

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E  
TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO**

**ASPECTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE  
REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM EDIFICAÇÕES**

**Renata Braga de Albuquerque Campos**

**Belo Horizonte  
2009**

**Renata Braga de Albuquerque Campos**

**Aspectos para Implantação de Sistema de Reúso de  
Águas Cinzas em Edificações**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente.

Área de concentração: Engenharia Sanitária

Orientador: Dr. Luiz Raphael Palmier

Assinaturas dos membros da banca examinadora

Dedico este trabalho, com carinho  
à minha avó Ruth (*in memoriam*).

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me proporcionar mais esta oportunidade de crescimento.

Ao meu marido Nelson, minha fonte de inspiração em todos os sentidos.

Aos meus pais Maria de Lourdes e Carlos Alberto pelo amor e alegria em todas as conquistas e ao meu irmão Samuel, companheiro em todos os momentos.

A toda minha família, particularmente, Vó Ruth e Tio Nando e Vó Adélia pela torcida.

Aos meus sogros Yara e Júlio, e toda a família de meu marido pelo apoio.

Ao Marcelo Duarte, sócio na Lumatec Projetos, pelo patrocínio e credibilidade em mim apostados.

Aos amigos André, Eliane e Letícia (afilhada), por proporcionar momentos de descanso em tempos tão agitados.

Aos meus orientadores, prof. Marcos Vianna (até a fase de projeto) e prof. Luiz Raphael Palmier, pelo conhecimento.

Aos meus colegas de curso, que viraram amigos, pelo auxílio no decorrer de toda esta trajetória.

Enfim, a todos os que participaram desta vitória.

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma das alternativas de uso racional da água, o Reúso. Mais especificamente, apresenta-se uma revisão de literatura sobre os aspectos referentes à implantação de um sistema de reúso de águas cinzas em edificações de uso residencial e comercial. Este sistema trata o efluente de lavatórios e chuveiros para que seja novamente utilizado em descargas de bacias sanitárias. Outros usos derivados deste reúso são a irrigação de parques e jardins públicos ou privados, a alimentação de fontes e espelhos d'água, a reserva de proteção contra incêndio, a lavagem de pátios e veículos, entre outros. O estudo foi baseado em aspectos de viabilidade (economia, construção, aceitação dos usuários, segurança sanitária) e com o intuito de demonstrar a manipulação e eficiência do sistema foi desenvolvido um cálculo hipotético. Pode-se afirmar que a utilização do reúso coopera para a diminuição da demanda sobre os mananciais de abastecimento urbano e conseqüentemente preserva o meio ambiente, pois constitui uma das soluções que minimizam o uso de água potável e funcionam como fonte alternativa de suprimento. Espera-se, com a divulgação deste trabalho, que os conceitos apresentados sejam aplicados e desenvolvidos para auxiliar a promover a sustentabilidade dos recursos hídricos, informar a comunidade científica e capacitar equipes e usuários à correta utilização desses tipos de sistema, além de incentivar a elaboração de normalização específica para este fim, uma das limitações para a Implantação de Projetos de Reúso de Águas Cinzas em edificações.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1	Objetivo geral.....	3
2.2	Objetivos específicos.....	3
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
3.1	Evolução do reúso de água.....	4
3.2	Considerações sobre o reúso de água.....	5
3.2.1	<i>Razões para a racionalização da água .....</i>	<i>5</i>
3.2.2	<i>Classificação para reúso da água.....</i>	<i>8</i>
3.2.3	<i>Tipos de Reúso de Água .....</i>	<i>9</i>
3.3	Reúso Urbano.....	10
3.4	Reúso de Água em Edificações .....	11
3.4.1	<i>Reúso de Águas Cinzas.....</i>	<i>12</i>
3.4.2	<i>Reúso de Águas Cinzas x Economia Financeira .....</i>	<i>13</i>
3.5	Parâmetros de Projeto de Sistemas de Reúso de Águas Cinzas .....	15
3.6	Demonstração de Cálculo para Reúso de Águas Cinzas em Descargas de Bacias Sanitárias.....	25
	<i>Exemplo de aplicação.....</i>	<i>26</i>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>SÍNTESE DOS PRINCIPAIS ASPECTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS .....</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>34</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

$CH$  : chuveiro

$hab$  : habitantes

$L$  : litro (unidade de volume)

$LV$  : lavatório

$m^3$  : metro cúbico (unidade de volume)

min : minuto (medida de tempo)

$Quant$  : quantidade de vezes de acionamento da peça sanitária

$Q$  : vazão (unidade de volume / unidade de tempo)

$Q_{CH}$  : vazão efluente ao chuveiro

$Q_{LV}$  : vazão efluente ao lavatório

$Q_{VS}$  : vazão afluyente ao vaso sanitário

$s$  : segundo (unidade de tempo)

$V_{CH}$  : volume de água cinza gerada pelo chuveiro

$V_{LV}$  : volume de água cinza gerada pelo lavatório

$V_{REUSO}$  : volume de reúso

$VS$  : vaso sanitário

$V_{VS}$  : volume (vaso sanitário)

$t_{UT}$  = tempo de utilização da peça sanitária

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Utilização de fontes alternativas de água.....	6
Figura 2 – Sistema de Reúso de Água Cinza.....	16
Figura 3 – Esquema de Sistema de reúso de água cinza .....	18
Figura 4 - Esquema das fases de tratamento para águas cinzas. ....	23
Figura 5 - Exemplo de Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC). ....	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo por pessoa em edifício comercial e residencial.....	2
Tabela 2 – Exigências mínimas da água em função do uso. ....	17
Tabela 3 – Parametrização do consumo de água em edificações domiciliares. ....	19
Tabela 4 – Distribuição de água no consumo doméstico. ....	20
Tabela 5 – Critérios de aplicabilidade para o Reúso em fins urbanos não-potáveis..	22
Tabela 6 – Aspectos relativos à implantação de sistemas de reúso de águas cinzas em edificações .....	30

# 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem a finalidade de apresentar uma das alternativas de uso racional da água. Mais especificamente esta monografia apresenta aspectos relativos à implantação do Sistema de Reúso de Águas Cinzas em edificações, na qual trata o efluente de lavatórios e chuveiros para que seja novamente utilizado em descargas de bacias sanitárias. Tais sistemas cooperam para a diminuição da demanda sobre os mananciais de abastecimento urbano e consequentemente preservam o meio ambiente, pois constituem uma das soluções que minimizam o uso de água potável e funcionam como fonte alternativa de suprimento.

As águas cinzas são os esgotos provenientes de lavatórios, chuveiros, banheiras e máquinas de lavar roupas. Essa distinção dos outros tipos de esgotos é devido à diferença significativa de características entre eles, no qual as águas cinzas contêm muito menos organismos patogênicos por tratar-se de águas de lavagem. A vantagem da reutilização dessas águas está no menor grau de tratamento de que necessitam, tornando viável a instalação do sistema em edificações. Entretanto para que esta água seja reutilizada, seus parâmetros devem se encontrar dentro dos critérios recomendados ou padrões fixados para um determinado uso, sendo necessário o conhecimento de suas características físicas, químicas e biológicas (FIORI *et al.*, 2005).

Na maioria dos casos o reúso de águas cinzas é utilizado para fins não-potáveis, como, por exemplo, irrigação de parques e jardins públicos ou privados, alimentação de fontes e espelhos d'água, reserva de proteção contra incêndio, descargas sanitárias, lavagens de pátios e veículos, irrigação e aquicultura e agricultura (NASCIMENTO & HELLER, 2005).

A implantação de um sistema de reúso em edificações deve respeitar as diretrizes de projeto, seguir os princípios técnicos adequados e ser economicamente aplicável. Dentre as diretrizes podem ser citadas medidas práticas, como por exemplo, utilizar corante na água de reúso para diferenciar da água potável, evitar o uso da água reutilizada para consumo direto, preparação de alimentos e higiene pessoal (uso de tubulações totalmente separadas). A qualidade da água reutilizada deve ser a adequada para o uso previsto, sendo controlada por profissionais devidamente preparados, o que garante a segurança sanitária (FIORI *et al.*, 2005). Já em relação ao aspecto econômico, SANTOS (2002) mostra que ainda é dispendiosa a tecnologia que possibilita a instalação de sistemas de reúso em edificações, face à obtenção da segurança necessária, o que torna os sistemas inviáveis em certos casos.

A implantação do sistema de reúso sem estudo de viabilidade torna-se impraticável, visto, como anteriormente citados, as dificuldades e os requisitos necessários. Para NASCIMENTO & HELLER, 2005 o estudo deve contemplar: a caracterização das demandas por água de abastecimento e dos esgotos disponíveis especificando os requisitos de qualidade; a análise do risco sanitário (saúde humana e ambiental); a identificação e sistematização dos requisitos de operação, de manutenção e de monitoramento; a análise econômica dos custos e benefícios; a identificação da necessidade de desenvolvimento institucional e o incentivo da implementação de políticas de reúso.

Sobre este último item é preciso difundir as políticas de reúso de águas cinzas pelo fato de ser ainda pequena a quantidade de edificações que adotam desse tipo de sistema na sua concepção.

A eficiência do sistema de reúso depende da edificação à qual está sendo aplicado. Para isso, é necessário o estudo comparativo entre um sistema que não reutiliza a água e um sistema que faz o reúso de águas cinzas. A reutilização de água em descargas de bacias sanitárias, lavagem de pisos e automóveis pode contribuir com redução de consumo cuja economia é de aproximadamente 17% de água potável em edificações (ZABROCKI & SANTOS, 2005). Deve-se levar em conta que o consumo diário por pessoa varia por localidade e por tipo de edifício, como pode ser exemplificado na tab.1.

**Tabela 1** – Consumo por pessoa em edifício comercial e residencial sem reúso.

<b>Tipo de edifício</b>	<b>Consumo com economia *</b> <b>Litros / pessoa / dia</b>	<b>Consumo predial **</b> <b>Litros / pessoa / dia</b>
Comercial	40	80
Residencial	150	300

**Fonte:** \* SABESP Coordenadoria do Uso Racional da Água

\*\* MACINTYRE (1982)

Espera-se que esta monografia seja referência para consulta da comunidade científica, além de também servir como auxílio para os profissionais da construção. Busca-se incentivar a sociedade, através de política de controle de desperdício, a utilizar o reúso de águas cinzas como requisito em todos os projetos de edificações. Mas ainda é necessário o surgimento de normalização específica para que sejam prescritos os parâmetros mínimos de qualidade para o enquadramento das águas de reúso.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 *Objetivo geral***

Esta monografia tem por objetivo revisar na literatura os tipos de reúso existentes, as razões para a racionalização da água em centros urbanos e em especial os aspectos relativos à implantação de Sistemas de Reúso de Águas Cinzas em edificações.

### **2.2 *Objetivos específicos***

- Verificar os pré-requisitos para a implantação e viabilidade de um sistema de reúso de Águas Cinzas em edificações (soluções técnicas-construtivas, análise econômica de custos e benefícios); as orientações para projetos; as limitações do sistema de reúso para edificações; os cuidados a serem tomados quanto à saúde pública (riscos sanitários e epidemiológicos) quanto à má utilização do sistema de reúso;
- Verificar a eficiência do sistema através da demonstração de cálculo para implantação de sistema de Reúso de Águas Cinzas.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 *Evolução do reúso de água*

Historicamente o reúso de Águas Residuárias é encontrado nos sistemas elaborados de esgoto da Grécia antiga, mais precisamente a cidade de Minoan (RIBEIRO & KOWATA, 2001 *apud* ANGELASKIS, 1996).

No século XIX o reúso de Águas Residuárias não era planejado, e devido à falta de tratamento adequado à reutilização de água de má qualidade resultou em grandes epidemias de cólera e febre tifóide na Ásia. A partir da descoberta da transmissão dessas doenças por vias hídricas, ações de controle foram implantadas para evitar o risco sanitário, como por exemplo, o lançamento de efluentes a jusante de cidades e, mais tarde, a filtração da água (BARTYKING, 1992 *apud* RIBEIRO & KOWATA, 2001).

O uso planejado de águas residuárias teve início, nos Estados Unidos, no século XX. Os primeiros sistemas tinham o objetivo de fornecer água para irrigação. Após a cloração os sistemas também utilizavam o reúso em processos de produção do aço. Somente em 1960 o sistema de reúso foi desenvolvido com a finalidade de abastecimento urbano. Os Estados Unidos e a maioria dos países da União Européia já reconheciam esse sistema como suplemento de fontes de abastecimento no final do século XX (KAWAMURA, 1996).

Atualmente a escassez de água e a crescente exploração de mananciais de melhor qualidade para atender a demanda dos grandes centros urbanos são problemas cada vez mais presentes. Neste sentido, a ONU tem recomendado cada vez mais a reutilização da água consumida para fins de qualidade menos nobres como uma alternativa de racionalização (NETO, 2008).

## **3.2 Considerações sobre o reúso de água**

### **3.2.1 Razões para a racionalização da água**

A sustentabilidade dos recursos hídricos é necessária para assegurar a sobrevivência da atual e das futuras gerações. A escassez qualitativa e quantitativa é provocada pela exploração desenfreada dos recursos hídricos, do desperdício (uso indiscriminado) e da degradação dos mananciais de abastecimento (ZABROCKI & SANTOS, 2005).

A sociedade tem, atualmente, um desafio dualista com o recurso água: ao mesmo tempo em que é indispensável universalizar o acesso é preciso também promover a sustentabilidade dos recursos hídricos.

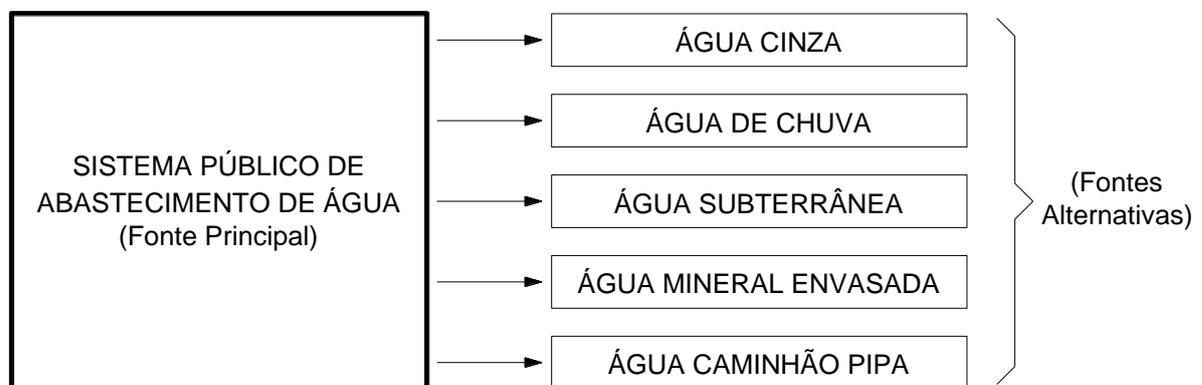
Nas últimas décadas a escassez de água em ambientes urbanos vem ocorrendo em ritmo crescente. As elevadas taxas de crescimento da urbanização resultaram em graves carências de infraestrutura. Em regiões com maiores índices de urbanização, o crescimento rápido da demanda por água, somado ao processo de industrialização, faz com que os mananciais próximos aos grandes centros urbanos fiquem expostos à poluição devido ao lançamento de águas residuárias nos cursos d'água. Esse cenário torna necessária a busca de mananciais de melhor qualidade e de vazão suficiente, em distâncias maiores, o que acaba por gerar altos custos a toda sociedade (NASCIMENTO & HELLER, 2004; HINRICHSEN *et al.*, 2005).

Neste sentido a racionalização de água é necessária não somente em países com pouca disponibilidade hídrica, mas também em países como o Brasil, cujos centros urbanos já apresentam – ou irão, em um futuro próximo, apresentar – deficiências de atendimento a toda a população residente (estresse hídrico). É importante também racionalizar a água onde ela é abundante, pelo simples fato de que esta economia hoje reflita na conservação do ambiente para as gerações futuras.

Em função desse panorama de escassez, cada vez mais real, de água, foi publicada em 1999 a Agenda 21 pelo CIB (*International Council for Research*), um documento de recomendação sobre o desenvolvimento sustentável assinado por vários países preocupados com a degradação do meio ambiente. No contexto do desenvolvimento e manejo integrado dos recursos hídricos, esse documento apresenta os seguintes objetivos:

- “Desenvolver fontes novas e alternativas de abastecimento de água, tais como dessalinização da água, reposição artificial de águas subterrâneas, uso da água de pouca qualidade, aproveitamento de água residuárias e reciclagem da água”;
- “Promover a conservação da água por meio de planos melhores e mais eficientes de aproveitamento de água e de minimização de desperdício para todos os usuários, incluindo o desenvolvimento de mecanismos de poupança de água”.

A utilização de fontes alternativas é a utilização de fontes opcionais àquelas normalmente utilizadas no abastecimento de habitações, como apresentado na fig.1.



**Figura 1** – Utilização de fontes alternativas de água.  
Fonte: elaboração própria.

De acordo com GONÇALVES *et al.* (2006), a água tem papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico do Brasil, pelo seu aspecto estruturante no passado, no presente e no futuro. Assim, o uso racional de água deve ser visto como um dos investimentos a serem feitos a fim de garantir o desenvolvimento do país. Investimentos em obras poderão ser evitados ou postergados ao se evitar, por exemplo, a ampliação dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Em escala residencial pode-se dizer que a conservação da água representa economia sensível de recursos financeiros, reduzindo os encargos e garantindo a manutenção da qualidade de vida.

Sendo assim, surgem, no Brasil, várias iniciativas produzidas pela sociedade e pelo poder público a fim de implementar ações para a conservação da água. São exemplos disso o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, administrado pelo Governo Federal,

o qual estabelece estratégias de combate ao desperdício de água em nível de bacia hidrográfica, do sistema público de abastecimento e do sistema predial hidráulico e sanitário, e o Programa de Uso Racional de Água (PURA), desenvolvido em São Paulo, o qual prevê um conjunto de ações para a promoção do uso racional da água em sistemas prediais. Outro exemplo é o Programa de Gestão do Uso da Água nas Edificações, que prioriza o reúso de águas servidas, da água da chuva e de águas subterrâneas (SANTOS, 2002).

É também papel dos programas a conscientização ambiental da população em relação ao uso racional da água, ou seja, à necessidade de controle de perdas e desperdícios e ao reúso, este último se referindo ao uso de águas residuárias para diversos fins.

Dentre os usos de águas residuárias, podem ser citados, por exemplo, o reúso da água, que proporciona alívio na demanda e preservação de oferta de água para usos múltiplos; a reciclagem de nutrientes, que economiza os insumos; a ampliação de áreas irrigadas; a recuperação de áreas improdutivas ou degradadas; e a redução do lançamento de esgotos em corpos d'água, que reduz os impactos de poluição, contaminação e eutrofização (SANTOS, 2006).

A água potável é largamente utilizada em chuveiros, lavatórios, pias, máquinas de lavar roupas, bacias sanitárias, irrigação de jardins, lavagem de pisos, calçadas e em edificações em geral e descartada após o uso. Uma das finalidades do reúso é evitar a utilização de água potável em casos onde não existe a necessidade.

A pouca difusão, no Brasil, do reúso de águas residuárias se deve à falta de legislação específica para esse fim. Para que o reúso torne-se prática regular é necessário sanar problemas de saneamento básico, como a baixa cobertura de sistemas de abastecimento e de esgoto, entre outros. Mas apesar de o Brasil não dispor, no momento, de uma legislação específica sobre reúso de águas residuárias, existem na legislação brasileira fundamentos jurídicos que apóiam indiretamente e podem legitimar a prática do reúso. Por exemplo, podem ser citadas a Constituição Federal de 1988, a Política Nacional de Recursos Hídricos (1997) e também a Resolução CONAMA nº 20 (1986). Esses fundamentos abordam objetivos, diretrizes e instrumentos capazes de indicar e orientar as políticas públicas de gerenciamento dos recursos hídricos (MUFFAREG, 2003).

### 3.2.2 Classificação para reúso da água

Existem na literatura várias classificações de reúso de água, podendo ocorrer de forma *direta* ou *indireta*, *planejada* ou *não planejada*.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (1973) o reúso *indireto* ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída; reúso *direto* ocorre quando há o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável; e a *reciclagem interna* é o reúso da água em instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Segundo LAVRADOR FILHO (1987), o reúso de água é visto como o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, a fim de suprir necessidades de outros usos ou do uso original. Dessa maneira o mesmo autor define o reúso *indireto não planejado* quando a água, já utilizada, é descarregada no meio ambiente, diluída e utilizada a jusante de forma não intencional; o reúso *indireto planejado* quando há o tratamento do efluente antes de ser descarregado no meio ambiente; e o reúso *direto planejado* quando não há lançamento em cursos d'água, e sim em locais apropriados para o reúso.

Com o objetivo de uniformizar os conceitos sobre o assunto, VAN DER HOEK (2004) sugeriu os seguintes termos: *Reúso Planejado* ou *Não Planejado*, o *Uso Direto de Esgotos não Tratados*, o *Uso Direto de Esgotos Tratados* e o *Uso Indireto de Esgotos Tratados ou não*.

Segundo WESTERHOFF (1984), o reúso é classificado em *potável* e *não-potável*. Nessa classificação o *Reúso potável direto* se dá quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável; o *Reúso potável indireto* ocorre quando o esgoto, após tratamento, é disposto em cursos d'água superficiais ou subterrâneos para diluição, purificação natural para posterior captação, tratamento e finalmente utilização como água potável; e o *Reúso não-potável* para fins agrícolas, tendo como finalidade a irrigação de plantas e também a dessedentação de animais.

O reúso potável é aquele cuja finalidade é o consumo humano (ingestão). Por essa causa há grande necessidade do enquadramento da qualidade nos padrões de potabilidade para evitar riscos à saúde. A tecnologia que possibilita essa prática é muito onerosa para se obter

segurança sanitária adequada, podendo se tornar uma alternativa de difícil viabilidade (HAFNER, 2007 & SANTOS, 2002).

Além disso, o reúso potável deve ser visto como uma alternativa associada a riscos muito elevados, em função da dificuldade de caracterização dos esgotos sanitários, de acordo com HESPANOL *apud* SANTOS (2006). Junto ao risco sanitário, o custo elevado torna essa prática inaceitável, sendo descartada na maioria das vezes.

Para NASCIMENTO & HELLER (2004), também há fortes restrições para o reúso potável devido aos riscos sanitários e epidemiológicos, restrições culturais e custos de tratamento que raramente justificam a iniciativa.

### **3.2.3 Tipos de Reúso de Água**

Como já citado, o reúso pode ser potável ou não-potável, sendo aplicado em ambientes urbanos, agrícolas e florestais, industriais, ambientais etc.

Em áreas urbanas a água reutilizada pode ser aplicada em irrigação de vegetação, lavagem de pátios, descargas de vasos sanitários, lavagem de veículos, reserva de incêndio, recreação, produção de concreto, limpeza de tubulações, efeitos de paisagismo etc. No contexto agrícola os efluentes tratados de forma adequada podem ser utilizados para aplicação em culturas de alimentícias e não alimentícias, irrigação superficial de alimentos e dessedentação de animais (BERNARDI, 2003).

O reúso no setor agrícola representa uma parcela grande de racionalização de água, porque equivale aproximadamente à 70% do consumo total de água. O restante é dividido em 20% para o consumo industrial e 10% para o consumo humano.

Na indústria, exemplos de fins prováveis para o reúso de água são: a produção de água para caldeiras, o uso em sistemas de resfriamento, em lavadores de gases e como água de processos. No meio ambiente, o reúso também pode ser aplicado em habitats naturais, estabelecimentos de recreação, pesca e canoagem, formação de represa e lagos (BERNARDI, 2003).

### 3.3 Reúso Urbano

A viabilidade do reúso urbano é decorrente da origem essencialmente doméstica ou com características similares. Para garantir segurança pública, ou ausência de risco sanitário, deve ser utilizado em fins menos nobres, na qual não é exigida qualidade de água potável.

O reúso urbano pode ser potável e não-potável. O reúso potável<sup>1</sup> deve ter como matéria prima somente esgotos de origem doméstica, além do emprego de barreiras múltiplas, evitando a mistura de esgotos industriais e compostos químicos, de forma a vencer a barreira psicológica da aceitação popular (TELLES *et al.*, 2007). O reúso não-potável<sup>2</sup>, por sua vez, deve ser considerado como a primeira opção por envolver menores riscos. Porém, esse uso também deve ser controlado, principalmente para garantir saúde pública quando a prática exigir contato direto com o usuário (HESPANHOL, 1999).

Dentre os usos mais frequentes para o reúso de águas residuárias destacam-se, de acordo com MANCUSO & SANTOS (2003):

- Irrigação de parques e jardins, centros esportivos, campos de futebol, quadras esportivas, gramados, árvores e arbustos etc;
- Irrigação de áreas ajardinadas públicas, residenciais e industriais;
- Reserva de proteção contra incêndios;
- Sistemas decorativos aquáticos;
- Descargas sanitárias e banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;
- Lavagem de trens e ônibus; e
- Controle de poeiras em obras de engenharia e na construção civil.

---

<sup>1</sup> Reúso Potável: água potável (ingestão) como produto final do tratamento.

<sup>2</sup> Reúso não-potável: água não potável, limitada aos usos previstos, como exemplo, irrigação de plantas

### 3.4 Reúso de Água em Edificações

Os volumes de água reutilizados em edificações podem ser expressivos e aplicados em várias atividades, principalmente nas não-potáveis, já que os usos potáveis, geralmente, sofrem com a dificuldade da aceitação pública devido às características de qualidade da água e custos maiores de tratamento da mesma (REBOUÇAS, 2002).

Para se obter água de maior qualidade é preciso que se apliquem sistemas de tratamento e controle avançados, cujos custos podem tornar essa alternativa inviável. Isto é, quanto maior o grau do tratamento, maior o custo. Isso explica a limitação financeira do uso de águas tratadas (reusadas). Ou seja, é necessário analisar se o benefício irá prevalecer sobre o custo.

Por esses motivos, deve-se priorizar o reúso não-potável, principalmente em edificações, por ser uma aplicação útil e viável, desde que devidamente controlado. As águas de qualidade inferior devem atender exigências mínimas de qualidade específicas para cada tipo de uso, para que o usuário seja assegurado de risco sanitário, e para que as características dessas novas águas não interfiram em funções e equipamentos envolvidos nas atividades em questão (HAFNER, 2007).

Dessa maneira o tipo de tratamento é definido assim que são conhecidos o uso pré-estabelecido e a proveniência das águas residuárias. Essas se diferenciam conceitualmente uma das outras, de acordo com a descrição a seguir citada por SANTOS (2006):

- *Águas negras*: água residuária proveniente dos vasos sanitários, contendo basicamente fezes, urina e papel higiênico ou proveniente de dispositivos separadores de fezes e urina, tendo em sua composição grandes quantidades de matéria fecal e papel higiênico. Águas negras segregadas das demais resultam em estações de tratamento menores, operando de forma mais estável e produzindo menos subprodutos. Os lodos podem ser aproveitados na agricultura e o biogás valorizado do ponto de vista energético.
- *Águas cinzas*: águas servidas provenientes dos diversos pontos de consumo de água na edificação (lavatórios, chuveiros, banheiras, pias de cozinha, máquina de lavar roupa e tanque), exceto as provenientes dos vasos sanitários (JEFFERSON *et al.*, 1999; ERIKSSON *et al.*, 2002; OTTOSON & STENSTRÖM, 2003). Alguns autores, como NOLDE (1999) e CHRISTOVA-BOAL *et al.* (1996), consideram a água residuária de

cozinhas como água negra, devido à presença de elevadas concentrações de matéria orgânica e de óleos e gorduras.

- *Águas amarelas*: água residuária proveniente de dispositivos que separam a urina das fezes. Podem ser geradas em mictórios ou em vasos sanitários com compartimentos separados para coleta de fezes e de urina. As águas amarelas podem ser recuperadas sem tratamento, sendo utilizadas como importante fonte de nitrogênio na agricultura.

### 3.4.1 Reúso de Águas Cinzas

O Sistema de Reúso de Águas Cinzas em Edificações reutiliza a água, após ser tratada, para fins não-potáveis. Um exemplo de aplicação é a utilização do efluente de lavatórios e chuveiros em descargas de bacias sanitárias. Deste modo a água é aproveitada, pelo menos duas vezes, além de evitar utilizar a água potável onde seu uso é totalmente dispensável.

Além disso, o reúso de água cinza para finalidades não-potáveis, como, por exemplo, jardinagem e descargas de vasos sanitários, diminui o porte da instalação de estações de tratamento de esgotos uma vez que diminui, quantitativamente, o lançamento de esgotos na rede pública (BAKIR, 1999 *apud* MANCUSO & SANTOS, 2003).

A água cinza contém componentes decorrentes do uso de sabão ou de outros produtos para lavagem do corpo, de roupas ou de limpeza em geral, sendo originada de lavatórios, chuveiros, pias e máquinas de lavar roupas (JEFFERSON *et al.*, 1999). Por esse motivo essas águas contêm elevados teores de matéria orgânica, de sulfatos, além de turbidez e de moderada contaminação fecal (SANTOS, 2006).

A possibilidade do uso de águas cinzas é avaliada de acordo com a quantidade disponível e com a qualidade necessária para o uso previsto. Para uso doméstico, quantitativamente, o reúso em descargas de bacias sanitárias se justifica, uma vez que as vazões de lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar roupas suprem as vazões destinadas, e em relação à qualidade, é preciso uma avaliação criteriosa das características da água a ser utilizada a fim de garantir segurança sanitária.

As características da qualidade da água cinza variam de acordo com a localidade e nível de ocupação da residência, faixa etária, estilo de vida, classe social e costumes dos moradores,

além do tipo de fonte de água cinza que está sendo utilizada (lavatório, chuveiro, máquina de lavar etc) (NOLDE, 1999 & NSWHEALTH, 2000).

Outros fatores também contribuem para as características da água cinza, como a qualidade da água de abastecimento, o tipo de rede de distribuição da água de abastecimento e o tipo de rede de água de reúso (ERIKSSON *et al.*, 2002).

Embora a água proveniente de lavatórios e chuveiros seja aparentemente mais limpa que a água proveniente de vasos sanitários é necessária a sua desinfecção antes da reutilização, evitando uma eventual multiplicação de germes e bactérias em partes sensíveis do corpo humano, caso seja utilizada novamente em descargas de vasos sanitários.

A desinfecção é a etapa final de um tratamento das águas residuárias em nível secundário, precedida pelo gradeamento, decantação e filtração. Assim, o reúso está condicionado à aplicação em diversos usos, evitando o risco sanitário. Com esse tipo de tratamento obtém-se água de baixa turbidez, inodora e isenta de microorganismos patogênicos. A necessidade de desinfecção é devido à possível presença de coliformes fecais e outros tipos de contaminação.

O sistema de reúso deve apresentar, ainda, soluções envolvendo saúde pública, controle da poluição ambiental e soluções construtivas e de projeto visando o total funcionamento. E deve ser objeto de licenciamento ambiental.

Os usos mais prováveis das águas cinzas em edificações são lavagem de pisos, irrigação de jardins, descargas de vasos sanitários e paisagismo.

### **3.4.2 Reúso de Águas Cinzas x Economia Financeira**

Evitar o desperdício e fazer o uso racional da água passam a ser preocupação econômica, além de ser também uma preocupação ambientalista (SILVA, 2005). Este tipo de preocupação já faz parte de ações das secretarias de meio ambiente, em forma de condicionantes para obtenção de licenciamento ambiental de construções. Estas ações tendem a ser mais restritivas quanto maior for o impacto da edificação e quanto maior a necessidade da racionalização.

O desperdício em bacias sanitárias é um dos grandes problemas relacionados à falta de consciência de sustentabilidade. Segundo ROCHA (2001), enquanto 20% das bacias sanitárias em edificações norte-americanas apresentam vazamentos, no Brasil esse número

aumenta para 70%. Isso subsidia a substituição de água potável por água de reúso em descargas de bacias sanitárias.

A técnica de reúso da água é reconhecida como uma das opções mais inteligentes para a racionalização dos recursos hídricos, porém depende da aceitação popular, da aprovação mercadológica e da vontade política. Desta forma está condicionada à relação custo x benefício (TELLES & COSTA, 2007).

A viabilidade econômica de um sistema de reúso de águas cinzas em descargas de vasos sanitários está relacionada ao consumo. De acordo com MOTA *et al.* (2006), a implantação do sistema se torna útil para residências que possuem consumo mensal de água elevado, em torno de 25m<sup>3</sup>. Consumos mensais inferiores a esse valor tornam o sistema inviável devido aos custos de implantação e a economia obtida mensalmente considerando os custos com equipamentos e taxas da concessionária distribuidora de água.

Os custos de implantação de sistemas de reúso em edificações que ainda não foram construídas, ou seja, que estão em fase de projeto são mais baixos, simplificam o trabalho e acarretam menos transtornos construtivos (CHAHIN, 1999).

Outra questão importante se dá em relação aos custos do tratamento. Para que a água cinza possa ser utilizada com a devida segurança sanitária é preciso que seja aplicado o tratamento de acordo com o uso pré-estabelecido. São maiores os custos quanto maiores os níveis de exigência de tratamento.

Portanto a viabilidade do projeto é previamente admitida por meio da associação dos custos econômicos com a relação benefício x riscos.

### **3.5 Parâmetros de Projeto de Sistemas de Reúso de Águas Cinzas**

O projeto de um sistema de reúso necessita ser elaborado de forma cuidadosa, levando em consideração aspectos técnicos na concepção, como volumes de demanda, volumes de armazenamento, tratamento necessário da água (de acordo com a finalidade do reúso), sistema de monitoramento da qualidade etc. Por causa disso um plano de ações se torna essencial e deve ser preferencialmente elaborado com auxílio de um profissional da área para uma melhor avaliação dos benefícios e custos decorrentes do reúso (GONÇALVES *et al.*, 2005).

O reúso da água em edificações é possível desde que as mesmas sejam projetadas para esse fim, respeitando todas as diretrizes a serem analisadas, por exemplo, evitar que a água reutilizada seja misturada com a água tratada para que não aconteça contaminação e não permitir o uso da água reutilizada para consumo direto, preparação de alimentos e higiene pessoal. A qualidade deve ser a necessária para atender aos usos previstos e garantir da segurança sanitária.

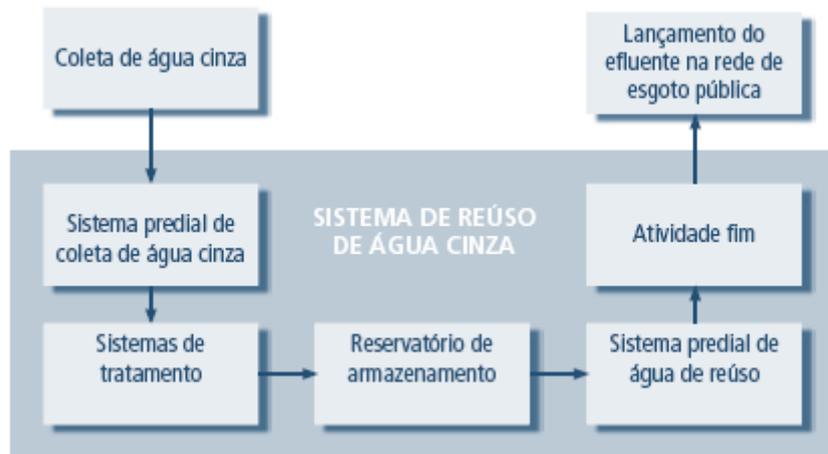
Como cada obra possui suas particularidades, é importante que o projeto seja adaptado a cada uma delas. Porém, as variáveis a serem analisadas serão sempre as mesmas: o uso da água, a tecnologia envolvida, os parâmetros de custos operacionais juntamente à energia consumida, além dos produtos aplicados no tratamento da água.

A implantação de um sistema de reúso não é simples e implica acréscimos de custo significativo à obra. Esses custos variarão de acordo com a finalidade da reutilização da água e conseqüentemente com o grau de tratamento necessário.

A configuração básica de um sistema de utilização de águas cinzas – em forma esquemática na fig.2 e mais detalhado na fig.3 – compreende o subsistema de coleta de água servida (ou água cinza), o subsistema de condução (ramais, tubos de queda e coletores), a unidade de tratamento (com as etapas de gradeamento, decantação, filtração e desinfecção), o reservatório de acumulação, o subsistema de recalque e a rede de distribuição (SANTOS, 2002). O esquema apresentado na fig.2 pode ser aplicado à qualquer edificação desde que seja adaptado ao uso previsto e as características específicas de cada obra.

Os projetos relacionados ao reúso devem ser criteriosos e elaborados por engenheiros especializados, cujo cuidado deve ser desde a especificação de todos os componentes – como, por exemplo, os reservatórios, sistemas de tratamento e redes de distribuição – até a

conscientização dos operários. A execução e a manutenção do sistema devem ficar a cargo de mão-de-obra qualificada.



**Figura 2** – Sistema de Reúso de Água Cinza.  
Fonte: SindusCon-SP, 2005.

Segundo SINDUSCON (2005) os principais elementos associados ao projeto de sistemas de reúso direto de águas cinzas são: pontos de coleta de águas cinzas e pontos de uso; determinação de vazões disponíveis; dimensionamento do sistema de coleta e transporte das águas cinzas brutas; determinação do volume de água a ser armazenado; estabelecimento dos usos das águas cinzas tratadas; definição dos parâmetros de qualidade da água em função dos usos estabelecidos; tratamento da água; e dimensionamento do sistema de distribuição de água tratada aos pontos de consumo.

Vários cuidados devem ser tomados com a finalidade de diminuir os riscos na utilização de um sistema de reúso. Os sistemas hidráulicos e reservatórios de água potável e de reúso devem ser totalmente independentes e identificados através de cores próprias, a fim de se evitar a contaminação cruzada. As torneiras de água não-potável devem possuir acesso restrito e programas de informação e capacitação das equipes e usuários devem ser feitos para promover a correta utilização do sistema. Para uma melhor visualização da água de reúso, essa pode ser pigmentada. Além disso, é necessário monitoramento constante para que a água a ser reutilizada se enquadre nos padrões de qualidade específicos para cada uso (bab.2).

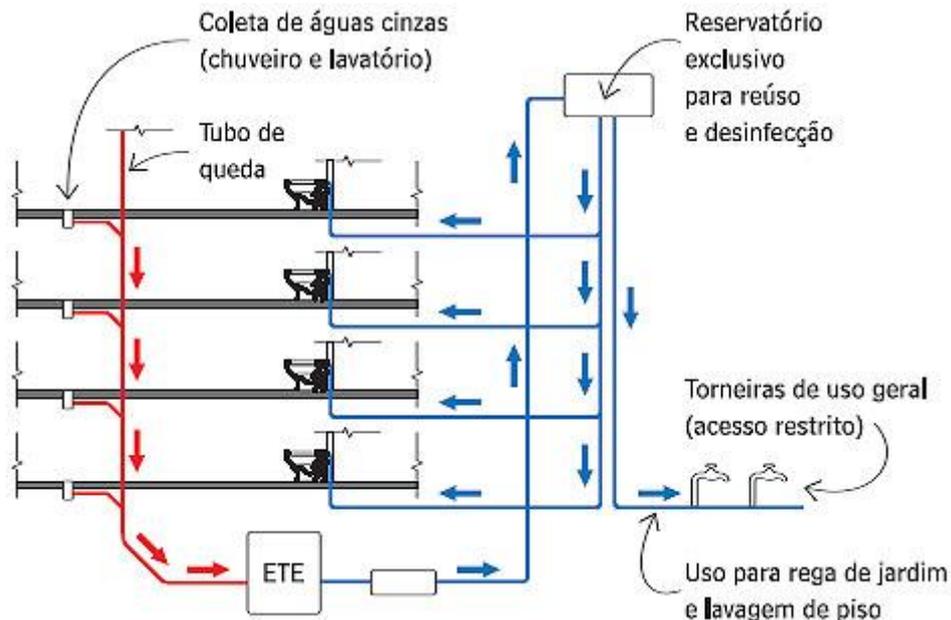
**Tabela 2 – Exigências mínimas da água em função do uso.**

<b>USO</b>	<b>EXIGÊNCIAS MÍNIMAS</b>
<b>Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- não deve apresentar mau cheiro;</li> <li>- não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;</li> <li>- não deve ser abrasiva;</li> <li>- não deve manchar superfícies;</li> <li>- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>
<b>Água para descarga em bacias sanitárias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- não deve apresentar mau cheiro;</li> <li>- não deve ser abrasiva;</li> <li>- não deve manchar superfícies;</li> <li>- não deve deteriorar os metais sanitários;</li> <li>- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>
<b>Água para refrigeração e sistema de ar condicionado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- não deve apresentar mau cheiro;</li> <li>- não deve ser abrasiva;</li> <li>- não deve manchar superfícies;</li> <li>- não deve deteriorar máquinas;</li> <li>- não deve formar incrustações.</li> </ul>
<b>Água para lavagem de veículos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- não deve apresentar mau cheiro;</li> <li>- não deve ser abrasiva;</li> <li>- não deve manchar superfícies;</li> <li>- não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem;</li> <li>- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>
<b>Água para lavagem de roupa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- deve ser incolor;</li> <li>- não deve ser turva;</li> <li>- não deve apresentar mau cheiro;</li> <li>- deve ser livre de algas;</li> <li>- deve ser livre de partículas sólidas;</li> <li>- deve ser livre de metais;</li> <li>- não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;</li> <li>- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>
<b>Água para uso ornamental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- deve ser incolor;</li> <li>- não deve ser turva;</li> <li>- não deve apresentar mau cheiro;</li> <li>- não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;</li> <li>- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>

**Fonte:** GONÇALVES *et al.* (2006)

No contexto atual, no qual é preciso que o desenvolvimento seja sustentável, as edificações e seus sistemas prediais devem ser concebidos para atender não somente às necessidades dos habitantes, mas também às do meio ambiente. Desta forma é preciso que o projetista tenha sensibilidade, conhecimento e informação sobre esses novos conceitos para o atendimento aos

anseios sociais e ambientais, num meio onde o avanço tecnológico é crescente (SANTOS, 2002).



Nota: ETE: estação de tratamento de esgotos

**Figura 3** – Esquema de Sistema de reúso de água cinza  
Fonte: CICHINELLI, 2008.

A concepção de um sistema de reúso deve avaliar sistematicamente o potencial das características do projeto com o objetivo de atingir a aplicação ideal. Devem ser avaliados o clima, a disponibilidade de recursos hídricos, o fator econômico e as características sócio-culturais dos potenciais beneficiários em estudo que deverá abordar (NASCIMENTO & HELLER, 2004):

- A caracterização das demandas por água de abastecimento na edificação, especificando-se os requisitos de qualidade para o uso estabelecido, confrontando com as características e tipo de esgotos reutilizado;
- Análise de riscos à saúde dos usuários e de riscos ambientais;
- Identificação e sistematização de requisitos operacionais e de manutenção do sistema;

- Identificação e sistematização do requisito de monitoramento e de prevenção de risco sanitário;
- Análise econômico-financeira para evidenciar os custos e benefícios da implantação do sistema de reúso; e
- Identificação da necessidade de implementação e regulamentação da política de reúso.

O reúso de águas cinzas a fim de atender a vazão das descargas de bacias sanitárias está relacionado com as vazões dos aparelhos que irão suprir a demanda das mesmas. Portanto, se o uso de águas cinzas de chuveiros e lavatórios for exclusivamente para a descarga de bacias sanitárias, essa água tende a atender quantitativamente sem maiores problemas de acordo com o consumo necessário dos aparelhos sanitários da tab.3. Ou seja, a quantidade de água necessária para o funcionamento das descargas sanitárias é menor que a quantidade de água esgotada pelo uso de lavatórios e chuveiros.

**Tabela 3 –** Parametrização do consumo de água em edificações domiciliares.

APARELHO SANITÁRIO	CONSUMO DE ÁGUA (%)	
	AWWA*	PNCDA**
Bacia sanitária	26,1	5,0
Chuveiro	17,8	55,0
Banheira	1,8	-
Lavatório e pia de cozinha	15,4	26,0
Lavadora de pratos	1,4	1,0
Lavadora de roupas	22,7	11,0
Perdas físicas	12,7	-
Outros	2,1	3,0

\*AWWA: American Water Works Association

\*\*PNCDA: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

**Fonte:** SANTOS (2002)

A tab.3 apresenta dados já publicados sobre a parametrização do consumo de água em uma edificação de baixa renda destacando a hierarquia baseada na magnitude do consumo. Assim identifica-se facilmente a prioridade de ações de economia de água (FIORI et al, 2006).

A tab.4, por sua vez, apresenta uma situação de consumo de água em domicílios americanos antes e após a implementação de ações evidenciando a conservação da água, além de

explicitar os aparelhos que mais contribuíram para a economia (bacia sanitária 51%, chuveiro 35% e lavadora de roupas 30%).

**Tabela 4 –** Parametrização do consumo de água em domicílios americanos.

APARELHO SANITÁRIO*	CONSUMO DE ÁGUA (%)	
	SEM CONSERVAÇÃO	COM CONSERVAÇÃO
Bacia sanitária	19,3	9,3
Chuveiro	17,2	11,1
Lavatório e Pia de cozinha	11,4	11,1
Banheira	1,3	1,3
Lavadora de pratos	1,0	1,0
Lavadora de roupas	16,8	11,8
Perdas	9,4	4,7
Outros usos	1,6	1,6
Total	74,0	51,9

\*Tabela adaptada de dados apresentados em GELT et al (2001).

Fonte: SANTOS (2002)

Apesar da hierarquia descrita anteriormente, o tipo de edifício irá viabilizar ou não o reúso de águas. De acordo com a tab.5, em edifícios residências a recirculação de água de reúso é de aproximadamente 50%, se forem utilizadas as águas servidas no asseio pessoal (12,3%), no banho (24,5%) e na lavagem de roupas (18,4%). Já em edifícios comerciais, a ausência de chuveiros reduz a recirculação de água de reúso para aproximadamente 20%.

**Tabela 5 –** Distribuição de água no consumo doméstico.

ATIVIDADE	% DO CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA
Beber / cozinhar	3,7
Lavar louças	4,3
Limpeza de casa	6,1
Asseio pessoal (s/ banho)	12,3
Lavar roupa	18,4
Banho / chuveiro	24,5
Descarga sanitária	30,7

Fonte: CHAHIN (1999) *apud* HAMBURGER WASSERWERKE

Todavia, como em outros tipos de projeto, há fatores limitantes quanto ao reúso de água. O primeiro deles diz respeito à concepção do projeto. Isto é, o projeto somente será viável se os

conceitos de reúso estiverem aplicados desde a concepção do projeto arquitetônico. O outro fator limitante diz respeito à ausência de normalização em relação aos sistemas de coleta e reúso de águas cinzas e negras. Por enquanto, no Brasil, os projetos se baseiam no Manual de Conservação e Reúso de Águas em Edificações do Sinduscon (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo) e nos parâmetros do Guidelines for Water Reuse da EPA (Environmental Protection Agency). Além disto, a falta de projetistas hidráulicos especializados e o número limitado de produtos oferecidos no mercado dificultam a implantação e a execução dos projetos de sistemas de reúso (CICHINELLI, 2008).

Os sistemas prediais hidráulicos e sanitários se dividem em sistemas de Água Fria, de Água Quente, de Esgotamento Sanitário e de Águas Pluviais. Entre esses a implantação de um sistema de reúso de águas cinzas leva em consideração os aspectos normativos de sistemas de água fria e de esgotamento sanitário.

Primeiramente deve-se calcular a vazão diária que depende da vazão específica dos aparelhos sanitários (entrada e saída) associada a frequência e duração do uso. Definida a vazão segue o dimensionamento das tubulações e reservatórios para que o sistema possa suprir a vazão de funcionamento das peças. O projeto da estação de tratamento leva em consideração a qualidade da água cinza necessária para cada finalidade de uso.

As tubulações do subsistema de distribuição de água de reúso devem ser dimensionadas visando uma estimativa realista da vazão de projeto, não superestimando os diâmetros das tubulações. O cálculo utilizado para esse fim pode ser o mesmo utilizado para o cálculo de tubulações de água fria, de acordo com a norma “Instalação Predial de Água Fria – NBR 5626” (ABNT, 1998). A importância de se obter os diâmetros mais reais resulta na otimização e na racionalização do projeto, além de diminuir a demanda em mananciais de abastecimento, ou seja, medidas de conservação de água que economizam água no âmbito domiciliar acabam trazendo economia no sistema público de abastecimento, e automaticamente nos mananciais (SANTOS, 2002).

O subsistema de condução, ou seja, os ramais, tubos de queda e coletores são calculados de acordo com a norma “Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário: Projeto e Execução – NBR 8160” (ABNT, 1999). Essa norma tem como requisitos propiciar o rápido escoamento do esgoto e garantir o impedimento do retorno dos gases ao ambiente, podendo o projetista personalizar a configuração do sistema para cada tipo de projeto.

A unidade de tratamento deve ser dimensionada de acordo com os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água cinza, e de acordo com o uso previsto. Esses parâmetros se baseiam em componentes comumente presentes no esgoto bruto e devem atender aos critérios de qualidade para que seu uso seja sanitariamente seguro. Geralmente a análise para a especificação da estação de tratamento é feita por uma empresa especializada que abordará todas as informações necessárias.

Análises qualitativas obtidas por ZABROCKI & SANTOS (2005) demonstram concentrações consideráveis de coliformes totais e termotolerantes, além de valores expressivos de cor e turbidez na água cinza. Esses resultados explicam a necessidade da etapa de tratamento de águas cinzas removendo matéria orgânica e microorganismos patogênicos para ser utilizada em fins não-potáveis como, por exemplo, em descargas de bacias sanitárias.

De acordo com BAZZARELLA *et al.* (2005), as características das águas cinzas dependem também da qualidade da água de abastecimento, do tipo de rede de distribuição – tanto da água de abastecimento quanto da água de reúso – do tipo de fonte de água cinza que está sendo utilizada (lavatórios, chuveiros etc), além das atividades realizadas dentro das edificações, as quais, por sua vez, dependem da classe social, faixa etária, estilo de vida, costumes e produtos químicos utilizados.

A tab.6 apresenta padrões para reúso de água em relação aos usos em bacias sanitárias e em irrigação de áreas (jardins). Para que a água seja considerada de reúso sem que haja risco sanitário é necessário que seus parâmetros estejam abaixo dos valores aceitáveis dessa tabela.

**Tabela 6 – Critérios de aplicabilidade para o Reúso em fins urbanos não-potáveis**

USO	PARÂMETROS	FUKUOKA PREFECTURE GOVERNMENT <sup>(1)</sup>	EPA (1992)	FLORIDA (1995) <sup>(2)</sup>
Descargas sanitárias	pH	5,8 – 8,6	6 – 9	-
	DBO (mg/L)	20	≤ 10	20
	Turbidez (NTU)	-	≤ 2	-
	Cloro Residual	0,5	≤ 1	-
	Coliformes	10	Não detectável	-
Irrigação de áreas de acesso restrito	pH	-	6 -9	-
	DBO (mg/L)	-	≤ 30	20
	Turbidez (NTU)	-	-	-
	Cloro Residual	-	≥ 1	-
	Coliformes	-	≤ 200	Nenhum

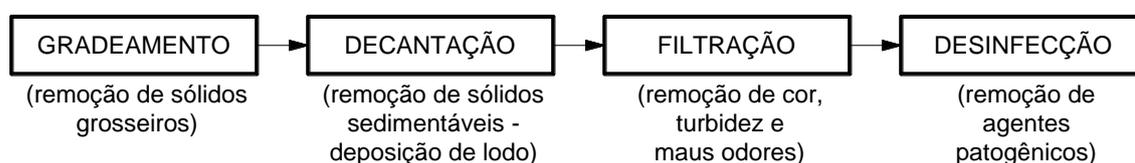
<sup>(1)</sup> YAMAGATA *et al.* (2002)

<sup>(2)</sup> CROOK & SURAMPALLI (1986)

**Fonte:** ZABROCKI & SANTOS (2005)

Apesar da existência de parâmetros limites internacionais para a utilização de água cinza, torna-se cada vez mais necessária a criação de normas brasileiras pelo fato das características variarem de acordo com características de águas de abastecimento e estas também variarem em cada região e com o destino do uso.

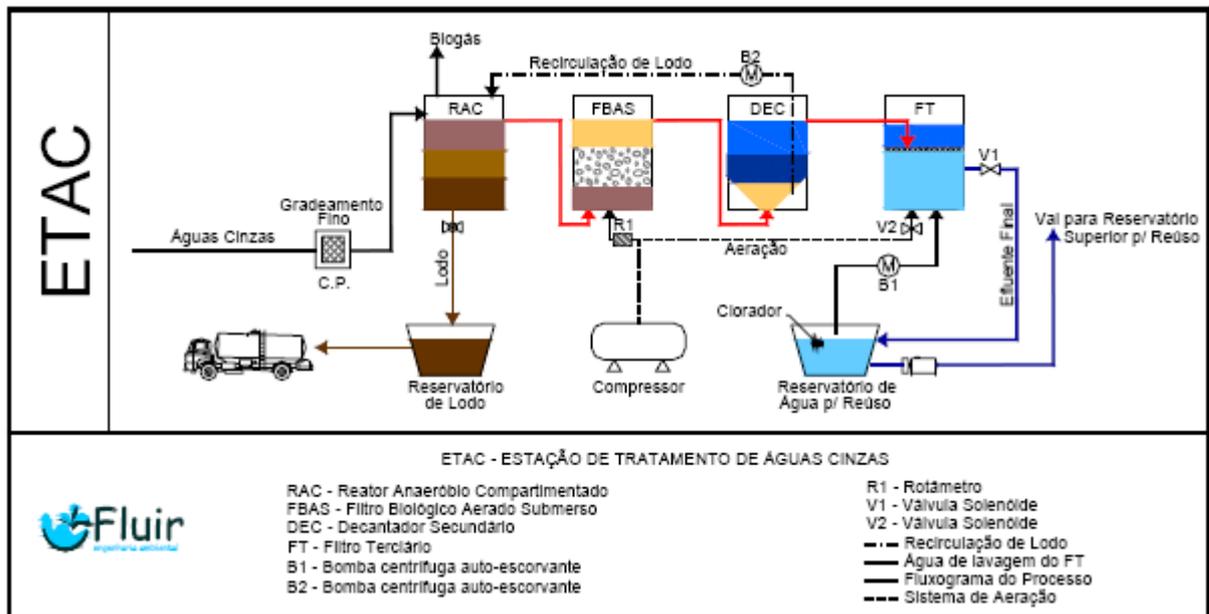
Segundo CICHINELLI (2008) existem várias tecnologias que visam o tratamento das águas cinzas. Os processos mais comuns são de sedimentação (tratamento primário) e filtração, visando a separação dos sólidos, a seguir tem-se o tratamento aeróbio-biológico, que remove a matéria orgânica, e, por último, a desinfecção, responsável pelo controle e eliminação de agentes patogênicos (Fig.4).



**Figura 4** – Esquema das fases de tratamento para águas cinzas.  
Fonte: elaboração própria.

O tratamento mais indicado, segundo BAZZARELLA, 2005 & CHAHIN, 1999, é o biológico combinado com anaeróbio e aeróbio. A presença de contaminação fecal em águas cinzas explica a necessidade de desinfecção antes da reutilização. Esta desinfecção pode ser feita de várias maneiras, entretanto a mais simples é por cloração, apresentando menor custo de instalação e facilidade de automatização.

A Figura 5 apresenta um exemplo de estação de tratamento de águas cinzas aplicada a um projeto de Hotel, em Belo Horizonte. A empresa responsável, FLUIR (2008), dimensiona o tratamento ao analisar as características de projeto, como por exemplo, o nº de unidades, a quantidade de usuários (clientes e funcionários), o consumo per capita de água, o nº de refeições, as características do restaurante, etc. Essas características arquitetônicas e de ocupação determinarão as características da água cinza para esta edificação.



**Figura 5** – Exemplo de Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC).  
Fonte: FLUIR, 2008.

Geralmente os usos previstos após o tratamento das águas cinzas em estações de tratamento como a da fig.5 são não-potáveis, como por exemplo descargas de bacias sanitárias e irrigação de jardins, pelas características finais alcançadas.

### 3.6 Demonstração de Cálculo para Reúso de Águas Cinzas em Descargas de Bacias Sanitárias

A implantação de sistemas de águas cinzas é específica para cada tipo de edificação e para cada tipo de uso previsto, levando em consideração as vazões das peças sanitárias e o tipo de tratamento necessário.

Seguem abaixo equações para o cálculo do reúso de águas originadas de chuveiros e lavatórios em descargas de bacias sanitárias, conforme fundamentado em SANTOS (2002).

Primeiramente são calculadas as vazões geradas pelos chuveiros e lavatórios:

$$\begin{aligned} Q_{CH} &= xL / \text{seg} \\ t_{UT} &= y \text{ min} \\ Quant &= z \text{ vezes} \end{aligned} \quad \rightarrow \quad \boxed{V_{CH} = Q_{CH} \times t_{UT} \times Quant} \quad (2.6.1)$$

$$\begin{aligned} Q_{LV} &= xL / \text{seg} \\ t_{UT} &= y \text{ min} \\ Quant &= z \text{ vezes} \end{aligned} \quad \rightarrow \quad \boxed{V_{LV} = Q_{LV} \times t_{UT} \times Quant} \quad (2.6.2)$$

Nas quais:

- $Q_{CH}$  = Vazão efluente ao chuveiro (de acordo com o fabricante)
- $Q_{LV}$  = Vazão efluente ao lavatório (de acordo com o fabricante)
- $t_{UT}$  = Tempo de utilização
- $Quant$  = Quantidade de vezes de acionamento
- $V_{CH}$  = Volume de águas cinzas gerada chuveiro
- $V_{LV}$  = Volume de águas cinzas gerada lavatório

A seguir é calculada a vazão das descargas das bacias sanitárias:

$$\begin{aligned} Q_{VS} &= xL / \text{seg} \\ t_{UT} &= y \text{ min} \\ Quant &= z \text{ vezes} \end{aligned} \quad \rightarrow \quad \boxed{V_{VS} = Q_{VS} \times t_{UT} \times Quant} \quad (2.6.3)$$

Nas quais:

- $Q_{VS}$  = Vazão necessária à descarga do vaso sanitário (de acordo com o fabricante)
- $V_{VS}$  = Volume necessário à descarga do vaso sanitário

A viabilidade do sistema é obtida se a vazão das bacias sanitárias for suprida pelas vazões dos chuveiros e lavatórios, com economia de água potável anteriormente utilizada em fins menos nobres.

### Exemplo de aplicação

Para um maior entendimento do equacionamento exposto no item anterior, é apresentada a seguir uma simulação na qual se considera um chuveiro com vazão de 0,10 L/seg, sendo acionado 1 vez por dia durante 15 minutos, e um lavatório com vazão de 0,10 L/seg, acionado 5 vezes por dia durante 30 segundos cada utilização. Assim, o volume de reúso pode ser obtido, conforme indicado:

$$Q_{CH} = 0,10L / seg$$

$$t_{UT} = 15 \text{ min} = 900s \rightarrow V_{CH} = 0,10L / seg \times 900s \times 1 = 90L$$

$$Quant = 1vez$$

$$Q_{LV} = 0,10L / seg$$

$$t_{UT} = 30s \rightarrow V_{LV} = 0,10L / seg \times 30s \times 5 = 15L$$

$$Quant = 5vezes$$

$$V_{REÚSO} = V_{CH} + V_{LV} = 90L + 15L = 105L$$

Podem ser admitidas perdas de 5%, fazendo com que o volume disponibilizado de água cinza seja aproximadamente de 95L. Esse é também o volume para o dimensionamento do reservatório de água de reúso.

A descarga de uma bacia sanitária consome em média uma vazão de 10 a 12 L/s de água potável cada vez que é acionada. O acionamento é muito rápido, sendo considerado de 1s. Pode-se supor, também em nível de cálculo, que seja acionada 4 vezes por dia. Assim:

$$Q_{VS} = 12L / seg$$

$$t_{UT} = 1s \rightarrow V_{VS} = 12L / s \times 1s \times 4 = 48L$$

$$Quant = 4vez$$

Para a viabilidade desse projeto é preciso que o volume de reúso ( $V_{REÚSO}$ ) seja maior ou igual ao volume das descargas da bacia sanitária ( $V_{VS}$ ). Portanto:  $V_{REÚSO} \geq V_{VS}$ .

Nesse caso, o  $V_{REÚSO} = 95L$  é maior que  $V_{VS} = 48L$ , confirmando ainda a economia de 47L de água. Esse valor restante poderá ser utilizado para outras finalidades menos nobres, como, por exemplo, irrigação de jardins, desde que devidamente manipulada.

O exemplo acima descrito evidencia que apenas a substituição do uso de água potável em bacias sanitárias em edificações residenciais ou edificações que apresentem chuveiros e lavatórios nas instalações sanitárias (por tratar de suprir a demanda das descargas sanitárias) por água de reúso apresenta economia significativa de água na rede de abastecimento urbano.

A economia decorrente da utilização de água de reúso para fins menos nobres, junto às ações de conscientização, como a diminuição do tempo de acionamento das peças sanitárias, são medidas que deverão fazer parte dos costumes da sociedade para que a preservação do meio ambiente favoreça as gerações futuras.

## 4 METODOLOGIA

A Pesquisa Bibliográfica constituiu a base desta monografia, na qual foram encontradas referências publicadas em documentos sobre a implantação de sistemas de reúso de águas cinzas em edificações. Foram pesquisados artigos, livros, normas e Internet para elucidar informações sobre a conceituação e a normalização. Para o melhor direcionamento da pesquisa bibliográfica foram procuradas as seguintes palavras-chave e suas combinações: reúso, águas cinzas, águas residuárias, racionalização de água, qualidade de água, entre outras.

Revisão de literatura abrangiu as edificações de uso residencial e comercial, tipologias mais passíveis da aplicação do sistema de reúso de águas cinzas. Foi também apresentado um cálculo hipotético para exemplificar a eficiência dos sistemas de reúso de águas cinzas em descargas de bacias sanitárias, tendo como base SANTOS (2002). São apresentados também esquemas construtivos e normas de execução, exemplificando a implantação do sistema de reúso de águas cinzas. As variáveis estudadas foram relativas à viabilidade econômica e construtiva, a aceitação dos usuários, a segurança sanitária e a manipulação do sistema etc.

Com base na revisão bibliográfica apresentada no capítulo 2, o próximo capítulo apresenta uma síntese sobre quais os aspectos devem ser considerados na a implantação de Sistemas de Reúso de Água Cinzas em Edificações.

## **5 SÍNTESE DOS PRINCIPAIS ASPECTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS**

Com base na revisão bibliográfica apresentada no capítulo 3, esta seção sintetiza os principais aspectos relativos à implantação de sistemas de reúso de águas cinzas em edificações.

O Reúso de Águas Cinzas, mostrou-se uma opção viável em edificações de áreas urbanas. Estudos comprovam que as vazões resultantes da utilização de peças sanitárias como de lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar roupas e etc podem suprir (quantitativamente e qualitativamente) várias atividades, como, por exemplo, descargas de vasos sanitários, irrigação, lavagem de pátios, além de outros. Assim a conservação da água em escala residencial pode trazer economia financeira e combater o desperdício.

Todavia para que a implantação de um sistema de reúso de águas cinzas seja viável é necessário, que a aplicação se destine a fins não-potáveis e que a origem do esgoto seja doméstica. Os requisitos apresentados na tabela a seguir minimizam o grau de tratamento necessário e conseqüentemente o custo financeiro para a implantação do Sistema. Neste sentido a análise da quantidade de volume de Águas Cinzas disponíveis nas edificações bem como uma avaliação da qualidade necessária a fim de se evitar riscos sanitários tornam-se pré-requisitos de suma importância, o primeiro referente ao dimensionamento das partes constituintes e a segundo referente ao risco sanitário envolvido.

No que se refere a análise das quantidades pode-se inferir que os volumes de demanda e de armazenamento vão dimensionar os reservatórios que, por sua vez, deverão constar na concepção do projeto arquitetônico. O dimensionamento desses elementos é equivalente ao dimensionamento de sistemas de água fria e de esgoto. Contudo os sistemas hidráulicos de água potável e de água de reúso devem ser totalmente independentes. O motivo dessa separação é evitar a contaminação cruzada entre os sistemas, além de evitar o uso da água reutilizada para consumo direto, preparação de alimentos e higiene pessoal. Neste sentido medidas de controle interessantes referem-se à implantação de torneiras com acesso restrito e identificação e pigmentação da água de reúso. Não obstante devem ser contemplados: a coleta separada para o lançamento na unidade de tratamento, ou seja, deverão existir dois subsistemas de condução (ramais, tubos de queda e coletores), o primeiro será direcionado à ETE, e o outro direcionado ao sistema de coleta de esgoto público; e a necessidade do subsistema de recalque quando o sistema não for pressurizado, que garante a pressão correta para a distribuição da água de reúso ao uso definido.

No que se refere à análise da qualidade o dimensionamento dependerá das características físicas, químicas e biológicas, cujo controle é feito através de monitoramento constante. Em outras palavras o uso não-potável não descarta a necessidade de tratamento pelo fato das águas cinzas possuírem elevados teores de matéria orgânica, sulfatos, turbidez moderada, além de contaminação fecal. Geralmente o tratamento a fim de se evitar risco sanitário constitui-se de gradeamento, decantação, filtração e desinfecção (SANTOS, 2006). Não obstante o tratamento também visa evitar possíveis interferências na funcionalidade de outros equipamentos envolvidos nas atividades.

Em suma a viabilidade de implantação do sistema de reuso de águas cinzas se dá somente em edificações com consumo mensal de água elevado (maior de 25 m<sup>3</sup>) (MOTA *et al.*, 2006). Além disso, os custos são menores em edificações ainda não construídas, isto é, que são concebidas para esse fim. E finalmente a maior viabilidade se dá para uso não-potável devido ao maior gasto financeiro para se obter água de maior qualidade. Isto é, para a obtenção de água potável a tecnologia de tratamento pode tornar-se inviável financeiramente.

A Tab. 7 sintetiza os principais aspectos discutidos neste capítulo.

**Tabela 7 – Aspectos relativos à implantação de sistemas de reuso de águas cinzas em edificações**

<b>RAZÕES P/ REÚSO</b>	Promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos (diminui a demanda no abastecimento).
	Escassez crescente em ambientes urbanos (NASCIMENTO & HELLER, 2004).
	Necessidade de controle de perdas e desperdícios.
	Evitar a utilização de água potável em casos onde não existe necessidade.
	Grande utilização: irrigação, lavagem de pátios, descargas de vasos sanitários, lavagem de veículos, reserva de incêndio, recreação, paisagismo (BERNARDI, 2003).
	Os volumes de água reutilizados em edificações podem ser expressivos e aplicados em várias atividades, principalmente nas não-potáveis (REBOUÇAS, 2004).
	Conservação da água em escala residencial: economia sensível de recursos financeiros, reduzindo encargos e garantindo a qualidade de vida (GONÇALVES <i>et al.</i> , 2006).
	Alternativa útil e viável (HAFNER, 2007).
	Diminui o porte da instalação de estações de tratamento de esgotos (BAKIR, 2001 <i>apud</i> MANCUSO, 2003).
	Desperdício em bacias sanitárias: 70% em edificações do Brasil (ROCHA, 2001).
<b>PRÉ- REQUISITOS</b>	Origem essencialmente doméstica ou com características similares, em fins menos nobres, para os quais não é exigido qualidade de água potável (TELLES <i>et al.</i> , 2007).
	Reúso controlado para evitar risco sanitário (contaminações).
	Águas de reúso: atendimento de exigências mínimas de qualidade específicas para cada tipo de uso, evitando risco sanitário, e interferências em funções e equip. envolvidos nas ativid.
	Utilização em fins não-potáveis pelo fato do custo financeiro do tratamento.
	Necessidade de tratamento (nível secundário, precedido pelo gradeamento, decantação, filtração e desinfecção): águas com elevados teores de matéria orgânica, de sulfatos, além de turbidez e de moderada contaminação fecal. (SANTOS, 2006)
	Avaliação da quantidade disponível e da qualidade necessária para evitar risco sanitário.
Deve ser objeto de licenciamento ambiental.	

<b>ORIENTAÇÕES P/ PROJETOS</b>	Considerar aspectos técnicos na concepção: volumes de demanda, volumes de armazenamento, tratamento necessário da água (de acordo com a finalidade do reúso), sistema de monitoramento da qualidade (GONÇALVES <i>et al.</i> , 2005).
	Elaborar plano de ações com auxílio de um profissional da área para avaliação dos custos e benefícios (GONÇALVES <i>et al.</i> , 2005).
	Adaptação do projeto de reúso a cada obra
	Variáveis a serem analisadas: o uso da água, a tecnologia envolvida, os parâmetros de custos operacionais, energia consumida, produtos aplicados no tratamento.
	Análise econômico-financeira para evidenciar os custos e benefícios (NASCIMENTO & HELLER, 2004).
	Configuração básica do sistema: subsistema de coleta de água servida (ou água cinza), subsistema de condução (ramais, tubos de queda e coletores), unidade de tratamento (com as etapas de gradeamento, decantação, filtração e desinfecção), reservatório de acumulação, subsistema de recalque e rede de distribuição. (SANTOS, 2002)
	Evitar contaminação cruzada entre água potável e água tratada: os sistemas hidráulicos e reservatórios de água potável e de reúso devem ser totalmente independentes e identificados através de cores próprias.
	Não permitir o uso da água reutilizada para consumo direto (alimentos e higiene pessoal).
	Torneiras de água não-potável: devem possuir acesso restrito
	Pigmentação da água de reúso: para orientação visual.
Dimensionamento da unidade de tratamento: depende dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água cinza, além do uso previsto.	
<b>LIMITAÇÕES</b>	Ausência de normalização em relação aos sistemas de coleta e reúso de águas cinzas e negras (CICHINELLI, 2008).
	Questões financeiras (custos de tratamento e de controle avançados).
	Variação das características da qualidade da água cinza em relação à qualidade, faixa etária, costumes, tipo de fonte etc (NOLDE, 1999 & NSWHEALTH, 2000).
	Viável economicamente (implantação e economia mensal) para edificações com consumo de água elevado, em torno de 25m <sup>3</sup> (mensal) (MOTA <i>et al.</i> , 2006).
	Custos menores em edificações ainda não construídas (CHAHIN, 1999).
	Elaboração dos projetos por engenheiros especializados, desde a especificação de todos os componentes até a conscientização dos operários.
	Informar e capacitar equipes e usuários para promover a correta utilização do sistema.
	Execução e manutenção: mão-de-obra qualificada
Necessidade de monitoramento constante para que a água de reúso se enquadre nos padrões de qualidade específicos.	
Falta de projetistas especializados e número limitado de produtos oferecidos no mercado (CICHINELLI, 2008).	

**Fonte:** elaboração própria.

## 6 CONCLUSÕES

Este estudo mostrou que os sistemas de reúso de águas cinzas é uma importante alternativa para se minimizar as perdas e controlar os desperdícios de água potável, evitando a utilização de água limpa em casos onde não há necessidade. Ademais estes sistemas podem promover a diminuição da demanda nos mananciais de abastecimento, diminuição da quantidade de águas residuárias lançadas na rede de esgoto pública, além da diminuição do porte das instalações de Estações de Tratamento de Esgoto.

Neste sentido o foco para esse tipo de racionalização deve estar, principalmente, nos grandes centros urbanos cujo lançamento desenfreado e crescente de águas residuárias em cursos d'água poluem as reservas de abastecimento. Todavia tal racionalização tem se mostrado cada vez mais necessária, não só em locais onde há escassez natural, mas em regiões ricas em recursos hídricos.

Pode-se concluir também que o resultado da vazão proveniente de lavatórios e chuveiros a ser utilizada em descargas de bacias sanitárias na demonstração de cálculo demonstra a eficiência quantitativa do sistema.

No entanto os Sistemas de Águas Cinzas são pouco aplicados no Brasil. Isso se deve a algumas limitações como, por exemplo, a ausência de normalização específica e à falta de projetistas especializados no mercado. Acredita-se, portanto, que a criação de normas que determinem a implantação de sistemas bem como definem padrões de qualidade para os projetos de reúso de águas cinzas poderá contribuir para o surgimento de novos projetos bem como para o surgimento de profissionais qualificados. Vale ressaltar que essas normas devem contemplar as características da água cinza que variam de acordo com o local, com os costumes e etc.

Ademais, a economia decorrente da utilização de água de reúso para fins menos nobres, as ações de conscientização e a diminuição do tempo de acionamento das peças sanitárias são medidas que devem ser preocupações crescentes da sociedade para preservar o meio ambiente e favorecer gerações futuras.

Na prática a implantação de um sistema de reúso de águas cinzas deve ser elaborada com o auxílio de um profissional especializado a fim de se evidenciar os custos e benefícios.

A implementação de políticas de reúso deve ser o objeto utilizado para difundir o reúso de água à população, uma vez que ainda existe a barreira psicológica para a implantação de tais sistemas no país. Cabe às prefeituras municipais utilizar o reúso como condicionante para a obtenção de licenciamento ambiental.

Espera-se, com a divulgação desta monografia, que os conceitos sobre a Implantação de Projetos de Reúso de Águas Cinzas sejam aplicados e desenvolvidos para auxiliar a promover a sustentabilidade dos recursos hídricos, informar a comunidade científica e capacitar equipes e usuários à correta utilização desses tipos de sistema.

Por fim, o uso racional da água trata-se de uma necessidade cada vez maior para que o bem estar das gerações futuras não seja prejudicada. Alternativas devem ser pesquisadas para complementar o que foi mostrado neste trabalho. Sendo assim seguem abaixo novos caminhos para pesquisas futuras:

- Apresentação de medidas convencionais para a conservação da água;
- Apresentação de outros tipos de reúso de água para edificações;
- Apresentação de equipamentos economizadores de água;
- Estudos sobre a legislação existente para reúso de água;
- Estudo de caso sobre implantação de sistemas de reúso de águas cinzas comparando edificações que utilizam e que não utilizam sistemas de reúso de água;
- Levantamento de aspectos para implantação de sistemas de reúso de água pluvial, etc.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELASKIS, A. N.; SPYRIDAKIS, S. **The status of water resources in Minoan times: a preliminary study.** Angelaskis, A. N. and A. Issar, Editors, Diachronic Climatic Impacts on Water Resources in Mediterranean Region. *Springer-Verlag, Heidelberg, Germany*, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5626:** Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, 1998.
- \_\_\_\_\_. **NBR 8160:** Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário: projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.
- BAKIR, H. **Waster Management Services in Water Stressed Countries: Guiding Principles an Options for Sustainable Development**, In: The 2<sup>nd</sup> Asian Conference of Water and Wastewater Management; Tehran, Iran, 2001.
- BARTY-KING, H. **Water The Book, in Ilustrated History of Water Supply and Wastewater in the United Kingdom.** Quillier Press Limited, London, U.K. 1992.
- BAZZARELLA, B. B.; DIAS, G. B.; MATTOS, C. A.; WIGNER, P. L.; GONÇALVES, R. F. **Caracterização e tratamento de águas servidas de origem residencial (águas cinzas) com vistas para reúso.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL–ABES, n.23, Campo Grande, MS, 2005.
- BERNARDI, C. C. Reúso de água para irrigação. Monografia. 52 p. ISEA-FGV / ECOBUSINESS SCHOLL. Distrito Federal, 2003.
- CHAHIN, R. S.; NETO, C. A. M. F.; MESSUTI, E. RIBEIRO, L. A. **Sistema de aproveitamento de Água para Edificações.** In: CONGERRO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL–ABES, n. 20, 1999, Rio de Janeiro, RJ.
- CICHINELLI, G. **Soluções não potáveis.** Revista Techné, edição 133, São Paulo, 2008.
- CHRISTOVA-BOAL, D. et al. **An investigation into greywater reuse forurban residential properties.** Desalination, v. 106, p. 391–397, 1996. Disponível em: [http:// www. sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- CROOK, J.; SURAMPALLI, R. Y. **Water reclamation and reuse criteria in the U.S. Water CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE.** Resolução n.20 de 18 de junho de 1986. Classificação das águas doces. Diário Oficial da República Federal do Brasil, Brasília, 30 de julho de 1986.
- ERIKSSON, E. et al. **Characteristics of grey wastewater.** *Urban Water*, v. 4, issue 1, p. 85–104, 2002. Disponível em: [http:// www. sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- FILHO, J. D. **Potencialidades de reúso de águas servidas e pluviais, em uma instituição pública de Aracajú/SE.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL–ABES, n.22, 2003, Joinville – SC.
- FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. **Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações.** Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006.
- FLUIR. **Proposta técnica. ETAC, Hotel IBIS Savassi,** Belo Horizonte, MG, 2008.
- GELT, J. et al. **Water in the Tucson Area: Seeking Sustainability.** Arizona: [s.n], 2001.
- GONÇALVES, R. F. **Uso Racional da Água em Edificações.** Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

- HAFNER, ANA VRENI. **Conservação e Reúso de Água em Edificações – experiências nacionais e internacionais**. Dissertação de Mestrado, 161 p. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2007.
- HESPANHOL, I. **Água e Saneamento Básico. Uma visão realista**. In: Rebouças. A. C. (Coord.). *Águas doces no Brasil*. São Paulo: Escrituras, 1999.
- JEFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHENSON, T.; JUDD, S. **Technologies for domestic wastewater recycling**. *Urban Water*, Cranfield, v. 1, n. 4, p. 285-292, 1999.
- KAWAMURA, S. - **Optimization of basic watertreatment processes design and operation: Coagulation and flocculation**. *Aqua* v. 45, n. 1, pp. 35-47, 1996.
- LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo, 1987.
- MACINTRYRE, A.J., **Instalações Hidráulicas**. 1ed Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de Água**. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, SP, 2003.
- MOTA, M. B. R.; MANZANARES, M. D.; SILVA, R. A. L. **Viabilidade de reutilização de água para vasos sanitários**. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, v. 2, n. 2, 2006.
- MUFFAREG, M. R. **Análise e Discussão dos Conceitos e Legislação sobre o Reúso de Águas Residuárias**. Dissertação de Mestrado, Fundação Oswaldo Cruz – Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 2003.
- NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. **Ciência, Tecnologia e Inovação na interface entre as áreas de Recursos Hídricos e Saneamento**. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, n. 1, p. 36-48, jan./mar. 2005.
- NETO, J. D. **Uso eficiente da água: aspectos teóricos e práticos**. Edição eletrônica gratuita. 2008. Em [www.eumed.net/libros/2008c/447/REUSO%20DE%20AGUA.htm](http://www.eumed.net/libros/2008c/447/REUSO%20DE%20AGUA.htm).
- NOLDE, E. **Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings – over ten years experiences in Berlin**. *Urban Water*, v.1, issue 4, p. 275-284, 1999. Disponível em: [http:// www.Sciencedirect.com](http://www.Sciencedirect.com)
- NSWHEALTH. **Greywater reuse in sewerred single domestic premises**, 2000. Disponível em: [http://www.health.nsw.gov.au/public\\_health/ehb/general/wastewater/greywater~policy.pdf](http://www.health.nsw.gov.au/public_health/ehb/general/wastewater/greywater~policy.pdf)
- REBOUÇAS, A; BRAGA, B; TUNDISI, J. (org). **Águas Doces no Brasil: Capital ecológico, Uso e Conservação**. 2ª ed. Rev. ampl. São Paulo: Escrituras, 703 p., 2002.
- RIBEIRO, J., T., KOWATA, E. A. **Tratamento de água por filtração direta ascendente para fins de reuso**. *Revista Boletim Técnico*, n. 10. FATEC-SP, 2001.
- ROCHA, J. S. M. **Educação ambiental técnica para os ensinso fundamental, médio e superior**. Brasília: 2. ed. ver. ampl. ABEAS, 2001.
- SANTOS, D. C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental**. *Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, vol. 2, n.4, p. 7-18, Porto Alegre: Antac, 2002.
- SANTOS, M. L. F.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. **Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

- SILVA, G. H.; PIZZO, H. S.; FERNANDES, V. M. C. **Construção Sustentável: Reúso de água e fontes alternativas de energia como opções para a sustentabilidade habitacional.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, n. 23, Campo Grande, MS, 2005.
- SINDUSCON. **Conservação e Reúso da Água Edificações.** São Paulo, SP, 2005.
- TELLES, D. D'A.; COSTA, R. H. P. G. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas.** 1ª Edição, São Paulo: Editora Blucher, 2007.
- YAMAGATA, H. et al. **On-site insight into reuse in Japan.** Water 21, august 2002.
- ZABROCKI, L.; SANTOS, D. C. **Caracterização da água cinza em edifícios residenciais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL-ABES, n.23, Campo Grande, MS, 2005.