



## II-352 – AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL DO REÚSO DE ÁGUA CINZA EM DIFERENTES EDIFICAÇÕES

**Rafaela Recla Cometti<sup>(1)</sup>**

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo.

**Natália Araújo Dias**

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo e graduanda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Espírito Santo.

**Karla Ponzo Vaccari Annecchini**

Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Engenheira da Companhia Espírito Santense de Saneamento – CESAN.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Ocarlina Drumond de Carvalho, nº350 – Maria Ortiz – Vitória – Espírito Santo - ES - CEP: 29.070-530 - Brasil - Tel: (27) 3327-8936 - e-mail: [rafaelarecla@yahoo.com.br](mailto:rafaelarecla@yahoo.com.br)

### RESUMO

O aumento da demanda por água em áreas urbanas resultante do crescimento da população, da industrialização, dos maus hábitos, do desperdício e da falta de gestão dos recursos hídricos aponta a necessidade de se desenvolver alternativas de abastecimento de água de forma a minimizar a perspectiva de sua escassez.

Vários mecanismos de conservação de água vêm sendo estudados, e, dentre eles, o reúso de água cinza para uso não potável surge como alternativa de busca pelo uso racional e eficiente da água.

Como premissa para instalação de sistemas de reúso deve-se verificar se a produção de água cinza atenderá a demanda por água de reúso. Dessa forma este trabalho visa estimar a produção e demanda de água cinza em três tipologias de edificação: residencial unifamiliar, residencial multifamiliar e comercial. Para isso utiliza-se uma série histórica de dois anos das contas de água de cada edificação e dados de porcentagem e vazão do consumo dos aparelhos sanitários, tendo como finalidade avaliar o potencial de economia de água potável em cada edificação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água - Reúso. Água cinza. Água - Conservação.

### INTRODUÇÃO

Tendo em vista o rápido crescimento populacional, o desordenado processo de urbanização e os constantes avanços nos processos de industrialização, o ambiente urbano passa a sofrer interferências das mais diversas formas (FIORI, 2005).

Um dos grandes problemas enfrentados como consequência das ações antrópicas é a escassez de água. Esta, indispensável para sobrevivência humana, tem se tornado um recurso cada vez mais valioso devido a constante degradação dos recursos hídricos, a forma com que a mesma encontra-se diferentemente distribuída pelas regiões do planeta e também pela falta de conscientização da população, que leva a um desperdício cada vez maior deste recurso (OLIVEIRA, 2002).

Segundo dados do censo demográfico do IBGE do ano de 2000 cerca de 138 milhões, de aproximadamente 170 milhões de brasileiros, vivem em cidades, isso faz que os centros urbanos sofram com problemas relacionados ao abastecimento de água. Em áreas densamente urbanizadas o setor residencial é apontado como um dos setores de consumo mais significativo, contudo, Hespanhol (2002) considera amplo e diversificado o potencial de utilização de fontes alternativas no setor.

Nunes (2006) observa que a implementação de ações de conservação da água em nível sistêmico micro (que abrange os sistemas prediais) pode proporcionar significativas reduções no consumo de água. Além disso, os resultados em economia de água não irão propiciar apenas benefícios pontuais aos sistemas prediais, mas também ganhos extensivos aos sistemas hidrográficos e, consequentemente, as cidades que se abastecem daquele recurso.

Nesse contexto o reúso de águas servidas como a água cinza, que são as águas provenientes de lavatório, chuveiro, tanque e máquina de lavar roupa, surge como uma possibilidade extremamente benéfica. Além de minimizar o uso da água potável para fins não nobres em lavagem de pisos e carros, irrigação e descarga nas bacias sanitárias e reduzir a geração de esgoto sanitário, também reduz os gastos públicos com água para irrigação de áreas verdes, desobstrução de redes coletoras e de galerias de águas pluviais, além de minimizar essa crise já instalada no abastecimento de água (FIORI, 2005).

Uma das avaliações preliminares para analisar a viabilidade de implantação de sistemas de reúso é verificar se a produção de água cinza atenderá a demanda por água não potável. Dessa forma, este trabalho objetivou de forma geral estimar a oferta e a demanda de água cinza em três edificações distintas, uma unifamiliar, uma multifamiliar e em uma edificação comercial, comparando-as quanto a possibilidade de economia de água potável por meio do reúso.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é constituída por uma edificação residencial unifamiliar situada no município de Vitória/ES (Figura 1), uma edificação residencial multifamiliar situada no município de Vila Velha/ES (Figura 2) e uma edificação comercial também situada em Vila Velha/ES (Figura 3). Todas as edificações são de padrão classe média.



**Figura 1: Residência Unifamiliar**



**Figura 2: Residência Multifamiliar**



**Figura 3: Edificação Comercial**

A residência unifamiliar (RU) possui dois pavimentos e a residência multifamiliar (RM) possui 18 pavimentos, com quatro apartamentos por andar, totalizando 72 apartamentos. Já a edificação comercial (EC) possui 9 pavimentos e apresenta um total de 62 salas de serviços gerais (escritórios, consultórios, papelaria, entre outros).

Primeiramente foi realizada a identificação dos pontos de produção de água cinza e os pontos de demanda por água de reúso em cada uma das edificações. Em seguida, foi estimada a produção e demanda de água cinza baseando-se numa série histórica de dois anos das contas de água das edificações e por meio de dois métodos de previsão do consumo de água: método da porcentagem e método da vazão de consumo de água de cada aparelho sanitário.

Para o método da porcentagem optou-se adotar os dados de consumo dos aparelhos sanitários disponibilizados por DECA (2008) para a RU e por USP (TOMAZ, 2000) para a RM. Para a EC os valores de produção e demanda de água cinza foram calculados utilizando-se dados retirados da referência da Borges (2003), onde se considera que 90% da água utilizada em edificações comerciais é para fins não nobres. Não foi possível setorizar o consumo de água por aparelho sanitário na edificação por falta de dados que caracterizem o consumo comercial de água. A solução adotada foi utilizar a porcentagem indicada pela referência (90% para uso não nobre) para cálculo da demanda do vaso sanitário, já os 10% restante para a produção do lavatório, considerando que estes dois são os únicos aparelhos sanitários utilizados no prédio comercial.

O fator de escolha pela fonte de dados foi a porcentagem de consumo dos vasos sanitários uma vez que estes foram identificados como os principais pontos de demanda por água de reúso. A Tabela 1 apresenta os dados de porcentagem selecionados para cada edificação.

**Tabela 1: Valores em porcentagem do consumo residencial e comercial de água por aparelho sanitário**

Setor	Aparelho sanitário	Residencial		Comercial
		RU DECA, 2008	RM USP <sup>1</sup>	EC BORGES, 2003
Banheiro	Bacia sanitária	14,0	29,0	90,0
	Chuveiro	46,7	28,0	-
	Lavatório	11,7	6,0	10,0
	<b>Soma</b>	<b>72,4</b>	<b>63,0</b>	<b>100,0</b>
Cozinha	Pia	14,5	17,0	-
	Máquina Lavar Louça	-	5,0	-
	<b>Soma</b>	<b>14,5</b>	<b>22,0</b>	-
Área de Serviço	Máquina Lavar Roupas	8,2	9,0	-
	Tanque	-	6,0	-
	Torneira Uso Geral	4,9	-	-
	<b>Soma</b>	<b>13,1</b>	<b>15,0</b>	-
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: <sup>1</sup> Tomaz (2000)

Para o método da vazão utilizou-se dados de Tomaz (2000), que indica o tempo e a frequência de uso de cada aparelho sanitário, segundo apresentado na Tabela 2. Os dados são uma adaptação de dados norte-americanos para a realidade brasileira. Neste método considera-se a população das edificações e o tempo de uso dos aparelhos. De acordo com dados fornecidos pelas administradoras, a RM possui 210 moradores e a EC 150 funcionários. A RU, segundo informações da família residente, possui 4 moradores. Já o tempo de uso considerado foi um mês, que corresponde a 30 dias para RU e RM e 22 dias úteis para a EC.

**Tabela 2: Valores de vazão do consumo de água, utilização das peças, e frequência de uso**

Setor	Aparelho sanitário	Peça de utilização	Vazão (L/s)	Frequência	Unidade
Banheiro	Bacia sanitária	Caixa descarga	6*	4	vezes/pessoa/dia
		Válvula descarga	12*		
	Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,08	1 600	banho/pessoa/dia tempo do
	Lavatório	Torneira	0,1	60	seg/pessoa/dia
Cozinha	Pia de cozinha	Torneira	0,1	60	seg/pessoa/dia
Área de serviço	Máquina Lavar Roupas		170**	0,2	carga/pessoa/dia

\*L/descarga

Posteriormente a estimativa de produção e demanda, avaliou-se o potencial de economia de água potável nas edificações por meio da porcentagem de redução do consumo de água potável, e da redução do consumo per capita caso fosse implantado o sistema de reúso.

## RESULTADOS

O consumo de água potável nas edificações, obtido nas contas de água, serviu de base para cálculos de estimativa da produção e demanda de água cinza. Encontrou-se um consumo médio mensal, medidos nos anos de 2006 e 2007, de 21m<sup>3</sup> para edificação RU, de 1.564m<sup>3</sup> para RM e de 327m<sup>3</sup> para EC, esses valores são proporcionais à quantidade de usuários e à frequência de uso dos aparelhos sanitários.

O primeiro passo para realização dos cálculos foi identificar os pontos de produção e demanda de água cinza. Tanto para edificação RU quanto para a RM os pontos de produção identificados foram: o chuveiro (CH), o lavatório (LAV), o tanque (TQ) e a máquina de lavar roupa (MLR). Já os pontos de demanda nessas mesmas edificações foram: o vaso sanitário (VS) e as torneiras de uso geral (TG). Para a EC o único ponto de produção de água cinza identificado foi o lavatório e o único ponto de demanda o vaso sanitário.

Importante observar que a pia de cozinha e máquina de lavar louça foram desconsideradas como pontos de produção de água cinza uma vez que a qualidade do efluente das mesmas, que possui grande quantidade de óleos e gorduras, dificulta o processo de tratamento.

Para efeito comparativo entre os métodos, os volumes de produção e demanda de água cinza obtidos pelo método da vazão foram transformados em porcentagem a fim de se comparar aos percentuais apontados por DECA (2008), USP (TOMAZ, 2000) e Borges (2003).

Os volumes encontrados de produção e demanda de água cinza na edificação RU, para o método da porcentagem e para o método da vazão, são apresentados em porcentagem nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

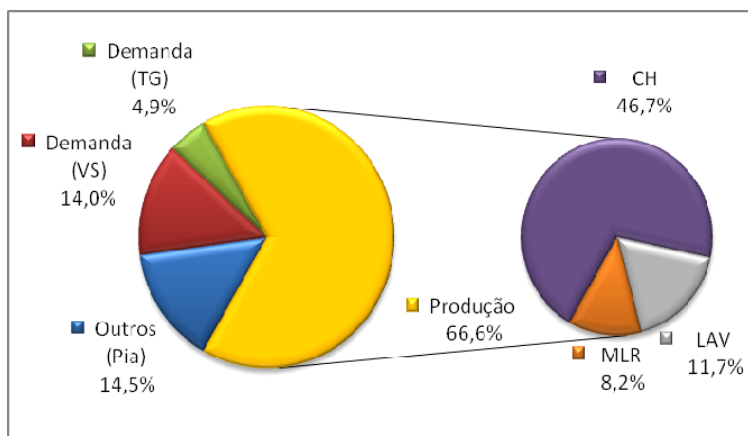


Figura 4: Porcentagens de consumo dos aparelhos sanitários apontadas por DECA (2008)

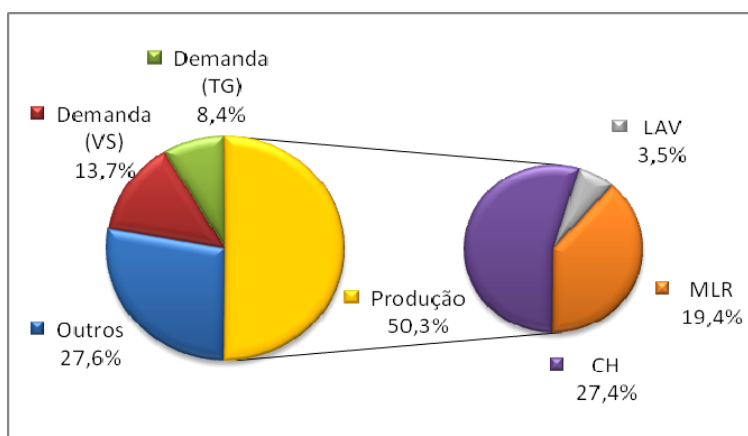


Figura 5: Porcentagens de consumo dos aparelhos sanitários obtidas pelo método da vazão na RU

Ao observar concomitantemente os gráficos nota-se que o valor de demanda dos vasos sanitários, encontrado no método da vazão (13,7%) foi bastante semelhante ao apresentado pela DECA (14,0%). Já os percentuais de produção do CH (27,4%), LAV (3,5%) apresentaram-se inferiores ao da DECA (46,7% e 11,7%, respectivamente), porém, seguiram a mesma tendência de consumo: produção do CH maior que do LAV. Já para a MLR (19,4%) encontrou-se uma porcentagem superior ao indicado pela DECA (8,2%).

A parcela de consumo de água representada pela pia de cozinha, tanque, duchas higiênicas e perdas por vazamentos, na Figura 5, foi contabilizada em “Outros” e correspondeu a 27,6% do consumo total de água na RU. Já na Figura 4 o item “Outros” corresponde a pia da cozinha, conforme dado apresentado pela DECA.

Para edificação RM são apresentados pelas Figuras 6 e 7 os valores em porcentagem dos volumes de produção e demanda de água cinza estimados pelo método da porcentagem e da vazão, respectivamente.

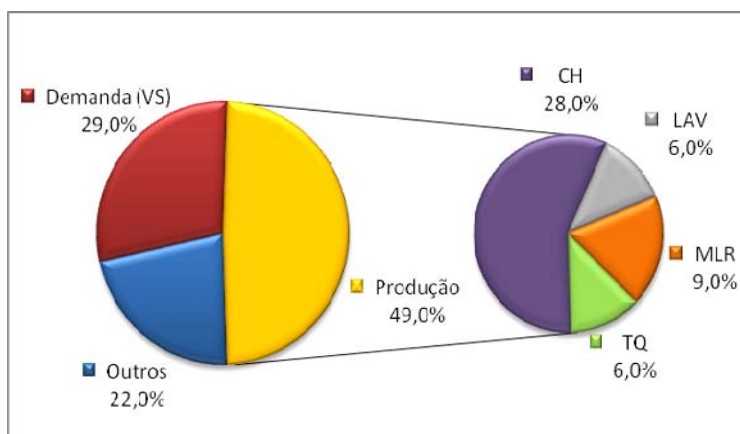


Figura 6: Porcentagens de consumo dos aparelhos sanitários apontadas pela USP (TOMAZ, 2000)

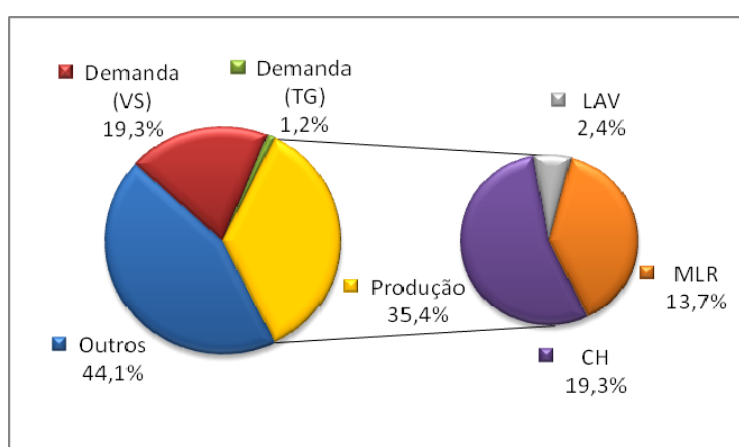


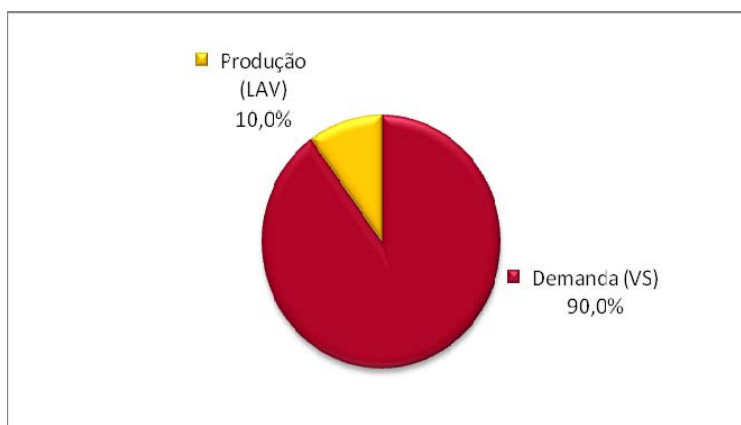
Figura 7: Porcentagens de consumo dos aparelhos sanitários obtidas pelo método da vazão na RM

Nas Figuras 6 e 7 nota-se que o valor de demanda dos vasos sanitários encontrado no método da vazão (19,3%), foi inferior ao apresentado pela USP (29%), e os percentuais de produção do CH (19,3%) e do LAV (2,4%) também. No entanto, seguiram a mesma tendência de consumo: produção do CH maior que do LAV. O índice obtido para a MLR (13,7%), assim como no resultado da RU, apresentou-se bastante superior ao apontado pela USP (9%).

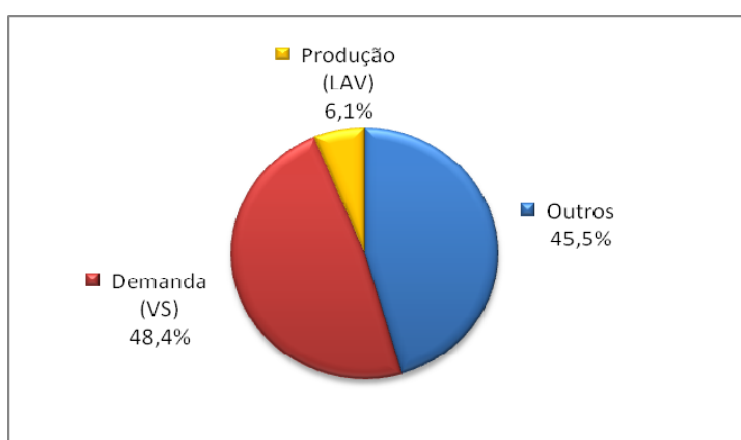
No caso da RM a parcela de consumo de água representada pela pia de cozinha, tanque, duchas higiênicas e perdas por vazamentos, contabilizada em “Outros”, na Figura 7, correspondeu a 44,1% do consumo total de água. Já na Figura 6, o percentual de “Outros” corresponde a pia da cozinha e máquina de lavar louça conforme dados apresentados pela USP.

É importante observar que nos dois casos, apesar da diferença dos percentuais de consumo dos aparelhos sanitários entre os métodos, a produção apresentou-se suficiente para atender à demanda, justificando a importância de aproveitamento deste volume de água que é lançado à rede de esgoto. Além disso, no método da vazão o volume correspondente ao consumo do tanque não foi contabilizado, o que reduziu o percentual de produção.

Para a EC são apresentados pelas Figuras 8 e 9 os valores em porcentagem dos volumes de produção e demanda de água cinza encontrados no método da porcentagem e no método da vazão, respectivamente.



**Figura 8: Porcentagens de consumo dos aparelhos sanitários apontadas por Borges (2003)**



**Figura 9: Porcentagens de consumo dos aparelhos sanitários obtidos pelo método da vazão na EC**

Pode-se observar nas Figuras 8 e 9 que, como era de se esperar, a produção de água cinza nos lavatórios não foi suficiente para atender à demanda dos vasos sanitários na EC. O percentual da produção do LAV (6,1%) obtido no método da vazão aproximou-se do apresentado por Borges (2003) (10%), no entanto, o percentual de demanda do VS (48,4%) foi bem inferior ao apresentado por Borges (2003) (90%).

Na Figura 9 a parcela de 45,5% representada por “Outros” foi estabelecida para chegar ao equivalente de 100% uma vez que a produção e demanda corresponderam ao total de 54,5%. No entanto na EC não existem aparelhos sanitários que correspondem a este percentual e tendo em vista que este valor é elevado para ser considerado apenas como perda no sistema, sugere-se que uma medição individualizada em campo seja um método mais adequado para a estimativa do consumo de água em edificações comerciais, apontando-se novamente a dificuldade de se encontrar percentuais de consumo por aparelho sanitário para a tipologia da edificação em questão.

Após o cálculo do volume de água produzido e demandado nas três edificações, pelos dois métodos, foi possível estimar a economia de água potável com a implantação do reúso, que correspondeu ao consumo médio mensal de água potável sem reúso (obtido nas contas de água) menos o volume utilizado de água cinza, conforme detalhado na Tabela 3.



**Tabela 3: Estimativa da economia de água potável em cada edificação pelos métodos avaliados**

	RU	RM	EC
	<b>Método da porcentagem</b>		
Consumo de água potável sem reúso (m³)	21,0	1.564,0	327,0
Volume utilizado de água cinza (m³)	3,9	453,6	32,7
Consumo de água potável com reúso (m³)	17,1	1110,4	294,3
Economia de água potável (%)	18,6	29,0	10,0
	<b>Método da vazão</b>		
Consumo de água potável sem reúso (m³)	21,0	1.564,0	327,0
Volume utilizado de água cinza (m³)	4,6	320,0	19,8
Consumo de água potável com reúso (m³)	16,4	1.244,0	307,2
Economia de água potável (%)	22,0	20,5	6,1

A Tabela 3 mostra que houve economia de água potável pelos dois métodos em todas as edificações. Na RU a economia mínima foi de 18,6% pelo método da porcentagem e na RM foi de 20,5% pelo método da vazão. Já na EC a economia mínima de água potável foi 6,1% pelo método da vazão, no entanto vale ressaltar que essa economia foi proporcionada pelo volume produzido de água cinza, uma vez que a demanda total por água de reúso não foi atendida pela produção.

Os consumos de água potável com e sem reúso apresentados na Tabela 3 associados à população de cada edificação possibilitaram calcular o consumo per capita, que estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4: Consumo per capita de água potável (L/hab.dia)**

Edificações	Per capita sem reúso	Per capita com reúso (porcentagem)	Per capita com reúso (vazão)	Per capita (MACINTYRE, 1987)
RU	175	142	137	150
RM	248	176	197	200
EC	99	89	93	50 a 80

Nota-se na Tabela 4 que houve redução no consumo per capita com reúso pelos dois métodos, em comparação ao per capita sem reúso. Para a EC verificou-se que a redução do consumo não foi tão significativa quanto nas outras edificações devido a baixo volume de água cinza utilizado (que corresponde a produção dos lavatórios).

Os consumos per capita sem reúso das residências apresentaram-se maiores que os citados por Macintyre (1987) e os consumos com reúso, tanto para porcentagem como vazão, apresentaram-se inferiores aos consumos per capita encontrados na referência. Já o edifício comercial apresentou o consumo com e sem reúso de água superior a faixa apontada por Macintyre (1987).

## CONCLUSÕES

As principais conclusões obtidas podem ser sumarizadas da seguinte maneira:

- Foi possível identificar como pontos produtores de água cinza nas edificações os seguintes aparelhos hidrossanitários: chuveiro, lavatório, tanque e máquina de lavar roupa. Sendo que os valores estimados pelo método da porcentagem e vazão, respectivamente, para residência unifamiliar foram: chuveiro (46,7% e 27,4%), lavatório (11,7% e 3,5%) e máquina de lavar roupa (8,2% e 19,4%). Para a residência multifamiliar foram: chuveiro (28% e 19,3%), lavatório (6% e 2,4%), máquina de lavar roupa (9% e 13,7%) e tanque (6% - método da porcentagem). Para edificação comercial somente o lavatório (10% e 6,1%);
- Como pontos de demanda de água cinza nas edificações identificou-se o vaso sanitário e a torneira de uso geral. Sendo que os valores estimados pelo método da porcentagem e vazão, respectivamente, para residência unifamiliar foram: vaso sanitário (14,0% e 13,7%), torneira de uso geral (4,9% e 8,4%). Para a residência multifamiliar foram: vaso sanitário (29% e 19,3%), torneira de uso geral (1,2% - método da vazão). Para a edificação comercial somente o vaso sanitário (90% e 48,4%);



- Na edificação residencial unifamiliar os valores de produção de água cinza atenderam a demanda por água de reúso para os dois métodos utilizados. No método da porcentagem a economia de água potável foi de 18,6% (que correspondeu à demanda nos vasos sanitários e torneiras de uso geral); o consumo per capita reduziu de 175L/hab.dia sem reúso, para 142L/hab.dia com. No método da vazão a economia de água potável foi de 22,0% (que correspondeu à demanda nos vasos sanitários e torneiras de uso geral); o consumo per capita reduziu de 175L/hab.dia sem reúso, para 137L/hab.dia com reúso;
- Na edificação residencial multifamiliar os valores de produção de água cinza também atenderam a demanda por água de reúso para os dois métodos utilizados. No método da porcentagem a economia de água potável foi de 29,0% (que correspondeu à demanda nos vasos sanitários) e o consumo per capita reduziu de 248L/hab.dia sem reúso, para 176L/hab.dia com reúso. No método da vazão a economia de água potável foi de 20,5% (que correspondeu à demanda nos vasos sanitários e torneiras de uso geral); o consumo per capita reduziu de 248L/hab.dia sem reúso, para 197L/hab.dia com reúso;
- Na edificação comercial os valores de produção de água cinza não atenderam a demanda por água de reúso para os dois métodos utilizados, o que aponta a inviabilidade da implantação do sistema. No entanto se o sistema de reúso fosse adotado, no método da porcentagem a economia de água potável seria de 10,0% (que corresponderia à produção de água cinza dos lavatórios) e o consumo per capita que é de 99L/hab.dia sem reúso, reduziria para 89L/hab.dia com reúso. No método da vazão a economia de água potável seria de 6,1% (que corresponderia à produção de água cinza dos lavatórios); o consumo per capita de 99L/hab.dia sem reúso, reduziria para 93L/hab.dia com reúso;
- Observou-se que a possibilidade de realizar o reúso de água cinza nas residências foi em virtude do grande número de aparelhos produtores, capaz de suprir a demanda nos pontos identificados. Já na edificação comercial o único ponto de produção foi o lavatório, que não mostrou-se suficiente para atender à demanda dos vasos sanitários, inviabilizando a instalação deste tipo de sistema;
- O volume estimado de produção e demanda de água cinza na edificação comercial mostrou que o reúso de água cinza só é viável para complexos comerciais ou locais que apresentem outros pontos produtores de água cinza, como chuveiros, lavanderias etc;
- Houve dificuldade para encontrar dados de frequência e tempo de utilização dos aparelhos sanitários que retratem a realidade brasileira. Especialmente esses dados para estimar vazão de consumo do tanque, e dados em porcentagem do consumo das torneiras de uso geral;
- Concluiu-se também que deve-se considerar os aspectos financeiros (implantação, tratamento da água e manutenção) além do potencial de economia de água potável para se avaliar a viabilidade técnica e econômica do sistema de reúso como um todo;
- O volume estimado de produção de água cinza nas edificações residenciais mostrou a grande parcela de água potencialmente reaproveitável que vem sendo desperdiçada;
- Evidencia-se a dificuldade de implantação de um sistema de reúso em edificações já existentes devido às alterações no sistema hidrossanitário que necessitariam ser realizadas, e por isso enfatiza-se a importância de incentivar que as novas edificações tragam em seus projetos os requisitos básicos para implantação do reúso, barateando assim a instalação do sistema. Isto já vem aos poucos sendo feito em várias cidades e inclusive em Vitória.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BORGES, L. Z. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2003. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.
2. DECA. Disponível em: <<http://www.deca.com.br/>>. Acesso em: 18 jan. 2008.





3. FIORI, S. **Avaliação qualitativa e quantitativa do potencial de reúso de água cinza em edifícios residenciais multifamiliares.** 2005. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 2005.
4. HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v. 7, n.4, p. 75-95, out/dez 2002Nunes (2006)
5. MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas.** Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1987.
6. NUNES R. T. S. **Conservação da água em edifícios comerciais: potencial de uso racional e reúso em shopping center.** 2006. 144f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
7. OLIVEIRA, L. H. de. As bacias sanitárias e as perdas de água nos edifícios. **Revista Ambiente Construído,** Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 39-45, out/dez. 2002.
8. TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água: interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos.** São Paulo: Navegar, 2000. 250p.