

Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações

Qualitative and quantitative evaluation of greywater reuse in buildings

Simone Fiori
Vera Maria Cartana Fernandes
Henrique Pizzo

Resumo

O crescimento rápido da população urbana e da industrialização está submetendo a graves pressões os recursos hídricos e a capacidade de proteção ambiental de muitas cidades. Embora o Brasil possua um dos maiores patrimônios hídricos do planeta, o reúso de águas cinzas tem se tornado necessário, principalmente nos grandes centros urbanos, cuja demanda é limitada pela poluição. A construção sustentável procura a interação entre o ser humano e o meio ambiente, provocando considerável diminuição na degradação de ambos. Assim, a possibilidade de substituição de parte da água potável de uma edificação por uma de qualidade inferior para fins não nobres reduz a demanda sobre os mananciais de água. No entanto, cabe institucionalizar, regulamentar e promover o reúso de água no Brasil, fazendo com que essa prática se desenvolva de acordo com princípios técnicos adequados, como também seja economicamente viável. Este trabalho de pesquisa busca determinar os parâmetros de qualidade e quantidade das águas cinzas em edificações, visando à minimização do consumo de água e à sustentabilidade dos recursos hídricos, através do uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e o seu reaproveitamento. Este artigo sugere que o reúso da água em edificações é viável, desde que haja projeto para este fim, respeitando-se todas as diretrizes analisadas.

Palavras-chave: reúso de águas, águas cinzas, sustentabilidade hídrica.

Abstract

The fast growth of urban population and industrialization has resulted in serious pressures on the water resources and on the capacity of environmental protection in many towns. Although Brazil has one of the biggest water resources of the Planet, the reuse of greywaters has become necessary, mainly in major urban centres, whose demand is limited by pollution. Sustainable construction seeks the interaction between human beings and the environment, resulting in a decrease in the degradation of both. Therefore, the possibility of replacing part of the drinking water used in a building for one of inferior quality, for uses that do not require such a high quality water, may reduce considerable the demand on drinking fountains. However, it is necessary to formalize, regulate and promote water reuse in Brazil, in order to increase the adoption of that practice according to adequate technical principles, and to make it economically feasible. The main objective of this research work is to determine quality parameters and the amount of the greywater in buildings, aiming to minimize the consumption of drinking water and to increase the sustainability of water resources, through the rational or efficient use of the water, which also involves the control of losses and wastes, and its reuse. This article suggests that water reuse in buildings is feasible, provided that the building is designed for that end, considering the analysed guidelines.

Keywords: water reuse, grey waters, water sustainability.

Simone Fiori
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia
Universidade de Passo Fundo
Campus I
BR 285 - Km 171
Bairro São José
Passo Fundo - RS - Brasil
CEP 99001-970
Tel.: (54) 3316 8424
E-mail: sfiori@upf.br

Vera Maria Cartana
Fernandes
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia
Universidade de Passo Fundo
E-mail: cartana@upf.br

Henrique Pizzo
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia
Universidade de Passo Fundo
E-mail: hpizzo@upf.br

Recebido em 16/11/04
Aceito em 22/11/05

Introdução

Um grande problema ambiental e sanitário dos grandes centros urbanos do país, que se agrava com o tempo, é o abastecimento urbano de água potável. Conforme Vesentini (1999), a qualidade da água que abastece as residências é tão importante que 80% das doenças existentes nos países subdesenvolvidos devem-se à má utilização desse recurso hídrico. Apesar da expansão da rede de água para abastecimento urbano no Brasil, ela ainda é insuficiente para a crescente população das grandes e médias cidades. Uma parcela da população, especialmente nas periferias e bairros pobres, sempre fica à margem da rede de água tratada.

Segundo projeções da Organização das Nações Unidas (ONU), em 2025, dois terços da população mundial – ou 5,5 bilhões de pessoas – viverão em locais que sofrem com algum tipo de problema relacionado à água. Muitas pessoas morrem a cada ano vítimas de doenças associadas à falta de água ou más condições sanitárias. Até 2050, os saldos deficitários de recursos hídricos serão graves em pelo menos 60 países. Na atualidade, a metade dos seis bilhões de habitantes do mundo carece de água com tratamento adequado, e mais de um bilhão de pessoas não têm acesso à água potável (BIO, 2001).

Uma das evidências de que a escassez prevista é real, e não uma extrapolação catastrófica, é o número de países onde já foi superado o nível de vida capaz de ser suportado pela água disponível. Países como China, Índia, México, Tailândia, parte do oeste dos Estados Unidos, norte da África e áreas do Oriente Médio estão retirando do lençol freático mais água que o ciclo hidrológico consegue repor. A região do MENA (*Middle East and North Africa*) abrange os países da Argélia, Bahrein, Chipre, Egito, Irã, Iraque, Israel, Jordânia, Kuwait, Líbano, Líbia, Marrocos e Saara Ocidental, Omã, Autoridade Palestina, Qatar, Arábia Saudita, Síria, Tunísia, Turquia, Emirados Árabes Unidos e Iêmen e, segundo Mancuso (2003), abriga 300 milhões de pessoas e possui apenas 1% do estoque anual de água renovável do planeta. A produção de esgotos, cada vez mais crescente com o aumento da população, é a única forma significativa, crescente e confiável de água para o futuro do MENA. A terra agricultável no MENA é muitas vezes situada no vilarejo que circunda as residências familiares, tornando oportuno o reúso da água dentro da própria comunidade geradora do esgoto.

Se a situação desses países é difícil e com tendência a agravar-se, a posição de muitos países

com abundância de reservas hídricas não é menos preocupante. É o caso do Brasil, que possui bastante água, porém não sabe usar e já enfrenta dificuldades de abastecimento em áreas de grande densidade de população. O país não tem consciência de sustentabilidade.

A redução de água nas edificações, através do reaproveitamento de águas pluviais e do reúso de águas cinzas, aquelas provenientes do chuveiro, da máquina de lavar, da cozinha e do tanque, para fins menos nobres, como abastecimento das caixas de bacias sanitárias, lavagem de pisos e até, em alguns casos, irrigação de jardins, entre outros, minimiza essa crise já instalada no abastecimento de água. As palavras-chave para se pensar na sustentabilidade dos recursos hídricos são conservação e reúso.

Assim, este trabalho visa determinar os parâmetros de qualidade e de quantidade de água cinza nos edifícios residenciais multifamiliares, através de análises em laboratórios e de questionários aplicados à população, com a finalidade de subsidiar a redução do consumo de água e de buscar a sustentabilidade hídrica pelo uso racional e eficiente da água.

Revisão bibliográfica

Reúso de água

Reúso da água é a reutilização da água, que, após sofrer tratamento adequado, destina-se a diferentes propósitos, com o objetivo de se preservarem os recursos hídricos existentes e garantir a sustentabilidade. É a utilização dessa substância, por duas ou mais vezes, após tratamento, para minimizar os impactos causados pelo lançamento de esgotos sem tratamento nos rios, reaproveitamento que também ocorre espontaneamente na natureza através do “ciclo da água”. Em vários países do mundo, o reúso planejado da água já é uma solução adotada com sucesso em diversos processos. A racionalização do uso da água e o reúso poderão permitir uma solução mais sustentável.

A construção sustentável procura a interação entre o ser humano e o meio ambiente, provocando considerável diminuição na degradação, através do uso de resíduos, materiais reciclados, matérias-primas renováveis, ou materiais sem componentes tóxicos, e tecnologias que não causem danos ao meio ambiente, tornando-se uma construção ecologicamente correta que busca sua auto-sustentabilidade.

Nessas condições, o conceito de “substituição de fontes” mostra-se como a alternativa mais plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres. Em 1985, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que suporta este conceito: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior”.

Impera no Brasil uma cultura de desperdício em relação à água que precisa ser modificada. Entende-se por desperdício deixar a água potável escoar pelo “ralo”, sem reutilizá-la. Até mesmo pequenos vazamentos podem desperdiçar grande quantidade de água. Por exemplo, um vazamento que enche uma xícara de 125 ml em 10 minutos desperdiçará 6.750 litros de água por ano. Isso equivale a beber 90 copos de água de 200 ml por dia durante um ano. Também, segundo Rocha (2001), 20% dos vasos sanitários das casas norte-americanas têm vazamento atualmente e no Brasil esse número se eleva para 70%. Em geral, os usuários nem sabem disso. Em um ano, um vazamento na bacia sanitária é capaz de desperdiçar mais de 83 mil litros de água, o que é suficiente para se tomar quatro banhos por dia durante o ano.

Os principais usos da água de reúso seriam: na utilização urbana, lavagem de vias públicas, pátios, veículos, irrigação de áreas verdes, desobstrução de rede coletora, desobstrução de galerias de água pluviais, abastecimento de fontes, banheiros, incêndios; em usos industriais, torres de resfriamento, caldeiras e água de processamento; e no meio rural, para irrigação e subterrâneo para recarga do lençol freático. O reúso da água busca, principalmente, evitar o consumo de água potável em procedimentos em que seu uso é totalmente dispensável, podendo ser substituída, com vantagens inclusive econômicas, nas indústrias e grandes condomínios residenciais e comerciais. A água proveniente de pias, lavatórios, chuveiros pode ser utilizada, sem tratamento, para descarga de bacias sanitárias e lavagem de pisos. A água originária de efluentes com resíduos de bacias sanitárias só deve ser utilizada novamente para os mesmos fins após tratamento (HESPANHOL, 2003).

O reúso de água, para qualquer fim, depende de sua qualidade física, química e microbiológica. A maioria dos parâmetros físico-químicos de qualidade é bem compreendida, tornando possível estabelecer critérios de qualidade que sejam orientadores para o reúso. Para que a água possa

ser reutilizada, ela deve satisfazer os critérios recomendados ou os padrões que tenham sido fixados para determinado uso e, para isso, é necessário se conhecerem as características físicas, químicas e biológicas das águas residuárias ou poluídas.

A grande vantagem da utilização da água de reúso é a de preservar a água potável, reservando-a exclusivamente para o atendimento das necessidades que exijam a sua potabilidade para o abastecimento humano. Além disso, há diminuição da demanda sob os mananciais de água pura devido à substituição da fonte, ou seja, a substituição de uma água de boa qualidade por outra inferior, porém que contenha qualidade requerida para o destino traçado para ela. Outra vantagem relevante do reúso é a eliminação de descarga de esgotos nas águas superficiais, já que há um tratamento na água e os produtos resultantes do processo são destinados a locais adequados. Também em locais onde o estágio avançado de falta d'água é muito grande, a solução de reúso pode ser a melhor alternativa.

Uma política de reúso adequadamente elaborada e implementada contribuiria substancialmente ao desenvolvimento da disposição de volumes adicionais para o atendimento da demanda em períodos de oferta reduzida, e a poluição, atenuada ante a diversidade de descargas poluidoras para usos benéficos específicos de cada região. Torna-se, necessário, estabelecer mecanismos para institucionalizar, regulamentar e incentivar a prática do reúso, estimulando as empresas ou indústrias que estão iniciando a reutilização e promovendo o desenvolvimento daquelas que ainda não iniciaram a prática do reúso no Brasil.

Águas cinzas nas edificações

As águas cinzas são aquelas provenientes dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça. Porém, quanto ao conceito de água cinza, observa-se que é um conceito sobre o qual ainda não há consenso internacional.

O reúso da água em edificações é perfeitamente possível, desde que seja projetado para este fim, respeitando todas as diretrizes a serem analisadas, ou seja, evitar que a água reutilizada seja misturada com a água tratada e não permitir o uso da água reutilizada para consumo direto, preparação de alimentos e higiene pessoal. Porém, a qualidade necessária para atender aos usos previstos deve ser rigorosamente avaliada, para a garantia da segurança sanitária. Há distinções significativas entre águas cinzas e águas negras (esgoto da bacia sanitária), que nos mostram que elas não devem ser misturadas, conforme a Figura 1.

A configuração básica de um sistema de utilização de água cinza seria o sistema de coleta de água servida, do subsistema de condução da água (ramais, tubos de queda e condutores), da unidade de tratamento da água (por exemplo, gradeamento, decantação, filtro e desinfecção) e do reservatório de acumulação. Pode ainda ser necessário um sistema de recalque, o reservatório superior e a rede de distribuição (SANTOS, 2002).

Dados já publicados sobre a parametrização do consumo de água na edificação mostram uma hierarquia baseada na magnitude do consumo, no intuito de identificar prioridades das ações de economia de água, conforme o Quadro 1.

Para Bakir (apud MANCUSO, 2003), o reúso da água cinza (*greywater*) para finalidades não potáveis, como jardinagem e descarga em bacias sanitárias, deve ser estimulado também como meio de diminuir o porte da instalação da estação de tratamento de esgotos. O Chipre é um dos países do MENA onde vigora um programa subsidiado para os domicílios que desejam instalar sistemas de reúso de água cinza para as descargas das bacias sanitárias. Deve-se atentar para o fato de que as canalizações internas de coleta já são separadas nas residências.

Águas pluviais

O aproveitamento da água pluvial consiste em utilizar essa água como fonte alternativa para fins não potáveis. A água da chuva também é uma fonte alternativa importante, principalmente nas regiões onde o regime pluviométrico é abundante e distribuído ao longo do ano. Afinal, por que deixar ir embora uma água da chuva, que, sem ter aproveitamento, ainda vai encher as ruas e provocar enchentes. A água da chuva tem várias diferenças qualitativas quando comparada à água cinza, como será observado posteriormente.

A configuração básica de um sistema de reaproveitamento de água da chuva apresenta a

área de captação (como telhado, laje ou piso), a condução de água (calhas, condutores verticais e horizontais), a unidade de tratamento e o reservatório de acumulação (SANTOS, 2002). Dependendo do fim a que essa água se destina, do nível de poluição atmosférica da cidade e dos resultados das análises, essa água para reúso não precisa de tratamento prévio. Pode ser adicionado a esse sistema o reservatório de autolimpeza, que possibilita o descarte do volume inicial da água que literalmente lava a área de captação.

A Tabela 1 apresenta os índices pluviométricos referentes à cidade de Passo Fundo, RS.

Metodologia

O desenvolvimento do trabalho ocorreu no município de Passo Fundo, que está localizado na região Norte do Estado do Rio Grande do Sul, conforme a Figura 2, e que possui uma população de 182.233 habitantes, 95% destes localizados na área urbana (IBGE, 2004).

Em relação ao saneamento básico do município, a exploração dos sistemas de água e esgoto é feita pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) em forma de concessão, e o serviço prestado está demonstrado na Tabela 2 (Prefeitura Municipal de Passo Fundo, 2003). Na Tabela 2, o volume de esgoto coletado pela CORSAN corresponde ao volume de efluentes gerado por 20% do total da população. Atualmente ele é lançado, sem nenhum tratamento, diretamente no principal rio que corta o município, o Rio Passo Fundo, que deu origem ao nome da cidade. O restante do esgoto do município é tratado por sistema individual, sendo uma parte pelo sistema tanque séptico e filtro, que após é lançado na rede de águas pluviais, e a outra parte pelo sistema de tanque séptico e sumidouro. Ainda ocorrem áreas do município onde não há nenhum tipo de sistema de tratamento para o esgoto.

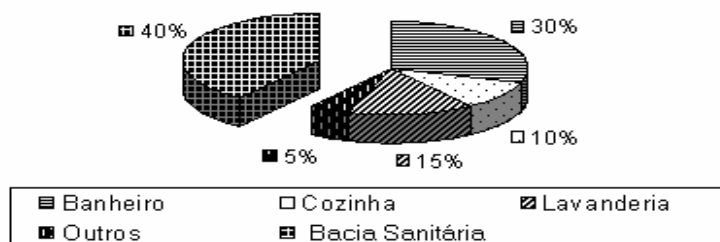


Figura 1 - Diferenças entre águas negras e outros efluentes (Adaptado de Lindstrom)

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	-
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.

Quadro 1 - Parametrização do consumo da água nas edificações domiciliares (SANTOS, 2002)

Índices Pluviométricos da Cidade de Passo Fundo, RS (mm/mês)											
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Janeiro	256	55,2	301	355	156	231	125	144	213	330	176
Fevereiro	153	334	84	135	130	358	114	106	197	205	266
Março	197	69,8	73,5	105	33,2	230	65,5	267	111	372	128
Abril	75	194	68,1	75,9	69,5	342	188	76,1	118	254	114
Maiο	176	152	21,4	73,9	104	201	109	76,8	165	234	107
Junho	137	199	175	141	114	82,7	94,3	206	107	146	153
Julho	284	243	136	126	116	191	177	148	99,6	242	101
Agosto	15,2	46	76,1	214	258	257	19,4	83,8	28,1	192	57,5
Setembro	137	162	135	120	152	204	150	169	240	136	64
Outubro	154	309	199	158	550	119	177	339	276	357	237
Novembro	274	138	78,2	107	340	68,5	119	164	117	76,7	168
Dezembro	259	235	31,6	123	236	123	131	160	194	96	392
Médias	176	178	115	144	188	201	122	162	155	220	164

A média pluviométrica mensal nos 11 anos é de 166 mm/mês.

Fonte: Prefeitura Municipal de Passo Fundo (2003)

Tabela 1 - Índices pluviométricos de Passo Fundo, RS.



Figura 2 - Localização da cidade de Passo Fundo, RS

Existe um projeto da CORSAN em andamento para a criação de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) para o município, que começará a funcionar a partir de 2006, com 26 hectares de área, localizada às margens da BR-285. Ela poderá tratar até 50% do volume de esgoto produzido na região central do município. Ressalta-se, no entanto, que para alcançar este nível de cobertura de tratamento será necessária a ampliação das redes coletoras.

O controle e o monitoramento da água para reúso foram realizados levando-se em consideração os parâmetros físico-químicos e biológicos recomendados pela resolução CONAMA 357/05, pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, pela Portaria 05/89 –SSMA do Rio Grande do Sul, pela NBR 13969/97 (ABNT, 1997), e pelo manual *Guidelines for Water Reuse* da U.S.EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos). Todas as análises qualitativas foram realizadas conforme o *Standard Methods*, 20th, 1998.

Para as análises quantitativas, foram realizadas, além da medição de vazão, a da quantidade de água cinza gerada e dos pontos geradores de água para reúso. Elaborou-se um questionário em que é perguntado, por exemplo, se o usuário escova os dentes com água corrente ou não e quanto tempo gasta nesse procedimento, quantos minutos cada usuário usa para tomar banho, se no apartamento possui ou não banheira, máquina de lavar roupa e/ou louça, entre outras perguntas. Do mesmo modo é perguntado sobre a visão dos moradores para com a escassez de água e as suas formas de economia, e a aceitação ou não da reutilização da água.

Em um primeiro momento o questionário foi aplicado em uma amostra piloto de 20 apartamentos, com a finalidade de testar e acertar o questionário proposto. Após, para a amostra final determinada estatisticamente para a população de edifícios

residenciais de Passo Fundo, foi simplificado e aplicado o questionário em 512 apartamentos. Os 512 apartamentos foram divididos conforme a tipologia, em relação aos equipamentos que possuíam, em oito tipos (Tipo 1: apartamento completo com todos os equipamentos (máquina de lavar roupa e louça, banheira, além dos básicos; até o Tipo 8: que continha somente os equipamentos básicos, como chuveiro, lavatório, pia da cozinha e tanque).

Para as análises qualitativas foram sorteados aleatoriamente nove apartamentos, onde foram realizadas coletas em caixas sifonadas que recebem os efluentes de chuveiros. Os nove apartamentos foram divididos por tipologia da seguinte maneira: três apartamentos – adultos com crianças; três – adultos com animais; e três – somente adultos, sem animais. A *amostra 1* foi classificada por apartamento com crianças, a *amostra 2* em apartamento com animais, e a *amostra 3* em apartamento sem crianças e sem animais. As coletas foram realizadas em três épocas diferentes durante o ano, com a finalidade de tentar verificar se as mudanças das estações do ano provocam variações na qualidade da água cinza, totalizando 27 amostras. As coletas dos chuveiros foram homogêneas de acordo com os três tipos citados e então levadas para análise.

Optou-se pelos chuveiros por estes conterem maior número de microrganismos patogênicos devido às águas da higiene pessoal dos usuários, em prol da segurança. O dispositivo para coleta dos banhos é de PVC de diâmetro 75 mm e volume de 250 ml, conforme a Figura 3, e foi colocado dentro da caixa sifonada de cada banheiro, como mostra a Figura 4, sendo coletado no meio e no fim do banho de cada usuário. A Figura 5 mostra a realização de uma coleta com o coletor em uma caixa sifonada de um banheiro analisado.

Distribuição de água fria	
Extensão da rede de água	540 km
População atendida	99%
Volume de água produzido (mensal)	1.320.000 m ³
Nº de hidrômetros na rede	23.250
Nº de ligações à rede distribuidora	36.626
Média do volume de esgoto coletado (mensal)	
Residencial	63.934 m ³
Comercial	17.804 m ³
Industrial	30 m ³
Pública	2.036 m ³
Rede de coleta de esgoto	37 km

Fonte: Prefeitura Municipal de Passo Fundo (2003)

Tabela 2 - Dados do saneamento básico do município de Passo Fundo, RS



Figura 3 - Coletor de água cinza em caixa sifonada para a coleta das amostras

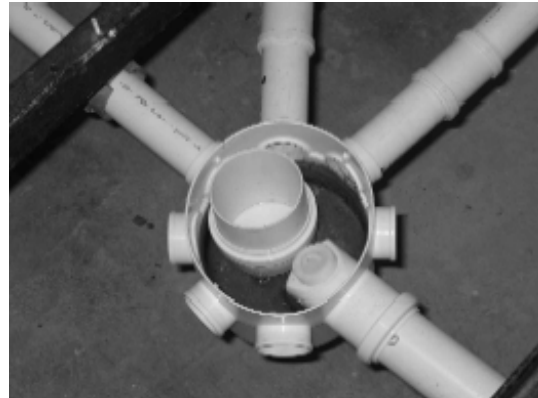


Figura 4 - Coletor instalado na caixa sifonada



Figura 5 - Coletor de água cinza e caixa sifonada de um banheiro analisado

Análise dos resultados

Os resultados qualitativos obtidos através das análises nos laboratórios estão expressos conforme a Tabela 3, que apresenta a média de todas as análises realizadas nos chuveiros, realizadas em março, junho e dezembro de 2004. O critério que determinou a escolha do tipo de uso da água da EPA para reúso urbano, considerado um dos valores de referência das tabelas desta pesquisa, levou em consideração que este uso foi o que mais se aproximou dos usos esperados para reúso da água cinza pesquisada, ou seja, para todos os tipos de irrigação de jardins ou paisagens, lavagem de veículos e calçadas, descarga sanitária, uso em sistemas de combate a incêndios e ar-condicionados, entre outros. Do mesmo modo, o mesmo critério foi usado para determinar a utilização da classe 2 da Resolução CONAMA

357/05 (CONAMA., 2005) em favor da segurança, e da classe 3 da NBR 13969 (ABNT, 1997) para uso em descarga de bacias sanitárias. A Portaria 518/04 (RIO GRANDE DO SUL, 2004) de potabilidade foi utilizada apenas em nível de comparação, pois o reúso de águas não deve ser realizado para fins nobres.

Os resultados da Tabela 3 mostram variação na maioria dos parâmetros, como coliformes fecais, DBO, DQO, condutividade, exceto para os coliformes totais e pH. Por exemplo, a variação dos coliformes fecais das amostras foi de $5,68 \times 10^3$ para $5,96 \times 10^5$, o que para um efluente deveria ser menor ou igual a 300 (NMP/100 ml) para ser lançado em corpos d'água, conforme a Portaria 05/89 do RS, deveria ser menor que 500 (NMP/100 ml) para a classe 3 da NBR 13969/97 (ABNT, 1997), deveria não ser detectável para o reúso de água urbano da EPA e deveria ser menor

que 1000 (NMP/100 ml) para a classe 2 da Resolução CONAMA 357/05.

A Tabela 4 compara os valores de parâmetros da água cinza pesquisada com os valores de outros autores. É interessante notar que houve uma oscilação significativa entre os resultados. Para pH, OD, coliformes totais e fecais, observa-se que nas análises os valores médios foram razoavelmente parecidos, porém para a concentração de turbidez, fósforo total e DBO, a diferença é significativa entre os autores.

Na Tabela 5 são comparados os resultados da água cinza coletada com os resultados de águas pluviais. Fonini (2003) apresenta os resultados das águas pluviais da coleta realizada no ginásio poliesportivo da UPF, onde a água pluvial coletada mostra um resultado com grande potencial de aproveitamento, pois a grande maioria dos parâmetros ficou abaixo daqueles recomendados, como os coliformes fecais, nitratos e nitritos, turbidez, entre outros. O único parâmetro da amostra pluvial que ficou acima dos padrões exigidos foi o de contagem bacteriológica, que apresentou um valor de $1,6 \times 10^2$ UFC/ml, e para a

Portaria 518/04 de potabilidade o limite seria menor ou igual a 500 UFC/ml, mas nos demais não foram encontrados limites. Em comparação com os resultados da água cinza desta pesquisa, a água pluvial apresenta valores inferiores aos encontrados, comprovando que os índices químicos, físicos e microbiológicos da água cinza são mais elevados, precisando um tratamento mais específico e completo para o seu reúso.

Os resultados quantitativos obtidos mediante os questionários aplicados em Passo Fundo são observados nas Figuras 6 e 7, que mostram os volumes gerados de água cinza de cada tipologia dos apartamentos pesquisados.

A Figura 8 apresenta a comparação do volume de água potável consumido nos apartamentos do Tipo 1 dos 512 apartamentos pesquisados, com a amostra piloto de 20 apartamentos pesquisados e com Santos (2002), que apresenta o PNCDA e a AWWA. Observa-se que os valores da pia da cozinha mais o lavatório e a máquina de lavar roupa e louça foram os que resultaram maiores semelhanças, e o chuveiro a maior diferença.

Parâmetros	Amostra 1 (Com crianças)	Amostra 2 (Com animais)	Amostra 3 (S/ crianças e s/ animal)	Portaria 05/89 RS ¹	EPA-Reúso urbano ²	CONAMA 357/05 ³
Colif. Fecal (NMP/100 ml)	$5,68 \times 10^3$	$5,96 \times 10^5$	$1,26 \times 10^5$	≤ 300	ND*	1000
Colif. Total (NMP/100 ml)	$6,40 \times 10^5$	$5,92 \times 10^6$	$5,39 \times 10^6$	-		5000
Óleos e Graxas (mg/l)	16,90	13,53	17,93	≤ 30		
pH	7,37	6,94	7,09	6,0 a 8,6	6 a 9	6 a 9
DBO (mg/l)	324,00	299,33	283,00	≤ 200	≤ 10	$\leq 5,0$
DQO (mg/l)	664,33	673,67	594,33	≤ 450		
Sólidos Suspensos (mg/l)	182,67	122,67	152,67	≤ 200		
Sólidos Sedimentáveis (ml/l)	0,15	0,10	0,10	$\leq 1,0$		
OD (mg/l)	3,21	2,96	3,04			$\geq 5,0$
Surfactantes (mg/l)	3,86	3,89	3,67	2,0		
Contag. Bactérias (UFC/ml)	$4,43 \times 10^5$	$2,33 \times 10^5$	$2,92 \times 10^6$			
Cloretos (Cl ⁻ mg/l)	33,07	50,50	71,43		600	250
Turbidez (UNT)	328,63	243,43	247,13		$\leq 2,0$	100
Dureza Total (CaCO ₃ mg/l)	4,35	10,55	19,60	≤ 200		
Condutividade (µs/cm)	155,07	125,70	195,67			

1 - VPM (Valor máximo Permitido) de lançamento de efluentes em corpos d'água pela Portaria 05/89-SSMA do RS.

2 - VPM para Reúso Urbano, conforme U.S.EPA - *Manual Guidelines for water reuse*. Nos locais onde o contato humano não é permitido, o limite é 200 colif. fecais/100 ml, 30 mg/l de SS (Sólidos Suspensos) e 30 mg/l de DBO. O limite para cloro residual é 1 mg/l.

3 - Limites da Resolução CONAMA 357/05 para classe 2 - águas destinadas à recreação de contato primário (tais como natação e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/00), irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, e à aquíicultura e à atividade de pesca. Se não tiver contato humano, ou então a irrigação for para culturas arbóreas, cerealíferas ou forrageiras, a classe será 3 e o limite de coliformes termotolerantes 4.000/100 ml e de DBO é 10 mg/l; ou classe 4, uso em navegação e harmonia paisagística.

ND* - Não detectável.

Tabela 3 - Média dos resultados qualitativos das amostras das águas cinzas coletadas

Parâmetros	Concentrações		
	Cristova-Boal et al. (1996) <i>apud</i> Santos (2003)	Santos et al. (2003)	Média da água cinza coletada*
Cor (Hz)	60 - 100	52,30	-
Turbidez (NTU)	60 - 240	37,35	337,3
PH	6,4 - 8,1	7,2	7,04
OD (mg/l)	-	4,63	4,19
Fósforo Total (mg/l)	0,11 - 1,8	6,24	0,84
DBO (mg/l)	76 - 200	96,54	273
DQO (mg/l)	-	-	522,3
Coliformes Totais (NMP/100 ml)	500 - $2,4 \times 10^7$	11×10^6	$1,6 \times 10^5$
Coliformes Fecais (NMP/100 ml)	170 - $3,3 \times 10^3$	1×10^6	$1,3 \times 10^5$

* De acordo com a média da tabela 3.

Tabela 4 - Comparação da caracterização das águas cinzas conforme outros autores

Parâmetros	Amostra pluvial (Fonini, 2003)	Média da água cinza coletada	Portaria MS 518/04 ¹	Portaria 05/89 RS ²	EPA Reúso Urbano ³	CONAMA 357/05 ⁴
Coliformes Fecais NMP/100ml	70	$2,2 \times 10^5$	ND	≤ 300	ND*	1000
Coliformes Totais NMP/100ml	70	$3,74 \times 10^6$		-		5000
pH	7,7	7,052	6,0 a 9,5	6,0 a 8,6	6 a 9	6 a 9
Sódio (Na ⁺ mg/l)	< 0,5	-	200			
Potássio (K ⁺ mg/l)	<0,5	-				
Contag Bacteriológica UFC/ml	$1,6 \times 10^2$	$1,16 \times 10^6$	≤ 500			
Alumínio (Al ³⁺ mg/l)	< 0,05	-	0,2	10		0,1
Cloretos (Cl ⁻ mg/l)	2,9	50,12	250		600	250
Nitrato (NO ₃ ⁻ -N mg/l)	0,384	688,86	10			10
Nitritos (NO ₂ ⁻ -N mg/l)	0,0213	0,40	1			1
Ferro Total (mg/l)	--	-	0,3	10		
Turbidez (UNT)	1,77	246,49	5		≤ 2	100
Dureza Total (CaCO ₃ mg/l)	19,3	10	500	≤ 200		
Condutividade (μs/cm)	27,2	152,56	2000			
Zinco (Zn ²⁺ mg/l)	0,00	-	5	1		0,18
Cobre (Cu ²⁺ mg/l)	0,00	-	2	0,5		0,02
Manganês (Mn ²⁺ mg/l)	0,00	-	0,1	2		0,1

1 - VPM da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, de acordo com a Portaria MS 518/2004.

2 - VPM de lançamento de efluentes em corpos d'água pela Portaria 05/89-SSMA do RS.

3 - VPM para Reúso Urbano, conforme U.S.EPA – *Manual Guidelines for water reuse*. Nos locais onde o contato humano não é permitido, o limite é 200 colif. fecais/100 ml, 30 mg/l de SS (Sólidos Suspensos) e 30 mg/l de DBO. O limite para cloro residual é 1 mg/l.

4 - Limites da Resolução CONAMA 357/05 para classe 2 – águas destinadas à recreação de contato primário (tais como natação e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/00), irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, e à aquicultura e à atividade de pesca. Se não tiver contato humano, ou então a irrigação for para culturas arbóreas, cerealíferas ou forrageiras, a classe será 3 e o limite de coliformes termotolerantes 4.000/100ml e de DBO é 10 mg/l; ou classe 4, uso em navegação e harmonia paisagística.

Tabela 5 - Comparação entre águas cinzas e águas pluviais

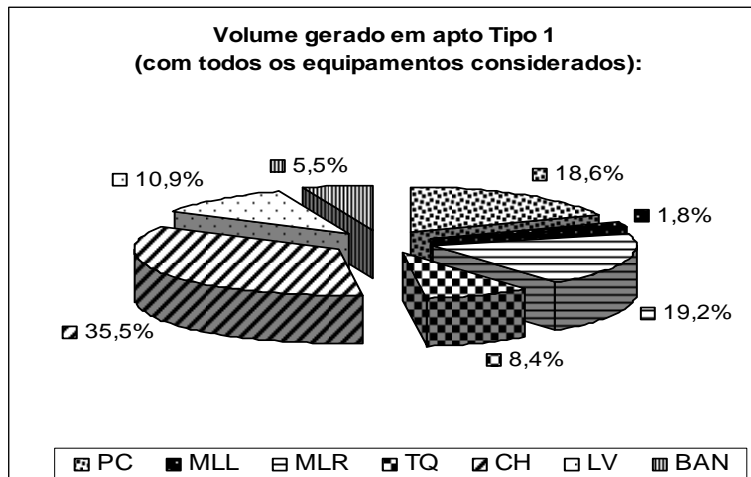


Figura 6 - Volume gerado de água cinza em apartamento do Tipo 1

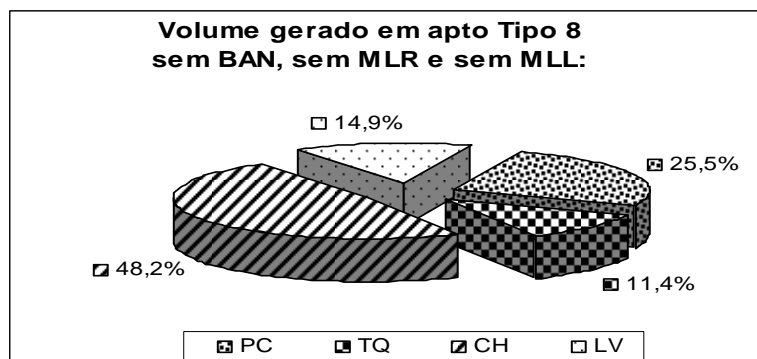
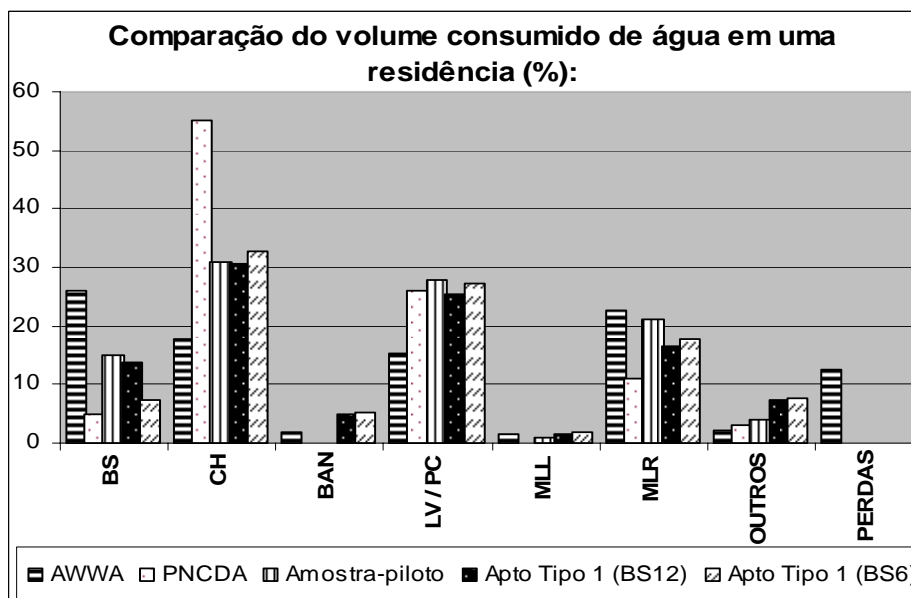


Figura 7 - Volume gerado de água cinza em apartamento do Tipo 8 (básico)



Onde: BS: Bacia sanitária, CH: Chuveiro, BAN: Banheira, LV/PC: Lavatório + Pia da cozinha, MLL: Máquina de lavar louça, MLR: Máquina de lavar roupa; AWWA: American Water Works Association, PNCDA: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, no Brasil; BS12: Bacia sanitária de 12 litros/descarga e BS6: Bacia sanitária de 6 litros/descarga.

Figura 8 - Comparação do volume de água potável consumido nos apartamentos (%)

Conclusões

O controle do processo de reúso de águas é fase de grande importância, devendo começar pela obrigatoriedade de separação das canalizações de água potável e água de reúso. Até mesmo essas tubulações devem ser pintadas com coloração específica e com denominação para alertar sobre o uso delas, principalmente quando for para limpeza de pisos e irrigação de jardins.

A reutilização da água cinza gerada nas edificações diminui o consumo de água potável para fins menos nobres e contribui para a sustentabilidade hídrica das cidades, pois, em um país onde o saneamento básico não é para todos e a maioria das cidades despeja o esgoto doméstico diretamente nos rios ou a céu aberto, essa medida minimiza a quantidade de poluição lançada nos corpos hídricos.

Em relação às avaliações da água cinza deste estudo, as conclusões podem ser sintetizadas da seguinte maneira:

(a) os resultados mostram variação na maioria dos parâmetros qualitativos, como coliformes fecais, DBO, DQO, condutividade, exceto para os coliformes totais e pH. Por exemplo, a variação dos coliformes fecais das amostras foi de $5,68 \times 10^3$ para $5,96 \times 10^5$ NMP/100 ml, o que para um efluente deveria ser menor ou igual a 300 (NMP/100 ml) para ser lançado em corpos d'água, conforme a Portaria 05/89 do RS, deveria ser menor que 500 (NMP/100 ml) para a classe 3 da NBR 13969 (ABNT, 1997), deveria não ser detectável para o reúso de água urbano da EPA e deveria ser menor que 1000 (NMP/100 ml) para a classe 2 da Resolução CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005);

(b) a água cinza analisada é um efluente doméstico com baixa qualidade, pois apresenta um alto valor de coliformes fecais em média $2,4 \times 10^5$ (NMP/100 ml); outro parâmetro importante encontrado nos valores qualitativos foi a turbidez, que variou de 98,2 UNT a 383,3 UNT. Portanto, comprova a necessidade e a importância de um tratamento adequado para a redução dos parâmetros aos níveis aceitáveis;

(c) o índice de nitrato obteve um valor acima do valor limite de 10 mg/l. Um valor elevado de nutrientes poderia causar a eutrofização de corpos hídricos, ou se ingerida essa água poderia causar a meta-hemoglobinemia, ou a síndrome do bebê azul. Porém, para a descarga das bacias sanitárias, este índice elevado não causaria problemas sanitários;

(d) 94% dos apartamentos pesquisados possuem máquina de lavar roupa (MLR), 39% possuem máquina de lavar louça (MLL) e 8% possuem banheira, além dos aparelhos considerados básicos em apartamentos, como o chuveiro, o lavatório, a pia da cozinha e o tanque. Portanto, a tipologia mais encontrada foi a de apartamento básico com a máquina de lavar roupa;

(e) os dados obtidos na parte quantitativa desta pesquisa podem subsidiar algumas avaliações para o desenvolvimento de projetos futuros com reúso de água cinza, como o exemplo apresentado a seguir. Supondo-se um condomínio vertical com quatro apartamentos por andar, com quatro andares e com cinco blocos, ou seja, 80 apartamentos com a tipologia de apartamento somente com os aparelhos básicos, o que constitui os condomínios de interesse social, a média de consumo em cada apartamento é de $25 \text{ m}^3/\text{mês}$ (obtida pela pesquisa realizada). Então, o condomínio teria um consumo de $2.000 \text{ m}^3/\text{mês}$ de água potável. Sabendo-se que os apartamentos desta tipologia que contêm a bacia sanitária de 6 litros/descarga, consomem 10% da água potável para a bacia sanitária, neste condomínio seriam consumidos $200 \text{ m}^3/\text{mês}$ de água potável, ou seja, 200 mil litros de água potável por mês somente para a descarga das bacias sanitárias, volume este que poderia ser economizado de água tratada e potável pelas concessionárias e pelos usuários, se for aplicado o reúso de água cinza.

(f) deve-se quantificar a demanda pela água de reúso para evitar desperdícios em relação ao tratamento, devido ao volumes tratados serem maiores que os volumes consumidos; e

(g) quanto à divisão na análise qualitativa, por tipologia dos apartamentos (com ou sem crianças e/ou animais), e às coletas em diferentes estações do ano, não foi observada nenhuma influência significativa nos resultados da pesquisa.

Com os resultados qualitativos das águas analisadas, pôde-se observar que, com um tratamento adequado, como o indicado pela EPA, por exemplo, para reúso urbano, que é o de se realizar um tratamento secundário, filtração e desinfecção, ou ainda com os tratamentos indicados pela NBR 13969/97 (ABNT, 1997), como, por exemplo, para a bacia sanitária, pode-se prever o uso da água de enxágüe das MLR apenas desinfetando, reservando aquelas águas e recirculando-as à bacia sanitária, em vez de enviá-las para o sistema de esgoto para posterior tratamento. Estas águas podem ser reutilizadas para fins não nobres em qualquer edificação, gerando economia de água potável, com redução

da demanda nos sistemas urbanos de captação, distribuição e tratamento de água.

Portanto, se o uso da água cinza do chuveiro for exclusivamente para a descarga das bacias sanitárias, acredita-se que, com um tratamento simples como filtração e desinfecção, a água cinza possa ser reutilizada sem maiores problemas e com economia para o usuário e para as concessionárias, o que pode contribuir também com a preservação ambiental com reflexo nas gerações futuras, minimizando a carga de esgotos nos rios. Um recurso tão importante quanto à água potável será reservado apenas para os fins nobres.

Recomenda-se, desse modo, que os setores residencial, comercial e industrial adotem uma postura de conformidade ambiental, dedicando especial atenção para um insumo vital como a água, com a consciência adequada da necessidade de sua utilização de forma racional em termos quantitativos e qualitativos.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

BIO: Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente. **Economia de água**. Rio de Janeiro, RJ, v.11, n. 18, abr./jun. 2001.

BIO: Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente. **Água: o ouro azul do século XXI**. Rio de Janeiro, RJ, v.11, n. 21, jan./mar. 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518 de 2004. Procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, Seção I, p.266, 26 mar. 2004.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357 de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, mar. 2005.

FONINI, A. **Estudo para determinação da capacidade de reúso das águas pluviais e de efluentes**. Relatório referente à bolsa Probic UPF – FAPERGS. UPF, 2003.

HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de reúso de água no Brasil**: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. Disponível em: <<http://www.aguaboliviana.org/situacionaguaX/IIIEnc>

>. **Aguas/contenido/trabajos_verde/TC-158.htm**. Acesso em: 8 out. 2003.

LINSTRON, Carl. **Greywater, what is... how to treat it... how to use it**. Disponível em: <<http://www.greywater.com>>. Acesso em: 28 jun. 2004.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (Ed.). **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PASSO FUNDO. Disponível em: <<http://www.pmpf-rs.com.br>>. Acesso em: 20 dez. 2003.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Saúde e do Meio Ambiente. Portaria nº 05 de 1989. **Norma Técnica nº 01 de 1989**. Dispõe sobre critérios e padrões de efluentes líquidos a serem observados por todas as fontes poluidoras que lancem seus efluentes nos corpos d'água interiores do Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, 16 mar. 1989.

ROCHA, José Sales Mariano da. **Educação ambiental técnica para os ensinos fundamental, médio e superior**. Brasília: 2. ed. ver. ampl. ABEAS, 2001.

SANTOS, Daniel C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental**. Curitiba: UFPR, 2002.

SANTOS, Daniel C.; ZABROCKI, L. **Graywater characterization in residential building to assess its potencial use**. Curitiba: UFPR, 2003.

STANDARD METHODS for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. 20th, 1998.

VAL, P. T. et al. **Reúso de água e suas implicações jurídicas**. São Paulo: Navegar, 2003.

VESENTINI, J. W. **Brasil, sociedade e espaço**. 7. ed. São Paulo: Ática, 1999.

TOMAZ, Plínio. **Economia de água para empresas e residências**: um estudo atualizado sobre o uso racional da água. São Paulo: Navegar, 2001.

TUCCI, Carlos E. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan./mar. 2002.

USEPA - Environmental Protection Agency. **Manual guidelines for water reuse**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs/625r04108/625r04108.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2005.

WENZEL, Marianne. A gota d'água. **Revista Arquitetura e Construção**, p. 96-99, jun. 2003.