Eriksson, E., 2001) Para os banheiros não foi avaliada a concentração de acordo com vários autores apresentados. Nestas amostras, as concentrações de OD variavam de 0,1 mg/l até 4,4 mg/l. Estes valores demonstram presença de matéria orgânica, entretanto são valores bem mais elevados que os valores encontrados no esgoto sanitário. Segundo Dixon et al, O oxigênio é rapidamente consumido pelos microrganismos em reações aeróbias nas horas seguintes a coleta sendo reduzido a aproximadamente $\frac{1}{4}$ durante os três primeiros dias de estocagem. A partir de 48 h, os níveis de oxigênio das águas cinzas são reduzidos a níveis de esgoto podendo gerar odores desagradáveis. Ao se propor o tratamento levou-se em consideração a geração de odores desagradáveis e minimização destes com vistas ao reuso. Ao se utilizar as águas cinzas em descargas sanitárias este OD será rapidamente consumido, da mesma forma que o OD é consumido ao se utilizar água potável nas descargas tendendo a 0 mg/100ml.

A concentração de Nitrogênio total é bem menor que no esgoto doméstico. Nas águas cinzas, segundo a literatura, a concentração pode variar de 0,6-74 mg/l sendo a

maior concentração proveniente da cozinha(Eriksson,E. 2001). Os níveis mais baixos de N correspondem às águas cinzas provenientes de banheiros e lavanderia. As concentrações de Nitrogênio encontradas nestas coletas variavam 1,5 a 14 mg/l, sendo as maiores concentrações encontradas justamente no primeiro e terceiro dias de coleta devido aos fatos já mencionados.

As concentrações de OG encontradas variavam de 7 mg/l a 13mg/l sendo que o valor de 30mg/l foi encontrado no primeiro dia de coleta com a amostra que continha águas cinzas provenientes da cozinha Os valores encontrados não são relevantes a ponto de se propor uma caixa de gordura

Segundo a literatura existente sabe-se que as concentrações dos compostos podem variar ao longo do dia e em diferentes dias da semana. Desta forma torna-se necessário avaliar as informações existentes na literatura de forma a estabelecer faixas para as concentrações dos parâmetros em questão. Esta informação será útil ao se estabelecer formas de tratamento ou o risco para o reuso destas águas.

Presume-se que as características das águas cinzas possam variar em função do padrão social da população alvo. Na comunidade estudada havia uma baixa diversidade de produtos químicos utilizados em higiene pessoal. Como a maior parte do publico alvo da creche era formada por crianças de até seis anos, havia grande concentração de matéria orgânica proveniente de alimentos que eram retirados durante os banhos. Aparentemente, à medida que o poder de consumo da comunidade aumenta, há uma tendência ao aumento das quantidades e diversidade dos produtos químicos empregados levando possivelmente a relação estipulada pela literatura.

Nas águas cinzas provenientes dos banheiros, a concentração de *Coliforme fecal* pode estar acima de 3×10^3 / 100ml e variar de 70 a $2,4 \times 10^7$ /100ml de *Coliforme total*. A concentração de *Streptococos* pode variar de 1 a 7×10^4 . Comparativamente apresentam menor concentração de microrganismos que as águas da cozinha apontadas na literatura (Eriksson,E.).

Os resultados obtidos juntamente com os dados apresentados na bibliografia especializada apontam para a necessidade de pré-tratamento ao se propor um sistema de reuso com devida desinfecção em nível de condições pelo menos igual ao determinado

para água de banho, conforme a linha de discussão estabelecida na comunidade científica.

A utilização direta da água em vasos sanitários ou mesmo como fonte para irrigação de gramados em grandes áreas põe em risco a saúde da população que pode vir a ter contato primário através de acidentes ou mesmo devido a formação de aerossóis em campo aberto. Desta forma e levando-se em conta o Princípio da Precaução, deve-se minimizar qualquer tipo de efeito adverso proveniente do reuso de águas com medidas preventivas que não coloquem em risco a saúde da população.

Devido as suas características, as águas cinzas podem se constituir em uma opção atraente de reuso para região metropolitana do Rio de Janeiro.

Ao se analisar o padrão determinado para o reuso de efluentes estipulado pela ABNT (**TABELA 7**), tendo como base a bibliografia analisada e resultados obtidos nas coletas, alguns questionamentos podem ser ressaltados quanto aos valores para os parâmetros em questão, a indicação do efluente gerado para os diversos usos e os tratamentos propostos.

O padrão para CF no efluente a ser direcionado à descargas sanitárias é um padrão restritivo enquanto que o valor estipulado para água de recreação por contato primário pela resolução CONAMA 20 e CONAMA 274/2000, aceita até .1000 CF /100ml.

As águas provenientes de máquinas de lavar não são geradas em quantidades suficientes para suprir a demanda sanitária. Não se lava roupas todos os dias em máquinas de lavar e quando se lava, o efluente fica muito concentrado. Mesmo assim, teria que ser feita a segregação da segunda água de lavagem, pois a primeira pode apresentar até 10^7 de Coliformes termotolerantes além de apresentar alta turbidez, e concentrações elevadas de SS e DQO e DBO.

Finalmente, o tratamento por membrana não é substitutivo de um tratamento biológico aeróbio. Filtros de membrana ainda apresentam custos muito elevados, exigem um tratamento de coagulação /floculação anterior de forma a minimizar o entupimento e a manutenção desta forma tem de ser permanente.

Atualmente, devido a pouca informação tecnológica e pública sobre a questão do reuso e muito menos sobre as águas cinzas, muitas tecnologias vem sendo testadas.

O tratamento das águas cinzas e o seu reuso, exigem cuidados especiais, devido não só a questões técnicas mas também humanas.

O risco associado ao reuso de água tem ditado o padrão para reuso e as possíveis tecnologias a serem aplicadas.

As águas cinzas em questão, embora tenham aproximadamente carga orgânica pouco abaixo da carga orgânica apresentada no esgoto bruto, apresentam baixas concentrações de SS e turbidez, indicando que grande parte dos contaminantes encontra-se dissolvida. A sua natureza química é bem maior do que a biológica .

Podemos observar que para os parâmetros em questão a amônia encontra-se em níveis muito inferiores ao do esgoto bruto bem como as concentrações de Fósforo, indicando que as águas cinzas ao serem reusadas em descargas sanitárias não acarretarão em um aumento considerável das concentrações destes nutrientes, ocasionando um ônus para o tratamento final dos esgotos o que significaria um tratamento a nível terciário.

Por outro lado, as baixas concentrações de N e o P podem limitar o tratamento biológico já que haverá pouco nutriente disponível para reprodução bacteriana.

A maior dificuldade para se determinar um tratamento adequado reside na diversidade de sua composição dependendo dos produtos químicos utilizados fazendo com que a DQO possa apresentar uma variação ampla dependendo da localidade. Por esta razão, ao se estipular um método de tratamento deve-se antes de tudo conhecer as características das águas cinzas e o tipo de reuso a que estas águas serão destinadas.

Podemos fazer um paralelo entre os valores obtidos nas análises das águas cinzas e os valores típicos dos principais parâmetros de qualidade encontrados nos efluentes após tratamento como observado na **TABELA 18**

TABELA 18. Níveis de tratamento e valores típicos de alguns parâmetros de qualidade nos efluentes.

Nível de tratamento	SS mg/l	DQO mg/l	DBO mg/l	Coliformes fecais (NMP/100ml)
Esgoto bruto	300	600	300	1,00E+0,7
Primário	120	420	180	1,00E+0,7
Anaeróbio	100	210	90	1,00E+0,5
Lagoa facultativa	80	150	30	1,00E+0,4
Secundário	20	85	20	1,00E+0,5
Filtração terciária	5	50	5	1,00E+0,4

Os valores encontrados nas águas cinzas se enquadram no nível obtido após tratamento primário. Portanto, esta etapa de tratamento poderá ser excluída do sistema proposto neste trabalho.

Em função das grandes quantidades de microorganismos que devem ser inativados no esgoto sanitário, a eficiência de remoção necessária para que o efluente tratado atinja os padrões de qualidade microbiológica pode superar 99,99%. Os únicos processos de tratamento capazes de produzir efluentes tratados com densidades de coliformes fecais iguais ou inferiores a 10^3 NMP/100ml são as lagoas de maturação, a infiltração no solo, processos terciários após lodo ativado e aqueles que possuem uma etapa específica para desinfecção (Desinfecção de efluentes sanitários, 2003).

Como já foi mencionado, existem basicamente dois grupos de padrões originados de diferentes ideologias que podem ser identificados para locais onde há a prática do reuso: um mais conservativo e o outro mais pragmático. Para o primeiro o nível de Coliformes não deve ser detectável enquanto que para segundo é aceitável algo em torno de 10^3 UFC/ml, já que o risco associado é o mesmo que para água de banho.

Como o maior critério a ser avaliado é a proteção a saúde pública o foco na qualidade bacteriológica reflete o potencial de exposição humana às águas cinzas a

partir do momento que estas podem entrar em contato através de aerossóis e se constituir em fonte de risco.

Os vírus são o grupo mais crítico de patógenos, já que podem causar danos mesmo em doses baixas e não podem ser detectados pelas análises microbiológicas de rotina. Segundo Asano (1998) um processo capaz de remover vírus poderia ser eficaz para todos os demais patógenos. Entretanto, os padrões se baseiam em indicadores mais facilmente quantificáveis de C.total e C.fecal. Estas espécies demonstram o potencial de transmissão de doenças ao invés de representarem um real risco de doenças e são mais facilmente quantificadas.

Vários tipos de tratamento podem ser empregados para as águas cinzas dependendo da utilização a ser dada.

Geralmente inclui sedimentação dos sólidos, Flotação de materiais leves, digestão anaeróbia, aeração, clarificação e desinfecção. Estes processos somente reduzem a poluição primária. A poluição secundária pode continuar ocorrendo devido à presença de nitratos, fosfatos, Boro e Sódio que não são reduzidos, o que para o caso de utilização em descargas sanitárias aparentemente não ocasionará efeitos adversos.

A desinfecção é o processo de inativação de microorganismos, mas que só será eficiente no caso de prévia redução da carga orgânica e dos Sólidos em Suspensão.

Segundo Jefferson (2000), as tecnologias disponíveis para tratamento visando o reuso das águas cinzas podem variar em termos de complexidade e de performance. Podem se constituir em sistemas simplificados para residências unifamiliares ou em tratamento avançado para reuso em larga escala.

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA TRATAMENTO DAS ÁGUAS CINZAS

1-Sistema básico de dois estágios

Filtragem grosseira e desinfecção

É o sistema mais empregado para reuso doméstico. O processo consiste basicamente em um curto tempo de retenção das águas cinzas de forma que sua natureza química permaneça inalterada e um mínimo tratamento seja necessário. Embora haja pouca remoção de contaminantes químicos e biológicos, a água tratada estava livre de organismos indicadores tornando-a potencialmente segura para reuso. Entretanto podem ocorrer problemas com o processo de desinfecção. Este sistema foi projetado para alcançar o padrão menos restritivo como o estipulado para água de banho. A água permanece com carga orgânica alta e turbidez podendo limitar o poder desinfetante do produto utilizado basicamente por duas razões:

- As partículas encontradas nas águas cinzas podem impedir a difusão do desinfetante e conseqüentemente impedir a eliminação de patógenos.
- A matéria orgânica na água ao se juntar com o cloro forma subprodutos (os trihalometanos) que possuem baixo poder desinfetante e são prejudiciais à saúde humana.

O efluente obtido apresentava $DBO > 50\text{mg/l}$; $NH_3 < 3\text{mg/l}$; $P < 1\text{mg/l}$;
Detergentes aniônicos = 10mg/l ; $CT = 0$.

Problemas adicionais também podem ocorrer devido a presença de detergentes que produzem odor em concentrações superiores a 3mg/l .

2-Processos físicos e físico-químicos

Os sistemas físicos e físicoquímicos não estão sujeitos a problemas causados por bactericidas que podem afetar os processos biológicos e apresentam efluente de melhor qualidade que o efluente proveniente de sistemas simplificados. Os processos físicos desenvolvidos para tratar águas cinzas se constituem de filtração profunda com areia ou membranas sendo esta última alternativa acompanhada de um pré-tratamento. O efluente gerado apresenta-se clarificado e há considerável diminuição da carga orgânica

levando a uma melhora estética e conseqüentemente a diminuição de problemas com a cloração como encontrado na filtração grosseira.

O processo de membranas oferece uma barreira permanente a partículas maiores que o tamanho dos poros que podem variar de 0,5 micrometros utilizadas para microfiltração até poros de dimensões moleculares como as membranas utilizadas para osmose reversa. O efluente apresenta baixa turbidez, entretanto a demanda de energia para as membranas é bem mais alta do que para filtros de areia..O maior problema para os filtros de membrana é a obstrução dos poros por poluentes aumentando a resistência hidráulica e aumentando a demanda energética.

As **TABELAS 19 E 20** demonstram as performances dos filtros de areia e membranas para tratamento das águas cinzas.

TABELA 19. Eficiência dos filtros de areia e membranas para tratamento das águas cinzas.

	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Turbidez NTU	CT (ufc/100ml)
Afluente	33.3	143	44.5	-
Pós –filtro areia	12.3	35.7	32.3	
Pós- membrana	4.7	22.2	0.34	0 E.coli

TABELA 20. Eficiência de tratamento com membrana

	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Turbidez NTU	CT (UFC/100ml)
Afluente	25-185	86-410	12-100	$2-310 \times 10^3$
Pós membrana	1-19	21-112	<1	ND-2419

3 - Processos biológicos

A filtração por si só não é considerada suficiente para garantir a redução de contaminação orgânica para prevenir contra crescimento biológico nos sistemas de distribuição. O tratamento biológico é necessário para remover matéria biodegradável em sistemas de larga distribuição tais como hotéis.

O MBR (bioreator de membrana) e BAF (Filtro biológico aerado) são exemplos de tratamentos físico e biológico acoplados que produzem efluentes com alta qualidade.

O BAF combina filtração profunda e com um reator biológico (fixed film biological reactor). Não oferece barreira para sólidos em suspensão ocasionando problemas para a desinfecção da água.

O MBR combina um processo de lodo ativado com microfiltração e tem sido usado com sucesso no Japão para reuso das águas cinzas em prédios residenciais.

Ambos processos removem a matéria orgânica alcançando os padrões mais restritivos para reuso. Entretanto turbidez e remoção de coliformes variam consideravelmente de um para o outro. O MBR enquadra-se nos padrões mais restritivos enquanto que o BAF para estes parâmetros não alcança o desejado.

A **TABELA 21** mostra a performance do MBR e do BAF para tratamento das águas cinzas.

TABELA 21. Eficiência dos processos MBR e BAF para tratamento de águas cinzas

	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Turbidez (NTU)	CT (UFC/100ml)
Afluente	41.2+- 30	120+- 74.4	-	1.5×10^6 +- 43×10^6
MBR efluente	1.1 +- 1.6	9.6+-7.4	0.32+- 0.28	ND
BAF efluente	4.3+- 4.1	15.1+- 13.1	3.2+- 8.9	2×10^4 +- 5.5×10^4

O tratamento proposto por Mieli (2001) sugere que as águas cinzas provenientes de chuveiros, lavatórios, tanques de roupas e máquinas de lavar sejam captadas e direcionadas a caixa de retenção de sólidos; reservatório de águas servidas; um filtro de fluxo ascendente composto de brita, areia e carvão; um reservatório para desinfecção; elevação das águas servidas e reservatório superior de onde a água será direcionada através de canalização diferenciada para descargas sanitárias.

Aparentemente, o filtro indicado por Mieli por ser um filtro rápido, necessitará de limpeza constante o que acarretaria em manutenção constante segundo ARBOLETA.

SUGESTÃO DE TRATAMENTO PARA RESIDÊNCIAS E CONDOMÍNIOS.

Com base na literatura estudada, nos resultados obtidos e nas visitas técnicas efetuadas sugerimos um tratamento de baixo custo e que exige pouca manutenção.

Para elaboração desta proposta de tratamento foram avaliados dois casos distintos:

- Uma residência situada em um bairro de classe alta do Rio de Janeiro, habitada por 5 pessoas cujo sistema de reuso incluía um sistema de coleta de água de chuveiros e pias dos banheiros. Esta água era então direcionada a uma caixa de passagem gradeada, filtro ascendente de brita e cisterna. A água da chuva também coletada era direcionada à mesma cisterna com capacidade para 6.000 litros de água. Esta água através de bombeamento seguia para reservatório de água reciclada no andar superior e daí então era direcionada para as descargas sanitárias.

Problema

Os moradores estavam reclamando de mau cheiro

Solução

A água da chuva não pode ser armazenada na mesma cisterna que as águas cinzas porque são menos contaminadas.

As águas cinzas recolhidas não poderiam ficar armazenadas em reservatório maior do que a capacidade de consumo nas descargas sanitárias da residência porque após 24 h de retenção as bactérias existentes nas águas cinzas começam a se reproduzir causando mal cheiro.

- Condomínio Multifamiliar com aproximadamente 30 casas e em fase de expansão para população de Baixa renda no Município de São Gonçalo. Neste caso, todo o efluente era direcionado a caixa separadora de efluente sanitário e demais efluentes. O efluente proveniente da pia da cozinha era direcionado a caixa de gordura e posteriormente à caixa separadora. O efluente proveniente dos vasos sanitários era direcionado a um biodigestor para produção de biogás. Os demais efluentes, provenientes dos chuveiros, pias de banheiro, pias da cozinha após passagem pela caixa

de gordura e tanque de lavagem de roupas eram direcionados a filtro biológico anaeróbio de fluxo ascendente de brita e posteriormente lançados no corpo d'água próximo no intuito de lançar uma água menos contaminada no corpo receptor. Como a água utilizada para abastecimento das residências era proveniente de poço não havia o interesse até o momento de se reusar esta água.

Problema

Pelo fato da água utilizada ser gratuita até a presente data não há um real interesse dos moradores em reusa-la aumentando os custos da implantação de uma rede dupla de distribuição e implementação do sistema de tratamento para o reuso.

Solução

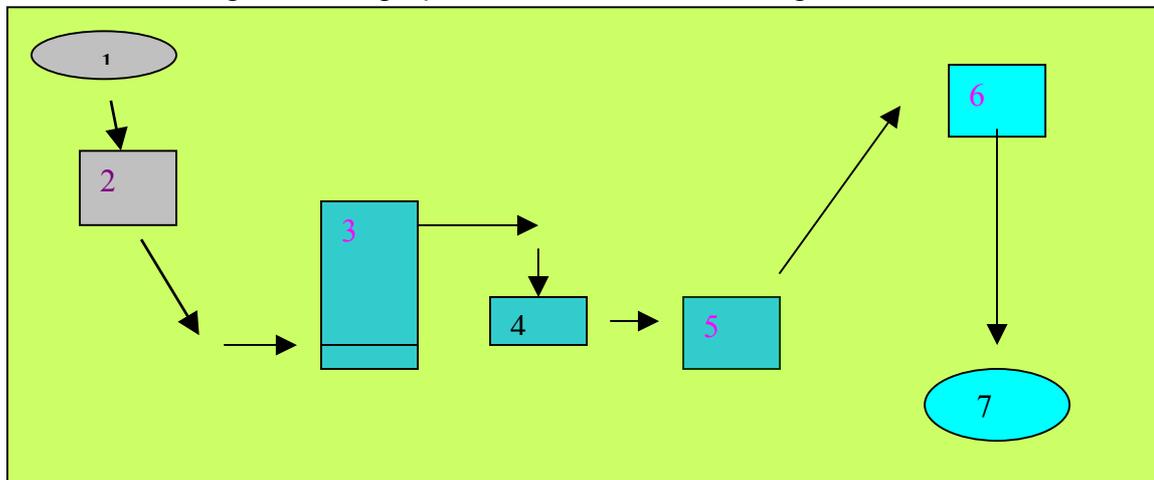
Ecologicamente, caso a água fosse reusada diminuiria a geração de efluente contaminado lançado no corpo receptor, pois a água seria utilizada nas descargas e em seguida seria direcionada ao biodigestor para produção de gás.

Análises do efluente após passagem pelo filtro anaeróbio não foram feitas, entretanto visualmente o mesmo encontrava-se clarificado.

Como o objetivo é propor um tratamento de baixo custo e que não necessite de acompanhamento efetivo e levando-se em conta o que foi observado na residência unifamiliar analisada quanto a problemas de odor, não cloração e ainda que as águas cinzas apresentam carga orgânica elevada e que o principal problema a ser considerado no que diz respeito ao reuso em descargas sanitárias diz respeito à presença de microorganismos patogênicos, sugerimos um tratamento representado na **FIGURA 4**, que consiste basicamente na captação das águas cinzas provenientes de banheiros e direcionamento destas para um tanque sedimentação de sólidos, filtro biológico de fluxo ascendente constituído de brita n. 4, caixa de areia, Reservatório inferior onde será efetuada a cloração, bombeamento para reservatório superior e distribuição para descargas sanitárias. O reservatório inferior deverá ser proporcional a demanda diária de água para descargas. A água não utilizada nas bacias sanitárias deverá ser descartada. O reservatório superior também deverá ser dimensionado para receber a demanda diária da

descarga sanitária de modo que as águas cinzas armazenadas não permaneçam por mais de 48 horas evitando desta forma a formação de odores desagradáveis.

FIGURA 4. Fluxograma de captação, tratamento e reuso das águas cinzas.



1. Captação das águas cinzas provenientes de chuveiros e pias de banheiros.
2. Caixa de sedimentação para Sólidos em Suspensão e sólidos maiores.
3. Filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente com brita 4 por onde haverá percolação das águas cinzas .
4. Filtro de areia onde será restaurada a condição aeróbia
5. Reservatório para água onde será feita a cloração.
6. Bombeamento para reservatório superior de onde água será direcionada para descargas sanitárias. Neste ponto poderá ser acoplado um filtro de carvão.
7. Descargas sanitárias e rede de esgoto.

A indicação do filtro anaeróbico deveu-se principalmente ao fato destes filtros não necessitarem de equipamentos complementares, a eficiência de remoção da carga ser de aproximadamente 60 a 90 %, a eficiência na remoção de patogênicos ficar em torno de 60 a 90%, os custos para implantação serem reduzidos e a manutenção ser simples e de maior durabilidade (Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios,1999).

Os filtros propostos deverão estar de acordo com o determinado pela NBR 139969:1997

Os problemas decorrentes de odores podem ser minimizados através de passagem pelo filtro de areia e cloração do efluente.

A indicação de processos de tratamento mais sofisticados deverá ser avaliada em função do consumo de água e da análise de custo benefício levando-se em conta que quanto maior o consumo de água maior será a economia realizada com o sistema de reuso das águas cinzas provenientes de banheiros.

Com relação à economia a ser realizada com o reuso da águas cinzas provenientes de pias de banheiros e chuveiros em descargas sanitárias e levando-se em consideração que estudos preliminares indicam que aproximadamente 29% das águas utilizadas em uma residência são direcionadas a descargas sanitárias e que as águas geradas em chuveiros e pias correspondem a 34%, foi feito o cálculo em reais dos valores cobrados por m³ utilizado somado ao esgoto sanitário. Foi então calculado o consumo de água na residência menos 29% que seriam reusados nas descargas sanitárias e conseqüentemente seriam excluídos da captação seguinte. Posteriormente, avaliou-se a economia gerada em reais com a redução dos volumes de água utilizados e o quanto que estes valores representam em percentual na economia gerada.

Observou-se que para consumos mínimos de água até 15 m³ não há redução dos valores a serem pagos. A partir de 20 m³ observa-se que a economia mensal realizada começa a ser representativa até alcançar o máximo em 63m³. Neste ponto, o reuso das águas cinzas significará que apenas 44,73 m³ serão provenientes da concessionária. O valor correspondente a este consumo será duplicado por dois devido ao esgotamento sanitário. A economia mensal corresponderá a 61 %. A partir desta informação, a análise de custo benefício poderá direcionar a escolha do método de tratamento mais conveniente.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES /RECOMENDAÇÕES

As águas cinzas se constituem em uma fonte alternativa para suprimento de água em períodos de escassez ou aumento de preço do insumo. Apesar de serem menos contaminadas do que o esgoto sanitário bruto, as águas cinzas necessitam de tratamento adequado visando seu reuso com segurança para a população.

As concentrações dos parâmetros analisados nas águas cinzas aparentemente variam de acordo com o padrão social. Aparentemente a DQO tende a ser reduzida em comunidades com baixo poder aquisitivo em função da pouca variedade e quantidade de produtos químicos empregados.

Deve ser feita uma avaliação preliminar da vazão diária no empreendimento para se ter certeza de que economicamente será viável a implantação de um sistema de reuso.

Aparentemente o sistema de reuso das águas cinzas pode gerar dependendo das quantidades de água utilizada economia de até 60% nas contas de água ao se manter o mesmo tipo de tarifação utilizada atualmente pela concessionária Estadual do Rio de Janeiro (CEDAE).

A implantação de rede dupla de distribuição nas residências e condomínios deve ser proposta para novos empreendimentos, pois a implantação em empreendimentos já existentes pode ser de difícil solução e tornar as obras bastante onerosas.

Deve ser feito um tratamento nas águas cinzas destinadas ao reuso com objetivo de reduzir a Demanda Bioquímica de Oxigênio, Sólidos em suspensão e turbidez de forma a facilitar a desinfecção.

Em termos ambientais, o sistema de reuso das águas cinzas significa redução de aproximadamente 29 % na captação de águas o que em tempos de escassez pode representar uma alternativa viável. Deve, portanto, ser estimulado pelos órgãos ambientais competentes como forma de preservar os mananciais (Rapoport *et al.*, 2004).

Em caso de reuso em descargas sanitárias os indicadores devem ser máximo de 1000 CF/100 ml , 800 EC/100 ml ou 100 *Enterococos*/100 ml de acordo com o determinado para recreação de contato primário pela Resolução CONAMA 274/2000.

Em caso de reuso para irrigação ou jardinagem deve-se estar atento aos produtos químicos utilizados de forma a evitar a contaminação do lençol freático e a própria contaminação das culturas por compostos Xenobióticos.

As concentrações de N e P nas águas cinzas são baixas de modo que ao se juntarem ao esgoto sanitário que apresentam altas concentrações destes nutrientes, não acarretarão, aparentemente, em aumento do custo para tratamento final do mesmo.

A eficiência do tratamento deve ser avaliada para verificar se as concentrações de N e P que apesar de baixas contribuem para o desencadeamento do tratamento biológico proposto.

O fato de se utilizar uma água com baixa concentração de OD não implica em deteriorização do efluente sanitário final uma vez que o OD da água potável utilizada atualmente nas descargas sanitárias é rapidamente consumido nas reações aeróbias por ocasião de mistura com o esgoto sanitário.

De grande importância ao se projetar o sistema de reuso de águas cinzas é o dimensionamento dos reservatórios. Deve-se levar em consideração o volume que deverá ser utilizado nas descargas sanitárias em um máximo de 48 h para que desta forma seja evitada a estocagem prolongada que fatalmente ocasionará odores desagradáveis.

- Dentre os cuidados a serem observados devido ao reuso das águas cinzas podemos destacar:

1. O reservatório inferior deverá ter um ladrão para que o excesso de água, ao atingir o limite do volume estipulado para reuso seja direcionada a rede de esgoto;
2. O reservatório superior deverá ser esvaziado caso não haja utilização nas bacias sanitárias em 48h.;
3. O sistema de distribuição das águas cinzas deverá ter coloração diferenciada.

A desinfecção é essencial para o sistema de reuso das águas cinzas em descargas sanitárias para eliminação de bactérias e vírus.

A sedimentação e filtração são essenciais para eliminação de protozoários e helmintos.

Embora várias propostas de tratamento sejam apresentadas nesta Dissertação, aparentemente o sedimentador, filtro biológico e filtro de areia se constituem em excelente alternativa para emprego em condomínios e residências uni - familiares por se tratar de processo de baixo custo que exige pouca manutenção além de ser eficiente para redução de DBO e SS, de forma a aumentar a eficiência do processo de desinfecção.

As águas de chuva apesar de serem uma excelente opção para aumentar os volumes de água, não necessariamente atendem as demandas diárias já que as águas de chuva não ocorrem diariamente podendo inclusive passar tempos sem que chova na localidade. Desta forma as águas cinzas representam uma fonte constante de água para usos em descargas sanitárias onde a potabilidade não é fator preponderante.

Não se deve misturar água de chuva com águas cinzas porque para o armazenamento de água de chuva deve-se prever um reservatório certamente bem maior do que o previsto para as águas cinzas. Por serem mais contaminadas do que as águas de chuva, ao entrarem em contato, há a contaminação de um volume bem maior do que o formado apenas pelas águas cinzas.

Ao se implantar o sistema de reuso deve-se apresentar claramente a todos os beneficiários a importância do reuso das águas cinzas, os riscos a que estão sujeitos e os cuidados que devem ser tomados.

SUGESTÕES PARA DESDOBRAMENTOS FUTUROS DESTE TRABALHO,

- Análise da eficiência do sistema proposto;
- Análise de custo-benefício. Em quanto tempo se paga o sistema proposto tendo em vista a economia gerada com o atual sistema de tarifação;
- Viabilidade para implantação, controle e gestão de sistemas propostos de reuso de águas cinzas.

CAAPÍTULO VIII
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMBIENTE DA ÁGUAS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO:SEMADS,2001 230p:il
2. APHA (American Public Health Association), 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19. Ed. Washington: APHA.
3. ARBOLEDA Tratamento de água :Teoria, Desenho y control de los procesos de clarificacion del agua, Centro panamericano de ingenieria sanitaria y ciencias del ambiente (CEPIS), 558p: il
4. ASANO, T. (1988) Wastewater reclamation and reuse. Pennsylvania, USA: Technomic Publishing Company.
5. BLOCH, D., 2002. Água: Direito à Vida. <http://ircsa.org.br/semana/aguavida.htm>.
6. BRASIL,CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 20. Brasília,1976.
7. BRASIL, CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 274/2000
8. DIXON, A BUTLER, D., FEWKES, A. & ROBINSON, M., 1999 Measurement and modeling of quality changes in untreated grey water. *Urban Water*, 1:293-306.
9. DOMESTIC WASTEWATER MANAGEMENT SERIES _ Reuse options for household wastewater, nov 2001 < www.epa.vic.gov>
10. ERIKSSON,E. et al ., 2001. Characteristics of grey wastewater. *Urban Water* 4 (2002) 85-104
11. GONÇALVES,R.F.2003 DESINFECÇÃO DE EFLUENTES SANITÁRIOS/Rio de Janeiro:ABES,RiMa, Prjeto PROSAB 438p.:il
12. GREYWATER REUSEIN SEWERED SINGLE DOMESTIC PREMISES , abril 2000 <www.health.nsw.gov.au/public-health/ehb/general/wastewater/wastewater.html>
13. HELLER,L., 1998, Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. *Ciência e Saúde Coletiva* 3 :73-84
14. HESPANHOL, I. & MIERZWA, J.C., 2000. Programa para o gerenciamento de água e efluentes nas indústrias visando o uso racional e o reuso. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 4 (1/2):11-15.

15. HESPANHOL, I., 2002.. Potencial de reuso de água no Brasil- Agricultura, indústria, Municípios, recarga de aquíferos .
www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos
16. IBGE, 2000. CENSO DEMOGRÁFICO –2000, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
17. JEFFERSON, B., LAINE, A., PARSONS, S., STEPHENSON, T. & JUDD, S., 2000. Technologies for domestic wastewater recycling. *Urban Water*, 285-292.
18. KIM, J., CHUNG, Y., SHIN, D., KIM, M., LEE, Y., LIM, Y. & LEE, D., 2002. Chlorination by-products in surface water treatment process. *Desalination*, 151:1-9.
19. MANUAL DE SANEAMENTO 3ª edição – Brasília: Ministério da saúde: Fundação Nacional de Saúde, 1999. 374p: il
20. MIELL, J.C.A., 2001 Reuso de água domiciliar Dissertação de mestrado Engenharia civil – Niterói: UFF/ctc, 153p.
21. MARCH, J.G., GUAL, M. & SIMONET, B.M., 2002. Determination of residual chlorine in grey water using *o*-tolidine. *Talanta*, 58: 995-1001.
22. NBR 13969:1997 Tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação: ABNT 60p :il
23. OTTOSON, J., & STENSTROM, T.A., 2002. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. *Water research* 37 (2003) 645-655.
24. REVISTA BRASILEIRA DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, janeiro/março 2002. Água - O ouro do século XXI, p.26
25. RIOS, J. L. P., 2000. Plano Diretor de Abastecimento de Água do Rio de Janeiro. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 83: editorial