

APROVEITAMENTO E REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA PARA USOS DOMÉSTICOS Water Reuse in Buildings

M. VALENTE NEVES ⁽¹⁾, E. BERTOLO ⁽²⁾ & S. ROSSA ⁽³⁾

⁽¹⁾ Doutor em Engenharia Civil, FEUP,
Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, Portugal, mjneves@fe.up.pt

⁽²⁾ Mestre em Engenharia do Ambiente, FEUP,
Porto, Portugal, elisabetebertolo@portugalmail.com

⁽³⁾ Mestre em Engenharia do Ambiente, FEUP,
Porto, Portugal, sr.55555@netcabo.pt

Resumo

O presente trabalho foca, essencialmente, três áreas relacionadas com um uso mais eficiente da água: (i) a possibilidade de redução dos volumes de água utilizados para limpeza de sanitas, (ii) o aproveitamento da água das chuvas para esse efeito, (iii) idem, relativamente às águas de banho. Em relação ao primeiro aspecto descrevem-se experiências que mostram que um jacto com um caudal de 0.6 l/s, actuando durante 7 s (isto é, um volume de 4.2 litros) será, em princípio, suficiente para a limpeza de sanitas. Com outros modelos talvez seja mesmo possível chegar a menores consumos. Descreve-se também um estudo de Bertolo (2006) sobre o aproveitamento da água das chuvas em moradias, com particular incidência na concepção dos sistemas, seu dimensionamento e análise económica. Finalmente, descreve-se um estudo de Rossa (2006) na parte que diz respeito às águas de duche, nomeadamente a sua caracterização em termos de quantidade e qualidade, diferentes concepções para o seu aproveitamento, bem como dimensionamento dos sistemas e sua análise económica.

Palavras-chave: uso eficiente da água, limpeza de sanitas, aproveitamento da água das chuvas, aproveitamento de águas de duche.

Abstract

Three themes related to the efficient use of water are covered by the present study: (i) the possibility of reducing water consumption for toilet flushing, (ii) the use of rainwater for this purpose, (iii) idem, for bath water. With respect to the first issue, experiments are described showing that a jet with a flowrate of 0.6 l/s acting during 7 s (which means a volume of 4.2 liters) is, in principle, sufficient for toilet flushing. With other types of toilets it might be even possible to use smaller volumes. A study of Bertolo (2006) about the use of rainwater in houses is also described, with particular emphasis on the design of the systems, their sizing and economic analysis. Finally, a study on the reuse of shower water (Rossa, 2006) is described, namely its characterization in terms of quantity and quality, different technical solutions and their economic analysis.

Keywords: efficient use of water, toilet flushing, rainwater harvesting, reuse of shower water.

1. Introdução

A disponibilidade de água em condições próprias para consumo encontra-se seriamente ameaçada nalgumas zonas do globo, sendo frequente ouvir-se vaticinar que esse poderá vir a ser o mais sério problema do século XXI. A Organização das Nações Unidas (ONU), por exemplo, admite que dentro de vinte anos metade da população mundial não terá acesso a água potável de qualidade satisfatória. Em consequência, importa cada vez mais promover o seu uso eficiente. Quer isto dizer que não se pode desperdiçar este precioso recurso e que a sua qualidade deve ser adequada ao tipo de utilização. Mesmo ao nível doméstico há utilizações, como a limpeza de sanitas, por exemplo, onde não é exigível uma qualidade ao nível da água de beber. Neste contexto, começam a ganhar mais popularidade soluções alternativas, como o aproveitamento de águas das chuvas e de águas cinzentas. A primeira questão foi tratada por Bertolo (2006) e a segunda por Rossa (2006).

2. Aproveitamento da água das chuvas

2.1. Introdução

O aproveitamento de águas pluviais (AAP) é uma prática muito antiga, que volta a ganhar actualidade em países desenvolvidos, inserida em estratégias para o uso mais eficiente da água. Esse aproveitamento pode ser feito para rega, indústria, gado, usos domésticos, etc., mas o presente trabalho apenas se debruça sobre este último aspecto, considerando, em especial, o caso das moradias.

2.2. Edifícios de habitação

2.2.1. Potencial de captação

A captação de água das chuvas pode ser feita na cobertura das casas e garagens, em terraços, varandas, etc. O volume utilizável é expresso por

$$V_{\text{utiliz}} = V_{\text{afl}} - V_{\text{rej}} - V_{\text{desc}} \quad [1]$$

Onde V_{afl} representa o volume afluente ao sistema colector, V_{rej} o volume rejeitado, normalmente por falta de qualidade, e V_{desc} o volume eventualmente descarregado pelo facto de o reservatório não ter capacidade para armazenar toda a água possível. No que se segue, a análise será reportada a um ano, pelo que

$$V_{\text{afl}} = c A h \quad [8]$$

onde A representa a área de captação, em projecção horizontal, h a pluviosidade anual e c um coeficiente relacionado com as perdas (chamemos-lhe coeficiente de escoamento) que depende de vários factores, mas cujo valor poderá ser estimado entre 0.8 e 0.9.

Consideremos um caso típico na região do Porto. Tendo em conta apenas a cobertura da casa, A poderá ser da ordem dos 120m². Como a pluviosidade média se cifra em cerca de 1215mm/ano, considerando $c=0.85$ resulta $V_{\text{afl}}=124\text{m}^3/\text{ano}$.

No entanto, convém notar que após um período significativo sem chover é natural que as superfícies de captação apresentem alguma sujidade, podendo a mesma ser arrastada pela água. Em princípio, para aplicações domésticas convirá rejeitar essas primeiras águas de lavagem (“first-flush”) para o que existem diversas soluções, conforme se verá mais adiante. Embora não se possa generalizar, há um certo consenso em torno da necessidade de cerca de 1 l/m² para essa lavagem, ou seja, será de rejeitar o primeiro milímetro da precipitação.

Por outro lado, a eventual falta de capacidade do reservatório poderá levar a um desperdício de água. Em moradias, por razões de custo e de atravancamento a capacidade será, em princípio, limitada a menos de 6 m³, pelo que em alturas de muita precipitação o reservatório poderá não ter capacidade para armazenar a água não utilizada, sendo a mesma descarregada através de um “trop-plein”. É lamentável que assim seja, pois essa água viria certamente a ser útil nos períodos de reduzida precipitação, mas as restrições impostas pelo aumento de preço do reservatório aconselham a que se procure a solução óptima em termos de custo-benefício. Isso deve ser feito através de uma análise fina, baseada num balanço entre as afluências e os consumos, o que no programa RESAP (Reservatórios de Águas Pluviais), desenvolvido na FEUP, é realizado através dos registos das precipitações diárias.

2.2.2. Potencial de utilização

Em Portugal há ainda pouca informação sobre a adequação da água das chuvas para alguns usos domésticos. Sabe-se que o pH é algo baixo, e isso poderá eventualmente acentuar-se em regiões sujeitas a chuvas ácidas.

O armazenamento em depósitos feitos à base de cimento pode contribuir para melhorar este aspecto. O problema da eventual sujidade devida ao “first-flush” pode ser ultrapassado, conforme se viu, rejeitando as primeiras águas. Se a utilização prevista o exigisse poderia ainda pensar-se nalguma desinfecção, eventualmente em certos períodos, o que não seria demasiado complicado. No entanto, não há referências quanto a essa necessidade. Em contrapartida, há quem defenda que a água das chuvas permite reduzir o uso de detergentes e oferece melhor qualidade para rega, porque é isenta de cloro.

A possibilidade de utilização para lavagem de sanitas é óbvia. Em termos médios estima-se que esse consumo seja da ordem dos 60 l/hab/dia, dos quais apenas 45 l/hab/dia em casa (Neves, 2003).

Outras utilizações por vezes consideradas são: lavagem de roupa (16 l/hab/dia), serviços de limpeza (6 l/hab/dia), rega, lavagem de automóveis, etc. (6 l/hab/dia em conjunto). Adicionando a utilização em sanitas chega-se a 73 l/hab/dia.

Mais discutível será a utilização para produção de água quente (consumo de cerca de 54 l/hab/dia), mas há exemplos desse aproveitamento, como no caso a que se refere a Figura 2, relativa à Austrália. Em princípio, o próprio aquecimento da água melhorará a sua aptidão para esse uso.

Em suma, em termos médios o potencial AAP numa habitação situar-se-á entre os 73 l/hab/dia e os 127 l/hab/dia, conforme se inclua, ou não, a produção de água quente. Para uma família de 4 pessoas e considerando uma permanência em casa de 345 dias por ano, isto representa volumes entre 101 m³/ano e 175 m³/ano, sendo que a última hipótese ultrapassa mesmo o potencial de captação (124 m³/ano).

2.2.3. Realização de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP)

2.2.3.1. Introdução

A Figura 1 ilustra uma solução para a realização de um SAAP, neste caso com cisterna enterrada.

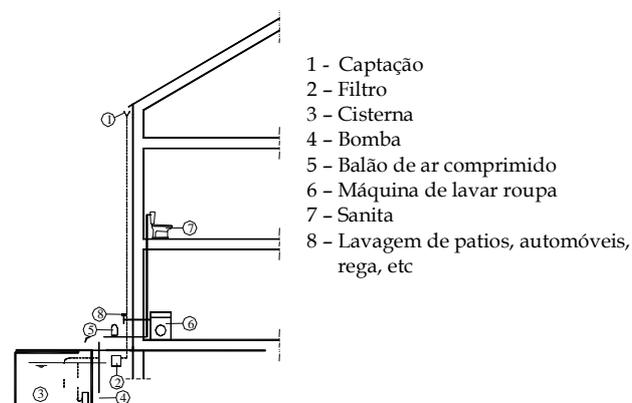


Figura 1. Aproveitamento da água das chuvas com cisterna enterrada.

Contudo, outras soluções são possíveis, como as representadas nas Figuras 2 e 5.

Um SAAP incluirá, normalmente, as seguintes etapas:

- Captação, que pode ser feita na cobertura dos edifícios e garagens, terraços, pátios, etc.;
- Pré-tratamento, que depende, naturalmente, das utilizações previstas;
- Armazenamento;
- Utilização;
- Descarga de excedentes;
- Reforço da alimentação.

Alguns destes aspectos são abordados noutros locais, pelo que se passará a focar, em particular, as questões relativas ao pré-tratamento e ao armazenamento.

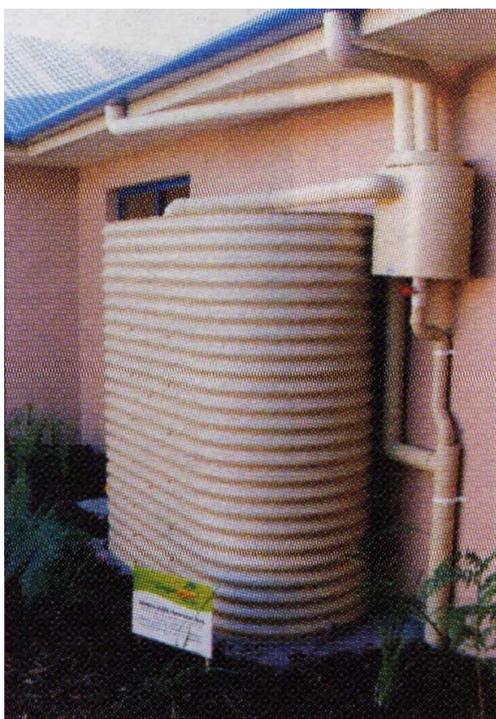


Figura 2. Aproveitamento da água das chuvas numa casa australiana (Apostolidis, 2003).

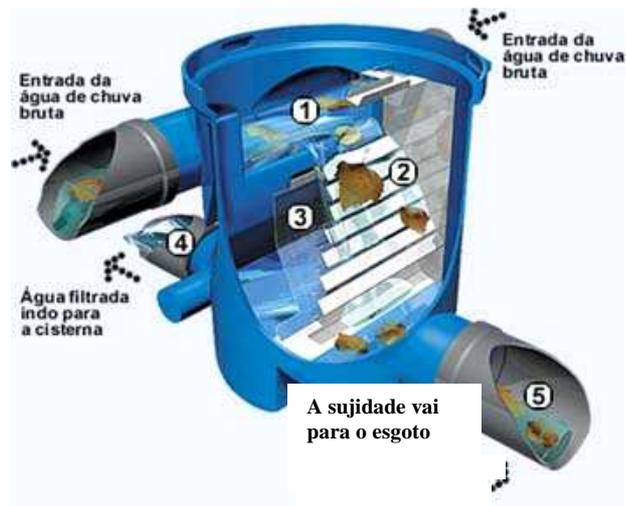


Figura 3. Modelo de filtro da água das chuvas (www.agua-de-chuva.com).

2.2.3.2. Pré-tratamento

O pré-tratamento a ministrar depende das utilizações previstas, podendo inclusivamente ser dispensado nalguns casos. Para usos domésticos, em princípio será de considerar uma remoção de material grosseiro, como folhas de árvores, operação que poderá ser realizada, por exemplo, através de filtros como o representado na Figura 3, cujo princípio de funcionamento é o seguinte:

- Ao entrar no filtro a água é freada no compartimento superior, entrando depois nos vãos entre as lâminas da cascata, mercê do seu desenho especial;
- A limpeza preliminar tem lugar nestas lâminas, uma vez que os sólidos maiores deslizam sobre elas, sendo desviados para a rede pluvial.
- A água passa então por uma tela (malha de 0.26 mm) existente sob a cascata, sendo o material fino retido igualmente conduzido à rede pluvial;
- Finalmente, a água limpa é conduzida para armazenamento.

Em alternativa a esta filtração, ou como complemento, poderá ser utilizado um dispositivo para rejeição do “first-flush”, várias soluções existindo para esse efeito, como a ilustrada na Figura 4.

As primeiras águas são temporariamente armazenadas num pequeno reservatório, que depois de cheio transborda para a verdadeira alimentação do SAAP. Entretanto, o dispositivo vai-se auto- esvaziando através de um orifício de pequeno diâmetro.

2.2.3.3. Armazenamento da água das chuvas

O reservatório de armazenamento merece particular atenção, quer pelo seu posicionamento e solução construtiva, quer pelo facto de ser, geralmente, o órgão mais dispendioso do sistema.

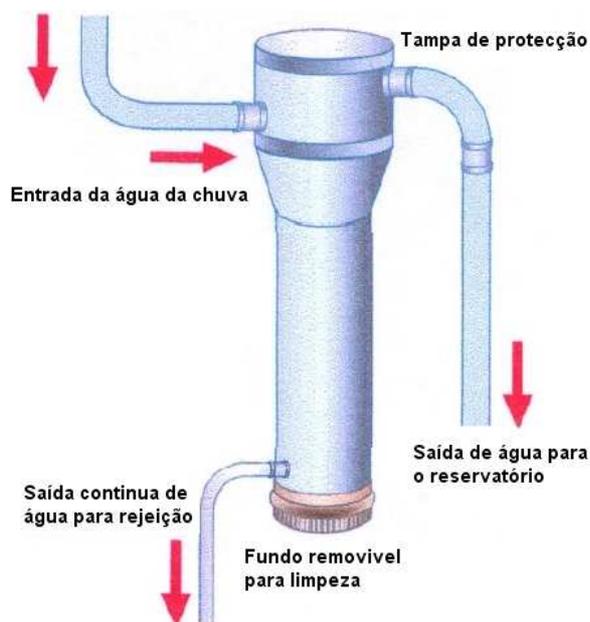


Figura 4. Dispositivo para rejeição do “first-flush” (www.eng.newcastle.edu.au).

2.2.3.4. Posicionamento do reservatório

Conforme se viu, a cisterna pode ser subterrânea (sem luz e sem calor a acção das bactérias é retardada), mas outras possibilidades poderão ser reservatórios à superfície (Figura 2) ou instalados no sótão (Figura 5).

Nesse caso convirá não ser muito alto, pois tem que ficar abaixo da caleira, o que poderia implicar a necessidade de altear a cobertura. Uma solução económica será, por exemplo, um tubo plástico com diâmetro à volta de 500 mm. Em geral são vendidos em varas de 6 m, as quais serão tamponadas, perfazendo um volume de cerca de 1000 litros. Outra hipótese, que permite reduzir um pouco a altura da parede, será a utilização de dois tubos de 6 metros e diâmetro de 300 mm, o que corresponde sensivelmente a 800 litros. A colocação no sótão tem a vantagem de dispensar o equipamento de bombagem e o gasto de energia mas, como a cisterna é mais pequena, não permite aproveitar um volume de água tão grande.

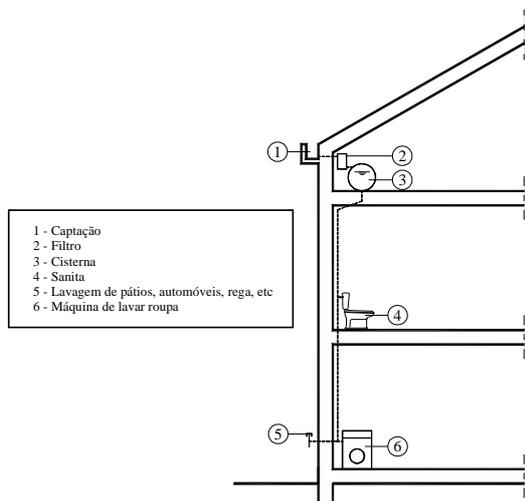


Figura 5. Aproveitamento da água das chuvas com cisterna no sótão.

2.2.3.5. Dimensionamento

Conforme atrás se referiu, a fixação da capacidade do reservatório é um problema de compromisso entre custo e benefício. Quanto maior essa capacidade, maior o volume de água que se pode aproveitar mas, naturalmente, maior será o seu custo.

O programa RESAP (Reservatório de Águas Pluviais) faz um balanço entre as afluências e os consumos, permitindo avaliar, perante determinada capacidade, qual o volume de água utilizado, o volume de água desperdiçado e o volume que será necessário ir buscar a outras origens para fazer face às utilizações pretendidas durante um certo tempo.

Em termos de afluências o programa está preparado para trabalhar com registos de precipitações diárias, as quais são transformadas em volumes a partir da eq. 2 (aplicada a um dia, naturalmente). Nas aplicações que têm sido feitas têm-se usado séries longas, de 10 anos, para serem mais representativas em termos de anos secos, anos húmidos, etc. Outro dos "inputs" é o volume específico a rejeitar como "first-flush", habitualmente fixado em 1 l/m², ou seja, o equivalente a 1 mm de chuva. Isto é, em todos os eventos, é descontado o primeiro milímetro de chuva.

Introduzem-se depois os consumos diários, com possibilidade de se atender a situações especiais, como fins de semana, ausência para férias, etc. O programa devolve os volumes acima referidos, para o período em análise. Se esse tiver sido de 10 anos, por exemplo, os volumes são divididos por 10, a fim de se calcularem os valores médios anuais correspondentes à capacidade analisada. A partir daí determinam-se os custos e as receitas. É evidente que convém fazer simulações com várias capacidades, no sentido de se procurar a solução mais vantajosa.

Presentemente o programa está a ser modificado, para acolher também afluências de águas cinzentas e outros tipos de consumos, como rega, por exemplo.

2.2.3.6. Materiais e custos

Alguns dos materiais utilizados na construção de reservatórios são a madeira, pedra, blocos de cimento, tijolos de barro, betão armado, ferrocimento (argamassa de cimento com armadura metálica), fibra de vidro, polietileno, aço galvanizado, etc.

Com base em medições e orçamentos para pequenos reservatórios de betão armado, Neves (2004) chegou à expressão a) para relacionar o custo com a capacidade. Da listagem constam também as funções de custo deduzidas por Bertolo (2006) para outros materiais, após pesquisa relativamente exaustiva no mercado português:

- a) Betão Armado: $460 V^{2/3}$
- b) Polietileno de Alta Densidade (PEAD): $338 V$
- c) Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRVF): $597 V^{3/4}$
- d) Aço Inox: $477 V^{0.85}$

Nestas expressões o volume deve ser expresso em m³ e o custo em euros. Os valores agora indicados resultam de uma actualização para 2007 com uma taxa próxima da inflação.

A Figura 6 mostra um gráfico comparativo dos custos para diversas situações, do qual se depreende que o PEAD será, provavelmente, a solução mais económica para reservatórios até 2.5 m³, volume a partir do qual é substituído pelo betão armado (os custos indicados em ordenadas referem-se a 2004).

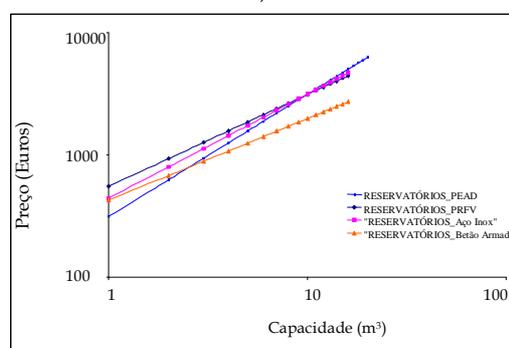


Figura 6. Custo de reservatórios em diversos materiais.

2.2.4. Estudo para uma moradia no Porto

Bertolo (2006) estudou pormenorizadamente um SAAP para uma moradia de três pisos no Porto, habitada por 4 pessoas. Como área de captação considerou-se o telhado, com 117 m². Admitiu-se que a água das chuvas seria aproveitada apenas para limpeza de sanitas, considerando-se um consumo, em casa, de 45 l/hab/dia, o que representa 180 litros / dia para a família.

Concluiu-se que as soluções mais interessantes se poderão encontrar numa gama de capacidades entre 4 m³ e 6 m³, sendo o reservatório de betão ligeiramente armado a solução mais económica. Considerando as precipitações diárias no Porto durante os últimos 10 anos, com um reservatório de 4 m³ seria possível aproveitar, em média, 49 m³/ano, enquanto um reservatório de 6 m³ permitiria aproveitar 52 m³/ano.

Com as tarifas praticadas no Porto, que penalizam bastante os consumos acima de 20 m³/mês, isto representaria uma poupança da ordem dos 200 a 210 euros por ano.

Em termos de custos, para além do SAAP propriamente dito considerou-se a rede de alimentação dos autoclismos, bem como pequenas obras adicionais requeridas, tendo-se concluído que o acréscimo de custo em relação à solução

tradicional deveria ser da ordem dos 2600 a 2900 euros, conforme se considere um reservatório de 4 m³ ou 6 m³.

O reservatório representa, de longe, a parcela mais significativa dos custos, mas é um órgão de longa duração, portanto com pequena desvalorização ao longo do tempo. Um estudo económico pormenorizado, que incluiu, entre outros factores, uma previsão da desvalorização anual e uma taxa de inflação de 2.5%, levou à conclusão de o projecto poderia proporcionar uma rendibilidade da ordem dos 7%/ano para o utilizador.

2.2.5. Soluções colectivas para aproveitamento da água das chuvas

A economia de escala tem grande significado para projectos desta natureza. Um estudo análogo, embora não tão aprofundado em termos de canalizações, aponta para uma rendibilidade da ordem dos 14%/ano no caso de um SAAP comum para um conjunto de 4 moradias semelhantes à do estudo atrás descrito.

Outra possibilidade será a de a entidade responsável pela drenagem pluvial pública construir sob os passeios cisternas de volume apreciável, utilizando a água para rega de plantas, lavagem de ruas, limpeza de colectores, reserva para combate a incêndios, alimentação de lagos e fontes, etc. Eventualmente, os privados usariam essa água para os fins domésticos menos exigentes.

Às vantagens económicas daí decorrentes há que acrescentar uma diminuição de custos relativos ao sistema público de drenagem, a contribuição para atenuação de cheias urbanas, bem como de custos e problemas de exploração de estações elevatórias e de tratamento de águas residuais, geralmente muito prejudicadas por chuvas fortes.

Por outro lado, se as cisternas tiverem a configuração de galeria poderão funcionar como “galeria técnica”, facilitando a instalação e inspecção de outras canalizações. As cisternas também poderão ser construídas sob zonas ajardinadas ou de estacionamento.

2.2.6. Alguns projectos para aproveitamento da água das chuvas em usos domésticos

A União Europeia tem em marcha o Projecto-Piloto “Sustainable Housing in Europe”, através do qual, entre outras medidas para uma habitação sustentável, se incentiva o recurso a origens de água alternativas para usos menos exigentes em termos de qualidade.

Aderindo a esse programa a União Norbiceta, que congrega as Cooperativas de Habitação “As Sete Bicas”, “NorteCoope” e “Ceta”, lançou em 2005 o primeiro empreendimento nacional do género, constituído por 101 habitações distribuídas por dois edifícios, em Leça do Balio. Entre outras inovações noutras áreas, o empreendimento prevê o aproveitamento das águas pluviais para rega de jardins e limpeza de sanitas.

A água é captada na cobertura dos edifícios e conduzida até um reservatório enterrado, de betão armado, o qual recolhe ainda águas freáticas, permitindo-lhe dispor de água mesmo em períodos de pouca chuva.

Essa água é depois bombada para o sótão dos edifícios, onde se localizam vários reservatórios de plástico, um por caixa de escadas, que a armazenam para distribuição gravítica pelos sanitários.

Bertolo (2006) elaborou também um projecto SAAP para a Torre de Controlo e Edifício de Apoio do Aeródromo de Castelo Branco, no qual se prevê o aproveitamento da água para limpeza dos sanitários e mictórios de todos os WC localizados nos pisos 0 e 1.

Foi utilizada a metodologia descrita no presente trabalho, com recurso aos registos da precipitação diária no posto udométrico de Vila Velha de Ródão, no período 1989/2001.

Entretanto, multiplicam-se os projectos para utilização de SAAPs ao nível da habitação familiar e colectiva, e mesmo noutro tipo de edifícios. Por exemplo, um artigo recente dá conta do interesse suscitado pela sua eventual aplicação ao complexo do Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Grandes superfícies comerciais e industriais, hotéis e complexos desportivos, estão também a recorrer cada vez mais a esta solução.

2.3. Utilização de água das chuvas na indústria e na agricultura

Nas indústrias, aproveitar a água da chuva é fazer a ponte entre preocupações ecológicas e económicas (Zoio, 2003). A água poderá ser utilizada nalguns processos industriais, na refrigeração de equipamentos e máquinas, serviços de limpeza, descargas nas casas de banho, reservatórios para combate a incêndios, irrigação de áreas verdes, etc. Além disso, nos dias de chuvas fortes as cisternas servem como órgãos de regularização, atenuando a probabilidade e os efeitos das cheias. Nas zonas rurais as potencialidades são óbvias, tanto na agricultura como na pecuária. No entanto, apesar de uma longa tradição, há ainda uma larga margem para um melhor aproveitamento, que em muitos casos poderá passar pela construção de cisternas com captação na cobertura.

3. Experiências realizadas sobre a limpeza de sanitas

A possibilidade de dispor de uma origem de água dentro dos domínios do edifício, a qual se pode gerir em termos de caudal a fornecer às utilizações, oferece novas perspectivas em termos de concepção dos sistemas de limpeza de sanitas. Pode mesmo perguntar-se: porque não usar água bombada directamente do reservatório, sem interposição de autoclismos ou fluxómetros?

Para analisar essa possibilidade levou-se a efeito um conjunto de experiências com todo o realismo. Diga-se, antes de mais, que na sanita utilizada a distribuição da água era efectuada de forma convencional, através de um canal em toda a periferia da sanita. No entanto, as experiências mostraram que a remoção dos dejectos se processava mais rapidamente criando um jacto a incidir nos limites da água na bacia, com economia de caudal e volume de água, pelo que passaram a ser feitas nessas condições. Outras conclusões foram as seguintes:

- A operação poderá ser realizada com um caudal de 0.6 l/s, muito inferior aos 1.5 l/s subentendidos no art. 90.º do Decreto Regulamentar n.º 23/95. Isto significa que, dispondo-se de água armazenada, não será difícil providenciar esse caudal instantâneo sem autoclismos ou fluxómetros, através de canalização que poderá ter diâmetro próximo dos 20 mm a 25 mm.

- O tempo de actuação desse jacto deverá ser da ordem dos 7 s, o que conduz a um volume de 4.2 l, muito inferior ao das soluções tradicionais e até ao de autoclismos modernos. É mesmo provável que esse volume possa ser mais reduzido com outros modelos de sanitas, que não o modelo ensaiado.

4. Aproveitamento de águas de banho

4.1. Introdução

Em termos de efluentes domésticos é habitual fazer-se uma distinção entre águas negras e águas cinzentas. As primeiras provêm das descargas de sanitas, enquanto as segundas englobam efluentes de cozinhas, lavandarias, tanques, lavatórios, bidés, banheiras e duches.

Hoje em dia, quer em solução colectiva (ETAR), quer em solução doméstica, é possível promover a reutilização de todos os efluentes produzidos nas habitações. Em muitos casos os custos poderão não ser compensadores, porém, mercê de um conjunto de circunstâncias favoráveis, o aproveitamento de águas de banhos (duche e imersão) para a limpeza de sanitas, parece conjugar interesse ambiental e económico. Entre essas circunstâncias encontram-se as seguintes:

- As águas de banho são pouco poluídas, pelo que com um tratamento simples (ou, eventualmente, de forma directa) poderão ser utilizadas numa operação pouco exigente como é a limpeza de sanitas.
- A sua produção é muito similar ao consumo nas mesmas, cerca de 54 litros por habitante e por dia, o que dispensa volumes de armazenamento significativos.
- A solução poderá ser encarada quer a nível individual (isto é, uma unidade em cada casa de banho) quer a nível central (uma única unidade para um conjunto de sanitas), o que lhe confere grande flexibilidade.
- A realimentação do sistema com água da rede, caso necessária, pode fazer-se com facilidade mediante a abertura de uma torneira na banheira ou na cabina de duche, praticamente eliminando riscos de contaminação.

4.2. Caracterização das águas de duche

Rossa (2006) debruçou-se sobre a questão do aproveitamento da água dos duches, designadamente para limpeza de sanitas e para rega. Em primeiro lugar, procurou caracterizá-las em termos quantitativos e qualitativos, tendo para isso contado com a colaboração de 25 pessoas que se prontificaram a realizar algumas medições. O grupo incluía 13 indivíduos do sexo masculino, com idades entre 25 e 67 anos e 12 indivíduos do sexo feminino, com idades entre 13 e 67 anos.

Caudal, duração e volume utilizado nos duches

O caudal utilizado nos duches foi medido enchendo um recipiente de volume conhecido e dividindo pelo tempo cronometrado. Para se ter uma noção mais abrangente, cada utilizador usou o seu chuveiro habitual, existindo portanto, grande variedade de modelos.

O Quadro 1 mostra as médias dos valores registados, por diversas categorias.

Em termos de representatividade parece justificável excluir os valores máximo e mínimo observados, chegando-se aos valores indicados na última linha. Repare-se que o volume não é precisamente igual ao produto do caudal pelo tempo, porque nem sempre os valores extremos do primeiro eram concomitantes com os valores extremos dos segundos.

Como informação a reter sugere-se um caudal de 7.3 l/min, duração de 7.3 minutos, volume de 54 litros.

Quadro 13. Valores médios dos consumos no banho.

Caso	Designação	Duração	Caudal	Volume	
		min	l/m	litros	
1	Homens	H	6,76	7,36	54,25
2	Mulheres	M	9,64	7,33	95,56
3	Homens e mulheres	H+M	8,20	7,34	74,91
4	Homens excluído max. e mín.	H	6,35	7,06	44,15
5	Mulheres excluído max. e mín.	M	7,57	6,99	64,28
6	Homens e mulheres excluído max. e mín.	H+M	6,96	7,03	54,21

Acrescentam-se mais algumas conclusões deste estudo:

- Quer o caudal, quer a duração e, conseqüentemente, também o volume, diminuem à medida que a idade vai avançando;
- Nos fins de semana os consumos são superiores à média.
- Conforme se disse, foram utilizados chuveiros indiferenciados, mas noutros ensaios Neves (2003) constatou que com um chuveiro de jacto muito fino se pode tomar um duche agradável com um caudal de 2 l/min e uma duração de 4 minutos (igual à de muitos dos participantes no estudo anteriormente referido) o que perfaz um volume de 8 litros.

Em suma, as experiências realizadas confirmam a ideia de que é possível reduzir o caudal previsto para os chuveiros no Decreto Regulamentar nº. 23/95 (9 l/min, no mínimo), com reflexos positivos em termos de poupança de água.

Qualidade das águas de duche

Os elementos mais comuns nas águas de duche são os sabões, champôs, cabelos e agentes de limpeza. No já referido estudo - Rossa (2006) - foi monitorizado o consumo destes produtos por duas mulheres e um homem, durante vários dias.

A composição indicada para o gel de banho e o champô era muito semelhante, conforme se pode ver no Quadro 2.

Os detergentes e produtos de limpeza mais comuns contêm sódio, cloro e bromo, entre outros.

Quadro 2. Composição dos produtos usados no banho

Gel de banho (Dove)	Champô (Pantene)
Água	Água
Sódio	Cloreto de sódio
Glicerina	Amónio
Ácido cítrico	Ácido cítrico
Perfume	Perfume
Álcool	Álcool

Dos resultados das referidas experiências interessará, sobretudo, realçar o seguinte, relativamente a valores médios de champô+ gel de banho + amaciador consumidos durante o duche :

- Para o elemento masculino, 1.50 ml, o que corresponde a uma concentração de 28 ppm para o consumo típico de 54 litros de água;
- Relativamente aos elementos femininos, 3.01 ml, correspondentes a 56 ppm;
- Consequentemente, havendo equilíbrio entre o número de elementos de sexos diferentes, será de prever um consumo médio de 2.26 mg/l, ou seja, uma concentração de 42 ppm.

Rossa (2006) realizou ainda experiências com o objectivo de analisar a evolução da água dos duches ao longo do tempo, quer em recipiente aberto, quer em recipiente fechado. Durante 3 dias observou-se o seu aspecto com intervalos de 8 horas, nada de especial se tendo notado no caso do recipiente aberto.

No caso do recipiente fechado observou-se ligeira turvação ao fim de 12 horas de repouso. Contudo, quando se acrescentou 50% de água proveniente da rede pública, a mistura apresentou-se límpida, sem cheiro e sem espuma, mesmo após 24 horas de repouso.

O estudo incluiu também análises bacteriológicas às águas provenientes de um duche de um elemento masculino e outro de um elemento feminino. As análises foram efectuadas no Departamento de Engenharia Química da FEUP, segundo a norma ISSO/DIS 9308-1 (1990), destinada à quantificação de coliformes presentes na água através de filtração por membrana seguida de cultura em meio lactosado selectivo. As análises mostraram um teor de coliformes fecais de 124 ucf/100 ml no caso do homem e 430 ucf/100 ml no caso da mulher.

A respeito da eventualidade da ocorrência de urina nos efluentes dos duches, é frequente ouvir-se referir que se trata de produto inócuo no caso de indivíduos saudáveis. Poderá conter patogénicos no caso de infecções, mas a probabilidade de sobreviverem fora do corpo humano parece muito remota.

A presença de substâncias detergentes e desinfectantes nas águas de duche favorece a inactivação desses agentes e, além disso, é de notar que o seu destino é um meio incomparavelmente mais poluído.

4.3. Experiências realizadas sobre a utilização de águas de duche na limpeza de sanitas (e também para rega)

Rossa (2006) relata também experiências sobre a utilização de água de duches para limpeza de sanitas, realizadas em duas habitações no Porto. A água dos duches era retida na banheira e elevada através de uma bomba miniatura para a bacia do autoclismo. Um dos casos contemplou a casa de banho utilizada por um casal e teve a duração de uma semana. Na outra habitação tratou-se da casa de banho usada por pessoa do sexo feminino durante um mês.

Algumas das conclusões foram as seguintes:

- Quase equilíbrio entre a produção e o consumo, o que não determinou grandes volumes armazenados nem de empréstimo;
- Não se notou qualquer problema nesta reutilização, nem mesmo de cheiros, ainda que com paragens absolutas de cerca de 32 horas durante os fins de semana.

Foram também realizadas experiências com o objectivo de avaliar os efeitos da reutilização de águas de duche para a rega de duas espécies de plantas. Durante dois meses, foram regadas, 3 a 4 vezes por semana, as plantas mostradas na Figura 7, uma com flor (roseira) e uma outra sem flor (begónia), sem que se tivesse notado qualquer tipo de problema.



(a)



(b)

Figura 7. Plantas regadas com águas de duche: (a) roseira, (b) begónia.

4.4. Soluções para a utilização de água de banho em limpeza de sanitas

Conforme se disse, as soluções poderão ser individuais, ou seja, uma unidade em cada casa de banho, ou centralizadas, isto é, uma única unidade para um conjunto de sanitas.

4.4.1. Sistema individual

Entre outras possibilidades, o sistema individual poderá ser concretizado conforme se esquematiza na Figura 8.

Sob a banheira seria instalado um reservatório com cerca de 1.50 m de comprimento, 0.40 m de largura e 0.20 m de altura, o que totaliza 120 litros. Esse reservatório pode, por exemplo, ser fundido simultaneamente com a banheira, ou posteriormente soldado (ou colado) à mesma.

A água seria elevada para a bacia de autoclismo a partir de uma bomba, comandada por sensores de nível. A potência requerida para o efeito é insignificante, cerca de 2 W. Trata-se, portanto, de uma bomba miniatura, semelhante às que se usam em pequenas fontes ornamentais, com baixo custo, consumo insignificante e possibilidade de colocação em qualquer local, inclusivamente na espessura do pavimento.

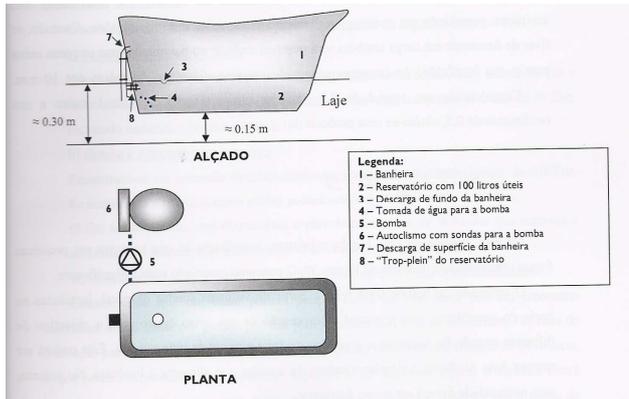


Figura 8. Sistema individual para aproveitamento de águas de banho.

Em princípio não devem ocorrer odores desagradáveis, conforme se depreende dos testes atrás descritos mas, se assim for, poderá recorrer-se a produtos à base de cloro ou bromo, por exemplo, que até reforçam a desinfecção já proporcionada pelos produtos usados no duche.

Os cálculos efectuados levam a admitir que para 2 pessoas este sistema poderá representar um acréscimo de custo de 70 a 100 euros relativamente à solução tradicional. No entanto, a poupança de água poderá ser da ordem dos 34 m³/ano, o que nalguns casos poderá permitir uma amortização em cerca de 7 meses.

A Figura 9 ilustra uma solução já em comercialização, embutida na parede.

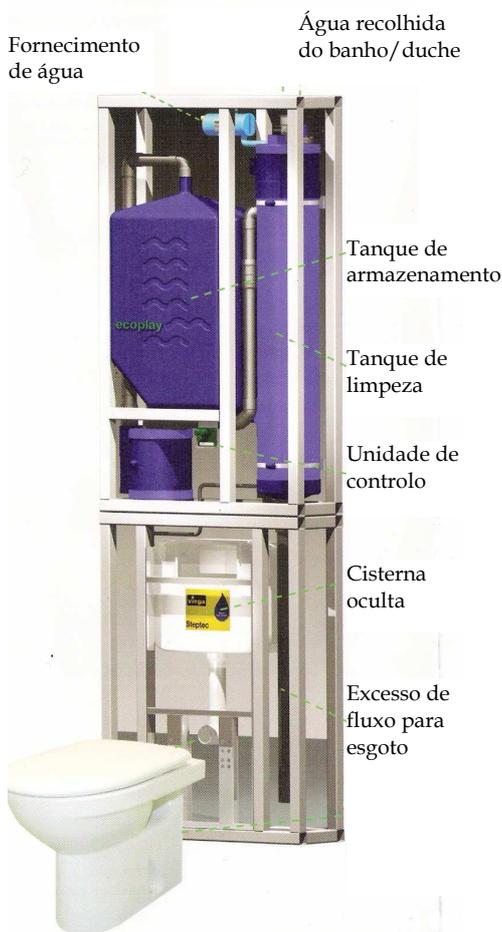


Figura 9. Solução comercializada para reutilização de águas de banho (ECOPLAY).

4.4.2. Sistema centralizado

Os princípios do sistema centralizado estão representados na Figura 10, com bacias de autoclismo, embora se possam considerar outras variantes como, por exemplo, fluxómetros em vez de autoclismos, ou mesmo dispensa de qualquer deles.

Analisadas algumas soluções para duas casas de banho e quatro utilizadores, concluiu-se que a solução mais económica deverá ser, justamente, a descarga directa na sanita com um caudal da ordem de 0.6 l/s, isto é, sem interposição de autoclismos ou fluxómetros, o que, paralelamente, permite reduzir o atravancamento das sanitas e, eventualmente, a área necessária para a casa de banho. O acréscimo de custo relativamente à solução tradicional poderá ser da ordem dos 250 a 390 euros. Permitindo uma poupança de água de cerca de 68 m³/ano, nalguns casos a amortização poderá ser feita em cerca de 12 meses.

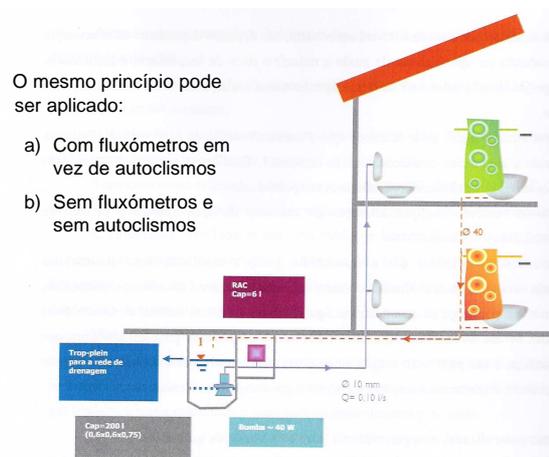


Figura 10. Reutilização de águas de banho com um sistema centralizado.

5. Junção de águas pluviais com águas de banho

Face ao anteriormente descrito, uma solução muito promissora parece ser a junção, para aproveitamento, de águas pluviais com águas de banhos, na medida em que oferece as seguintes vantagens:

- Economia de escala;
- Diluição das cargas poluentes;
- Para além da limpeza de sanitas, possibilidade de utilização para rega, lavagens exteriores e de automóveis, etc., eventualmente sem necessidade de reforço a partir da rede pública. Caso se pretenda esse reforço, bastará abrir a torneira do banho.

6. Síntese e conclusões

Relativamente às experiências realizadas para investigar a possibilidade de efectuar a limpeza das sanitas com maior economia de meios, será de realçar o seguinte:

- Uma boa solução consiste em fazer incidir um jacto na zona periférica da água, em vez de a distribuir pelo contorno da sanita;

- A operação poderá ser feita com um jacto de 0.6 l/s actuando durante 7 s, isto é, um consumo de 4.2 litros, inferior ao debitado pelos autoclismos convencionais e mesmo outros mais recentes;
- O armazenamento quer de água das chuvas, quer de água de banhos, permite fornecer esse caudal sem recurso a autoclismos ou fluxómetros, com mais economia e menor atravancamento.

Note-se que as experiências foram realizadas com um único modelo de sanita, pelo que se admite a possibilidade de soluções ainda com menor caudal e/ou volume.

Em relação ao aproveitamento de água das chuvas é corrente assinalar os seguintes aspectos positivos:

- Permite evitar o desperdício de água potável em sanitas, limpezas interiores e exteriores, rega, lavagem de automóveis, etc.;
- Amortização em tempo razoável, favorecida pela economia de escala;
- Amortecimento dos caudais pluviais, com reflexos positivos, nomeadamente, em relação aos sistemas públicos de drenagem;
- Redução de detergentes e maior longevidade de alguns aparelhos, devido à isenção de calcários;
- Melhor qualidade para rega, devido à isenção de cloro.

Todavia, em contrapartida, serão de referir os seguintes aspectos negativos:

- Necessidade de cuidado para evitar comunicação com a rede de água potável;
- Necessidade de alguma atenção à manutenção e exploração do sistema.

No estudo aqui relatado analisou-se com pormenor o aproveitamento de água das chuvas para limpeza de sanitas em moradias, nomeadamente no que diz respeito ao dimensionamento, soluções construtivas e aspectos económicos, tendo-se deduzido rendibilidades até 7% para uma moradia e 14% para um grupo de quatro moradias.

Foi igualmente descrito um estudo sobre o aproveitamento de águas de duche, nomeadamente para limpeza de sanitas.

Experiências realizadas com 25 pessoas mostraram que, em média, e com chuveiros tradicionais, gastavam 7.3 l/min durante um período de 7.3 minutos, o que corresponde a um volume de 54 litros. Com chuveiros de baixo consumo é possível uma significativa poupança de água, havendo relato de um caudal de 2 l/min e consumo de apenas 8 litros.

As águas de duche foram também analisadas em termos qualitativos e, inclusivamente, foi testada a sua utilização na limpeza de sanitas em duas habitações, sem que tenham sido detectados problemas.

Várias concepções foram analisadas dentro das categorias de “soluções individuais” e “soluções centralizadas”. No primeiro caso concluiu-se que numa casa de banho para duas pessoas poderão ser poupados cerca de 34 m³/ano de água da rede, o que em certos casos poderá permitir uma amortização em cerca de 7 meses.

Em termos de “soluções centralizadas” concluiu-se que a solução mais económica seria com reservatório inferior, sem autoclismo ou fluxómetro.

Para duas casas de banho, com quatro utilizadores, a poupança poderá ser de 68 m³/ano, potenciando amortizações em cerca de 12 meses. Foram também realizadas experiências visando a aptidão das águas de duche para rega. Durante dois meses foram regadas uma begónia e uma roseira, sem que se tenham detectado problemas.

Os estudos deixam antever como muito promissora a junção das águas pluviais com águas de banho, quer pelo aumento da quantidade, nomeadamente no verão, quer pela melhoria da qualidade da mistura.

Uma última referência relativamente a uma esperada revisão do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. Embora os estudos realizados estejam longe de ser exaustivos, deles resultaram indicações para um uso mais eficiente da água, que valeria a pena aprofundar:

- Possibilidade de reduzir os caudais mínimos impostos para chuveiros individuais (9 l/m), fluxómetros (1.5 l/s) e descargas de retretes (90 l/m);
- Possibilidade de uma maior abertura relativamente ao aproveitamento de águas das chuvas e de águas de banhos.

Referências bibliográficas

- Apostolidis, N. (2003). *Managing Queensland's Water*, Water 21, edit. International Water Association, pp 31.
- Bertolo, E. (2006). *Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Neves, M. (2003). *Perspectivas para um uso mais eficiente da água no ciclo urbano*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Neves, M. (2004). *Custo de pequenos reservatórios construídos “in situ”*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Neves, M. & Neves, A. (2002). *Estratégias para o Uso Mais Eficiente da Água em Portugal*. III Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua, Sevilla, Espanha, Novembro, pp. 149-153.
- Rossa, S. (2006). *Contribuições para um uso mais eficiente da água no ciclo urbano. Poupança de água e reutilização de águas cinzentas*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Rossa, S. e Neves, M. (2002). *Uso Eficiente da Água: Medidas Prioritárias em Portugal*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Zoio, M. (2003). *Uso Eficiente da Água. Conceitos Gerais*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- www.agua-de-chuva.com
- www.casautonoma.com.br
- www.eng.newcastle.edu.au