

REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Joel Avruch Goldenfum

Professor Adjunto

IPH/UFRGS

joel@iph.ufrgs.br

RESUMO – Os principais aspectos sobre aproveitamento da água da chuva no Brasil e no mundo são descritos e discutidos no presente artigo, sempre sob a ótica do reuso e conservação da água. São apresentados os arranjos mais comumente adotados para coleta e aproveitamento da água da chuva e são expostas as metodologias mais utilizadas para o dimensionamento dos reservatórios. Aspectos de qualidade e quantidade da água, além de da viabilidade técnica e econômica da adoção destes sistemas são também abordados. Conclui-se que o uso de sistemas de aproveitamento da água da chuva pode configurar uma alternativa viável para conservação e valorização do uso da água, combatendo situações de carência, em aplicações residenciais, industriais e comerciais.

1. Introdução

A água é essencial para toda vida no planeta. Embora cerca de 75% da superfície terrestre seja composta por água, apenas uma pequena parcela é de água potável: conforme Ward e Robinson (1990), cerca de 97,4% deste total é composto por água salgada, quase 2% é de gelo e neve e apenas 0,67% corresponde a água doce (incluindo águas subterrâneas e fontes superficiais). Esse cenário é ainda mais grave quando é levada em consideração a má distribuição espacial e temporal da água doce no planeta e, ainda, a contaminação crescente dos mananciais. Em consequência, a água hoje é tratada como um recurso finito renovável e um bem econômico.

De acordo com dados oficiais (WHO, 2003), cerca de mais de um bilhão de pessoas no mundo sofrem com a indisponibilidade de água tratada para alimentação e para sua higiene pessoal. Cerca de mais de 1,8 bilhão de pessoas não dispõem de serviços de saneamento básico e em muitas áreas urbanas o número de habitantes sem acesso ao saneamento tem crescido junto com o crescimento populacional. Muitos países que enfrentam carência de água potável frequentemente têm o problema agravado por falta de precipitação, poluição dos aquíferos e alta densidade populacional.

A água é hoje um fator limitante para o desenvolvimento de diversas regiões no planeta. Além das regiões áridas e semi-áridas, outras regiões, que dispõem de recursos hídricos significativos, mas insuficientes para atender a demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo que afetam as atividades econômicas e influem negativamente sobre a qualidade de vida de suas populações (Hespanhol, 2002).

Nessas condições, a reutilização da água e os sistemas de coleta e utilização de água da chuva surgem como um meio de conservação da água e como alternativas para enfrentar a carência do recurso, tanto para fins potáveis quanto não potáveis, tornando-se uma alternativa para minimizar a sua escassez. Conforme U.S.EPA (2004), o conceito de “substituição de fontes”, representa a possibilidade de reaproveitamento de águas servidas

em substituição a recursos potáveis disponíveis. Este conceito, conforme Mancuso e Santos (2003), aparece como uma alternativa para suprir a demandas menos nobres, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais adequados, como o abastecimento doméstico. Conforme U.S.EPA (2004), em 1958, 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".

O presente artigo apresenta uma visão global e um retrato da situação brasileira sobre a questão do aproveitamento da água da chuva, dentro da ótica do reuso e conservação da água. Para tanto, é apresentada uma visão sucinta da situação geral do reuso das águas no Brasil e no mundo, para depois aprofundar a questão do aproveitamento da água da chuva.

2. Reuso de águas residuárias

Hespanhol (2002) afirma que a água é um recurso renovável que, quando reciclada através de sistemas naturais, torna-se um recurso limpo e seguro, podendo ter sua qualidade deteriorada devido à ação antrópica. Uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para fins diversos. A qualidade da água utilizada e o objetivo do reuso estabelecem os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos associados. As possibilidades e formas potenciais de reuso dependem de características, condições e fatores locais.

2.1 Tipos de reuso

Conforme CETESB (2005), a reutilização da água pode ser direta ou indireta, resultante de ações planejadas ou não. O reuso indireto não planejado ocorre quando a água servida é descarregada no meio ambiente, ficando sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração) e reutilizada a jusante, de maneira não intencional e não controlada. O reuso indireto planejado ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos d'água, para serem utilizados a jusante, de maneira controlada. O reuso direto planejado ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são conduzidos diretamente ao local de reuso (em geral, indústria ou irrigação). O reuso direto não planejado ocorreria quando a água servida fosse descarregada sem nenhum tipo de tratamento, sendo reaproveitada diretamente no seu ponto de descarga (situações irregulares, pois não há controle algum sobre os parâmetros de qualidade).

É importante destacar que, segundo Metcalf e Eddy (1979), em geral não é possível reutilizar uma água residuária completa ou indefinidamente. A reutilização de um efluente tratado por meios diretos ou indiretos é um método de disposição que complementa outros existentes. A quantidade de efluente que se pode reutilizar depende da disponibilidade e custo da água doce, custos de transporte e tratamento, normas sobre a qualidade da água e o potencial de reutilização da água residuária.

As águas servidas podem ser aproveitadas de diferentes formas, podendo ser classificados os seguintes tipos de reuso: urbano, industrial, agrícola, ambiental e recarga de aquífero. Conforme Hespanhol (2002), os tipos básicos de usos potenciais de esgotos tratados podem ser apresentados esquematicamente na figura 1.

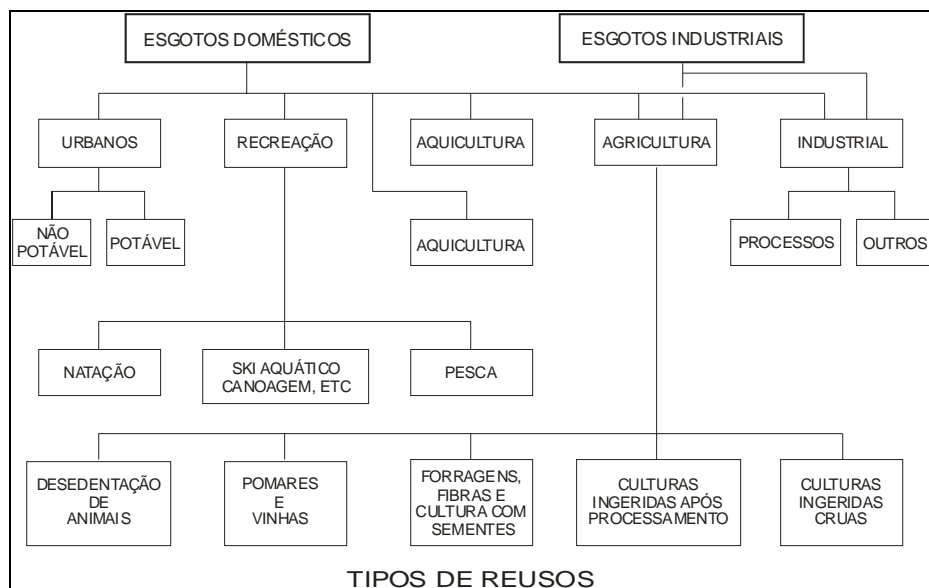


Figura 1 – Formas potenciais de reuso da água (Hespanhol, 2002)

Reuso Urbano: U.S.EPA (2004) apresenta diversas alternativas para reuso urbano não potável, das quais destacam-se: irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de ruas e rodovias, áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais; reserva de proteção contra incêndios; sistemas decorativos aquáticos tais como fontes, chafarizes, espelhos e quedas d'água; descarga sanitária lavagem de veículos. Deve-se destacar que usos que demandam água de qualidade elevada podem levar a custos incompatíveis com os benefícios, em face do baixo custo da água para os usuários urbanos. Assim, o reuso urbano para fins potáveis é classificado como uma alternativa associada a custos e riscos muito elevados, tornando-o praticamente inviável. Já a aplicação para fins não potáveis envolve riscos bem menores e se configura em uma boa opção para o reuso urbano.

Reuso Industrial: A prática de reuso industrial pode ser adotada na produção de água para caldeiras, em sistemas de resfriamento como água de reposição, em lavadores de gases e como água de processos. No mundo todo, usinas de geração de energia, refinarias de petróleo, unidades químicas e metalúrgicas têm se beneficiado do reuso de água, tanto para fins de resfriamento quanto para usos em processos industriais (U.S.EPA, 2004).

Reuso Agrícola: Conforme CIRRA (2005), efluentes adequadamente tratados podem ser utilizados no meio agrícola para aplicação em: culturas de alimentos não processados comercialmente (irrigação superficial de qualquer cultura alimentícia); culturas de alimentos processados comercialmente (irrigação superficial de pomares e vinhas); culturas não alimentícias (pastos, forragens, fibras e grãos); dessedentação de animais.

Reuso no Meio Ambiente: O reuso no meio ambiente inclui aplicações em wetlands, habitats naturais, aumento do fluxo de água, estabelecimentos recreacionais, Contato acidental (pesca e canoaagem), e contato integral com a água permitido, represas e lagos, lagoas estéticas em que o contato com o público não é permitido (U.S.EPA, 2004; CIRRA, 2005).

Recarga de Aquíferos: Conforme CIRRA (2005), a recarga artificial de aquíferos com efluentes tratados pode ser empregada para finalidades diversas, incluindo o aumento de disponibilidade e armazenamento de água, controle de salinização em aquíferos costeiros, controle de subsidência de solos. Esta prática pode ser relevante em alguns municípios, abastecidos por água subterrânea, onde a recarga natural de aquíferos vem sendo reduzida pelo aumento de áreas impermeabilizadas

2.2 Parâmetros para reuso no Brasil e no mundo

O reuso de esgotos é associado ao estabelecimento de um status legal para as águas servidas e à delimitação de um regime legal para a sua utilização, além de medidas para garantir os direitos dos usuários, principalmente com relação ao acesso e apropriação dos esgotos, incluindo a regulação de seus usos (Hespanhol, 2002).

Muitos países vêm implementando em suas legislações parâmetros de qualidades para regulamentar as utilizações dos efluentes tratados. Barbosa (2005) exemplifica algumas dessas normativas, como a norte americana, a européia e a israelense. As Normas Norte Americanas de Proteção Ambiental para Reuso de Água (U.S.EPA 2004) não são produzidas como padrão a ser aplicado em todo país mais como uma fonte de informações para usuários e agências reguladoras, contendo uma compreensiva revisão técnica quando não há legislação adequada ou estão sendo revisadas. O Regulamento Europeu sobre Tratamento de Esgoto Urbano (European Urban Waste Water Treatment Directive - 91 / 271 / EEC) define padrões para coleta, tratamento e disposição final de esgotos domésticos e setores industriais, como direcionamento geral. Israel tem posto o reuso de esgoto tratado como uma das prioridades nacionais e o seu governo tem parâmetros nacionais regulamentados desde 1974 para a Saúde Pública.

As normas brasileiras relativas à água não abordam especificamente qualidade de água para reuso. Não há nenhuma legislação relativa, e nenhuma menção direta sobre o tema na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997). Barbosa (2005) aponta que a “Conferência Interparlamentar sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente” realizada em Brasília, em dezembro de 1992, recomendou, sob o item Conservação e Gestão de Recursos para o Desenvolvimento (Parágrafo 64/B), que se reunissem esforços, em nível nacional, para “institucionalizar a reciclagem e reuso sempre que possível e promover o tratamento e a disposição de esgotos, de maneira a não poluir o meio ambiente”. Além disso, a lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, em seu Capítulo II, Artigo 20, Inciso 1, que estabelece os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, destaca a necessidade de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. A Lei Federal 9.605, de 12 de Fevereiro de 1.998 dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Neste contexto de falta de norma específica, é possível e recomendável que se adote os mesmos critérios já previstos na Resolução CONAMA No. 357/2005 para a condição de qualidade da água e classes de usos.

3. Aproveitamento de água da chuva

3.1 Importância do aproveitamento de água da chuva

O tratamento e distribuição da água potável para fins domésticos e comerciais é normalmente efetuado por uma empresa pública ou privada. Essa água chega ao consumidor final com qualidade para atender os usos mais exigentes, como dessedentação humana. Porém, nem toda a água utilizada por esses usuários precisa, necessariamente, desse alto grau de qualidade. Certos usos que não exigem a mesma qualidade que o consumo de água potável (tais como irrigação, lavagem de carros, limpeza de pisos, descarga de bacia sanitária, máquina de lavar roupa) podem utilizar outras fontes de abastecimento tais como: aproveitamento das águas pluviais e reutilização direta ou indireta das águas residuárias (Soares et al., 1997; Silva e Tassi, 2005).

A água da chuva é uma das mais puras fontes de água. A precipitação, na sua origem, contém muito poucas impurezas. Porém, ao atingir a superfície terrestre, há inúmeras oportunidades para que minerais, bactérias, substâncias orgânicas e outras formas de contaminação atinjam a água. A poeira e a fuligem se acumulam em telhados, contaminando as águas. Matéria orgânica proveniente de resíduos vegetais e animais também trazem poluentes para as águas da chuva. Além disso, o uso altamente difundido de pesticidas, fertilizantes, inseticidas e produtos químicos de origem médica ou industrial também têm reduzido a qualidade da água. Mas, de uma forma geral, a água da chuva pode fornecer água limpa e confiável, desde que os sistemas de coleta sejam construídos e mantidos de forma adequada e a água seja tratada apropriadamente, conforme o uso previsto. A intensidade de filtração e desinfecção varia conforme ela seja destinada a usos potáveis ou não potáveis. Para usos menos exigentes, uma simples filtração e desinfecção (cloração, ou tratamento por ultravioleta, por exemplo) podem trazer os indicadores de qualidade para níveis adequados. No caso de uso para irrigação, o tratamento necessário é mínimo, normalmente requerendo apenas filtração.

Esta utilização é normalmente indicada para o ambiente rural, chácaras, condomínios e indústrias. O baixo custo da água nas cidades para uso residencial normalmente inviabiliza o aproveitamento econômico da água de chuva para fins potáveis. Já para usos não potáveis, ou no caso de indústrias, onde a água é bem mais cara, esse uso pode-se tornar altamente viável.

Sistemas de utilização da água da chuva podem ser adotados para fins domésticos, comerciais e industriais. No caso de usos domésticos, os mais comuns são descarga de vasos sanitários, lavagem de carros, lavagem de assoalhos, irrigação de jardins e sistemas de combate a incêndio. Nas indústrias e prédios comerciais, a água da chuva pode ser usada para climatização, resfriamento de maquinários, lavagem industrial de roupas, lavagem de veículos como carros, ônibus e caminhões, limpeza industrial.

Em centros urbanos bastante populosos e com abastecimento de água potável precário, as águas pluviais podem tornar-se uma atraente fonte de utilização, embora esta ocorra, em muitos casos, em áreas onde a atmosfera é poluída. Assim, a utilização de águas pluviais torna-se atraente nos casos de áreas de precipitação elevada durante boa parte do ano, áreas com escassez de abastecimento e áreas com alto custo de extração de água subterrânea.

Conforme Soares et al. (1997), o aproveitamento de água da chuva traz numerosas vantagens tais como simplicidade e facilidade de manutenção e controle, além de baixos custos iniciais. A água, tratada de maneira simples, pode ser aplicada com vantagens quando comparada com o sistema de reutilização de águas residuárias, embora possua a desvantagem de que em tempos de estiagem diminua o volume de água coletado. Em áreas urbanas, apresenta como aspectos positivos a redução no consumo de água potável e também uma contribuição ao controle de cheias, pois a água captada não é jogada diretamente na rede de drenagem, reduzindo desta forma o escoamento rápido que é o principal causador de enchentes e enxurradas.

A água coletada deve ser propriamente reservada, filtrada e tratada de forma a atingir a qualidade requerida. O tratamento das águas pluviais depende da qualidade da água coletada e do seu destino final. Zaizen et al. (1999) destacam os seguintes benefícios da utilização de água da chuva: controle da drenagem, prevenção de enchentes, conservação de água, restauração do ciclo hidrológico em áreas urbanas, e educação ambiental.

3.2 Sistemas de coleta e utilização da água da chuva

Silva e Tassi (2005) afirmam que, no caso da utilização de água da chuva, geralmente é feita a captação da precipitação que incide sobre uma superfície impermeável (normalmente telhado), e o armazenamento é feito em reservatórios ou cisternas. Esse armazenamento traz vantagens, não somente econômicas ao usuário, mas também sob o ponto de vista qualidade ambiental e de controle de enchentes urbanas, uma vez que essa água não é mais lançada na rede de drenagem pluvial.

Assim, o sistema de utilização de águas pluviais consiste, de forma geral, de 3 processos (Soares et al., 1997):

- Coleta: se limitada aos telhados do edifício, têm-se vantagens com relação à qualidade da água, comparado com áreas de trânsito frequente de pessoas, animais e veículos automotores;
- Armazenamento: a chuva coletada escoar através de tubos para os tanques de armazenagem. Quando estes estão cheios, a água é desviada para a rede de águas pluviais.
- Tratamento: depende da qualidade da água coletada e do seu destino final e, divide-se em: sedimentação natural, filtração e cloração.

Conforme Herrmann e Schmida (1999), um sistema típico de utilização da água da chuva em um edifício favorece a conservação da água potável através do fornecimento de água para descarga de vasos sanitários e irrigação de jardins, podendo, ainda, suprir máquinas de lavar em residências particulares. Eles descrevem quatro sistemas típicos utilizados historicamente na Alemanha para aproveitamento da água da chuva:

Sistema 1: Sistema de fluxo total (figura 2). O escoamento superficial total é conduzido a um tanque de armazenamento, passando antes por um filtro ou tela. Extravasamentos para o sistema de drenagem ocorrem apenas quando o tanque está cheio.

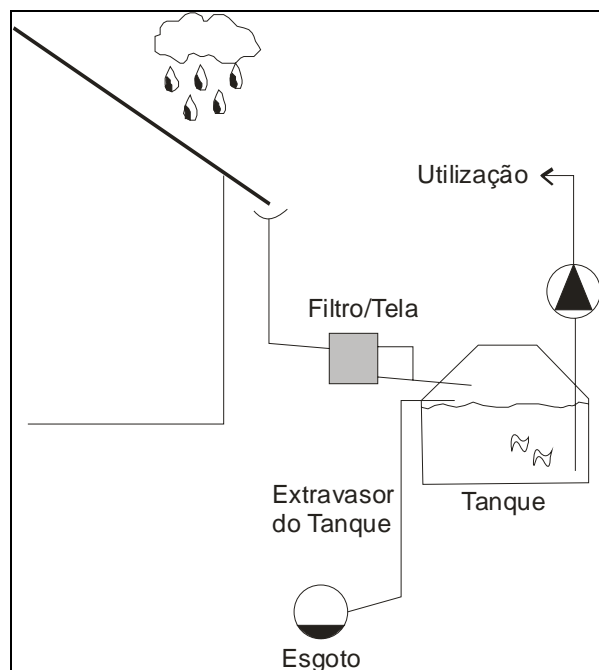


Figura 2 - Sistema de fluxo total (Herrmann e Schmida, 1999).

Sistema 2: Sistema com derivação (figura 3). Apresentam uma derivação instalada no tubo vertical após a calha ou na tubulação subterrânea de drenagem. A parcela coletada é separada do fluxo total nesta derivação e o excesso é dirigido para o sistema de esgotos. Esses sistemas são típicos do período em que a água da chuva era destinada unicamente para poupar água potável e o desvio de águas pluviais para o sistema de esgotos era aceitável.

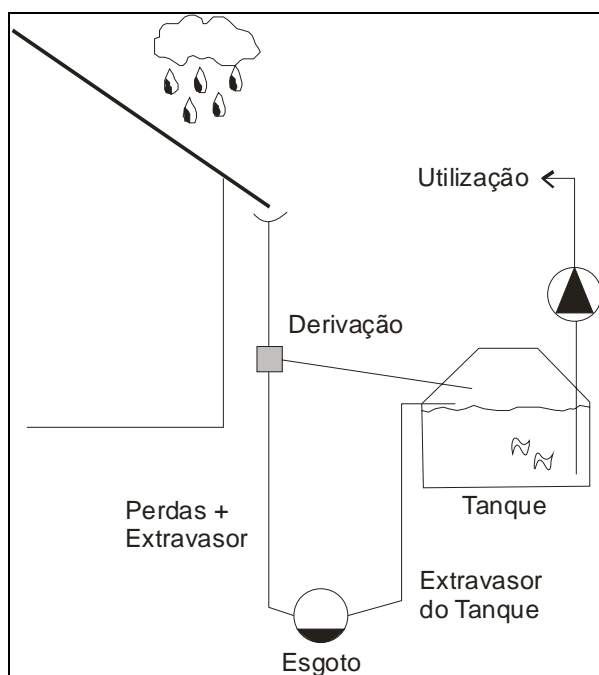


Figura 3 – Sistema com derivação (Herrmann e Schmida, 1999).

Sistema 3: Sistema com volume de retenção (figura 4). O tanque de armazenamento apresenta um volume adicional para retenção de excessos pluviais, laminando a cheia, antes de ser conduzido para a rede de drenagem.

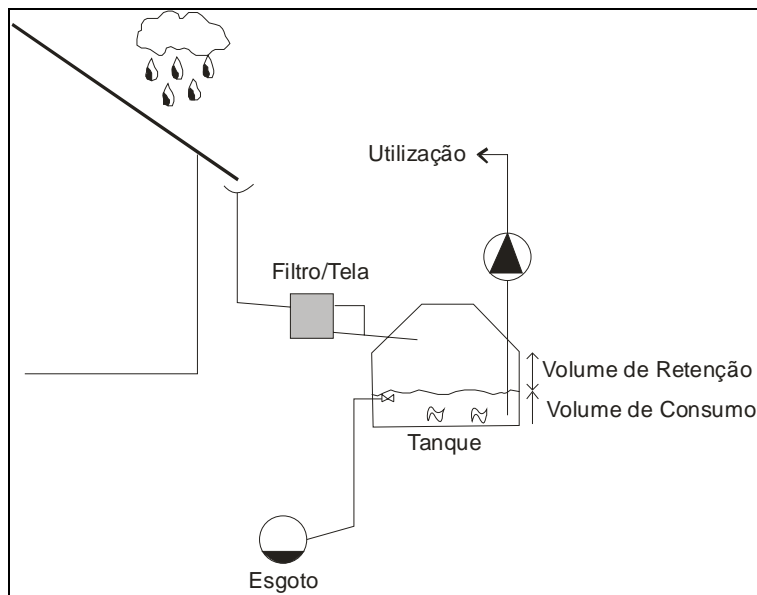


Figura 4 – Sistema com volume de retenção(Herrmann e Schmida, 1999).

Sistema 4: Sistema com infiltração (figura 5). O excesso de escoamento é dirigido à infiltração local, ao invés de ser conduzido para a rede de drenagem, auxiliando a recuperação do balanço hídrico original.

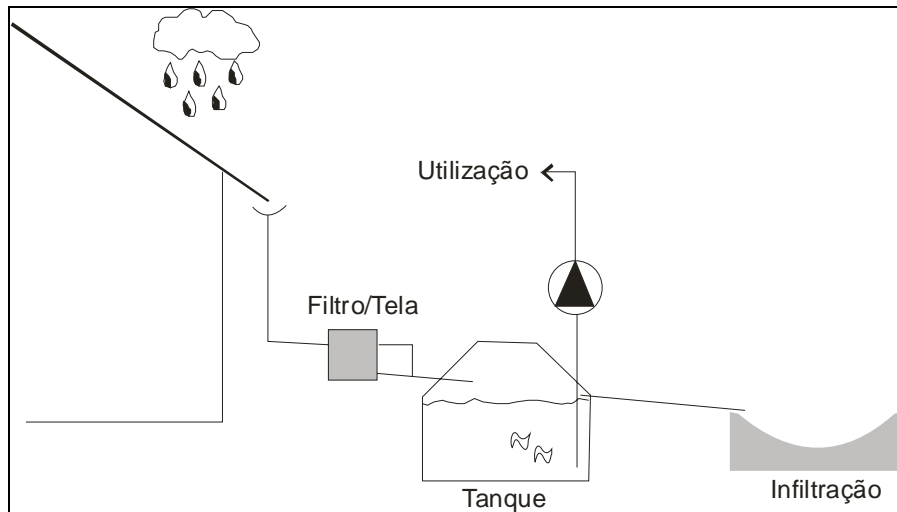


Figura 5 – Sistema com infiltração (Herrmann e Schmida, 1999).

É importante destacar que a poeira e a fuligem se acumulam nas áreas de coleta como telhados, contaminando as águas. As condições de limpeza da área de coleta e qualidade do ar da região de captação devem ser consideradas no tocante as utilizações possíveis dessas águas. A eliminação da primeira porção d'água coletada ("first flush") é uma forma prática de se amenizar a poluição das águas pluviais pelos poluentes dispersos na atmosfera (Fendrich e Olynik, 2002).

Valle et al. (2005) apresentam um sistema de captação que atende essas características (Figura 6). A água escoada no telhado escorre para as calhas (a), e vai para o condutor. Neste condutor, existe uma derivação (c) para a caixa de detenção e um sistema de descarte (b) da chuva inicial. A caixa de coleta (detenção) desta água, apresenta um extravasor (ou “ladrão”) e uma saída para o sistema de tratamento.

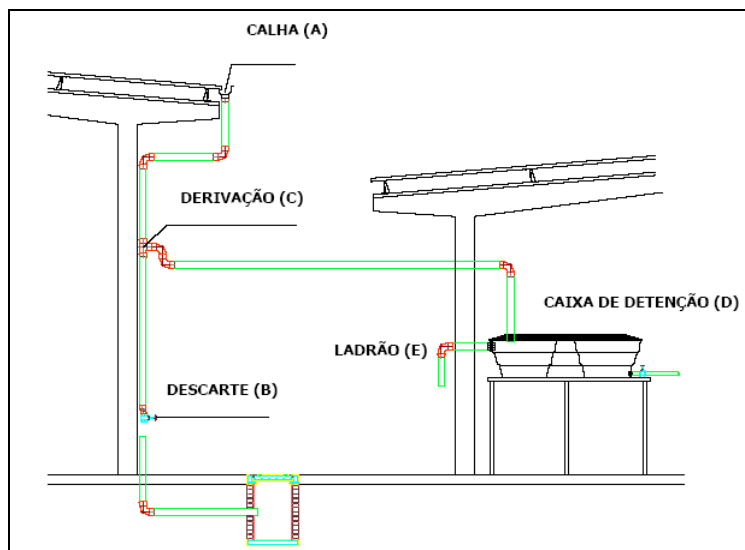


Figura 6 - Desenho esquemático de sistema de coleta de água de chuva (Valle et al., 2005).

A quantidade de poluentes encontrados na drenagem de um telhado urbano depende essencialmente do tempo de acumulação, tempo/intensidade de chuva e da quantidade de poluentes na atmosfera (volátil/particulado). Os tipos de poluentes por sua vez estão associados às atividades comuns em uma cidade, incluindo poluentes derivados de combustíveis fósseis e atividades industriais que tenham emissões gasosas. Englobando estes dois aspectos há ainda a contribuição de fontes distantes em função de condições de clima. Além de sólidos de toda a natureza água de telhados pode conter nutrientes, metais pesados e compostos orgânicos. Os tipos de maior preocupação, em função dos efeitos crônicos e agudos sobre seres vivos, são metais e orgânicos.

Determinados usos da água exigem características específicas desta água. As normas brasileiras relativas à água não abordam especificamente qualidade de água drenagem pluvial nem o seu reúso. Neste contexto de falta de norma específica é possível e recomendável que se adote os mesmos critérios já previstos na Resolução No. 357/2005 para a condição de qualidade da água e classes de usos. Neste caso é razoável aceitar, em princípio, que o reúso de água da chuva para o sistema de descarga de vasos sanitários seja incluído na linha de “usos menos exigentes” quanto à qualidade.

Em todos sistemas propostos, as medidas de tratamento adotadas são simples e de baixo custo. Normalmente é efetuada uma filtragem, que pode ser seguida por desinfecção, se necessário. Outras variantes desses sistemas também podem ser consideradas, conforme cada problema específico. De uma maneira geral, um sistema coletor que considere a separação do “first flush” seria o mais indicado para o reúso deste tipo de água. Os processos de geração desta qualidade em nível de telhado estão intimamente associados aos eventos chuvosos. O entendimento e quantificação destes processos devem gerar critérios de projeto mais seguros.

3.3 Dimensionamento dos reservatórios

O cálculo do volume dos reservatórios pode ser efetuado de diversas formas. Algumas metodologias comumente utilizadas são o dimensionamento com base em estatística de períodos de seca, o método da simulação hidrológica de transformação chuva – vazão e a utilização de índices dos Planos Diretores Municipais.

Em qualquer um destes métodos, é necessário conhecer o consumo de água nas unidades a serem abastecidas. Para avaliação deste consumo, deve-se estabelecer o tipo de uso que será dado à água da chuva (descarga da bacia sanitária, irrigação de jardim, lavagem de carro, limpeza geral ou outros) e, a partir de dados de consumos médios para cada uso e tipo de unidade, determinar o consumo médio diário.

A seguir são descritas brevemente as metodologias mais comumente utilizadas para o dimensionamento do reservatório.

Dimensionamento do reservatório baseado na análise estatística dos períodos de seca (Kobiyama e Hansen, 2002): O procedimento para o dimensionamento do reservatório através do uso desta metodologia, consiste primeiramente na seleção de postos pluviométricos existentes no local. Devem ser analisadas as séries de forma a identificar o número máximo de dias consecutivos sem chuvas em cada ano. Posteriormente deve-se ajustar uma distribuição estatística de extremos (como a de Gumbel) aos dados. São selecionados, para cada um dos postos, o número máximo de dias secos para diferentes tempos de retorno. O dimensionamento do volume do reservatório é realizado multiplicando o número de dias sem chuva para o tempo de retorno selecionado pela demanda diária necessária.

Dimensionamento pelo método da simulação hidrológica de transformação chuva – vazão: O dimensionamento do reservatório é realizado através de um processo de transformação de chuva em vazão afluente ao reservatório, utilizando um modelo matemático. Podem-se utilizar dados de chuvas reais ou utilizar um padrão de chuva de projeto. A escolha do tempo de retorno e da duração da chuva de devem ser feitos conforme os critérios do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) ou o caderno de encargos da cidade. Valores comumente utilizados são de 10 anos de período de retorno e 1 hora de duração.

Dimensionamento segundo o decreto do Plano Diretor de Drenagem Urbana: Muitos PDDrU estabelecem metodologias simplificadas para determinação do volume de armazenamento necessário no lote. Esse procedimento pode ser utilizado para dimensionar o reservatório em questão. No caso de Porto Alegre, a equação utilizada é:

$$V = 4,25 \cdot AI \quad (1)$$

onde AI é a percentagem de área impermeável (%) e V é o volume necessário para o armazenamento (m³/ha).

Após o dimensionamento dos reservatórios pelas diferentes metodologias seu funcionamento pode ser simulado de forma simplificada, a partir de uma série de precipitações, para verificar seu funcionamento. Um exemplo é o uso da equação 2:

$$V_t = V_{t-1} + P_t \cdot A - D \quad (2)$$

onde V_t é o volume disponível no reservatório no dia, V_{t-1} é o volume disponível no reservatório no dia anterior, P_t é a precipitação observada no dia, A é a área superficial da superfície de coleta (normalmente telhados) e D é o consumo diário estimado de água.

Os resultados das simulações de funcionamento dos reservatórios permitem avaliar seu desempenho em termos de suprimento de água e também sua eficiência em termos econômicos.

3.4 Exemplos de aplicação

Diversos estudos têm sido efetuados nos últimos anos, no Brasil e em outros países, utilizando sistemas de aproveitamento da água da chuva como medida de conservação da água, em aplicações residenciais, comerciais e industriais. Alguns destes estudos, tratando sobre aspectos quantitativos e qualitativos, são a seguir descritos de forma resumida.

Herrmann e Schmida (1999) descrevem o desenvolvimento de sistemas de utilização de água da chuva adotados na Alemanha e desenvolvem estudos de modelagem para quantificar a sua eficiência e os efeitos desses sistemas sobre a rede de drenagem. Os resultados obtidos mostram os efeitos benéficos desses sistemas, tanto em termos de redução do consumo de água potável como na melhoria da eficiência do sistema de drenagem e apontam para a necessidade de considerar mais seriamente sua adoção.

Chilton et al. (1999) descrevem um sistema adaptado a um supermercado no Reino Unido, onde água proveniente do telhado é utilizada para descarga de sanitários. Um sistema de monitoramento permitiu determinar o uso da água e estimar os volumes de água da chuva utilizados durante um período de 8 meses. Os resultados mostraram que existe um considerável potencial para instalação de sistemas de aproveitamento da água da chuva em diversos empreendimentos industriais e comerciais com grandes áreas de telhados.

Valle et al. (2005) apresentaram um trabalho que teve como objetivo principal estudar a remoção das impurezas contidas na água de chuva pela utilização de um Sistema de Tratamento de Água. Foram realizados dez ensaios com camadas de meio filtrante diferenciadas. Constatou-se que a filtração seguida da desinfecção com ultravioleta apresenta resultados satisfatórios aos padrões de potabilidade estabelecidos. O sistema se apresentou simples e de fácil manutenção não deixando resíduos químicos na água tratada.

Viana e Cerqueira (2005) apresentam uma proposta de modelo de captação de água de chuva para aproveitamento não potável em residências na cidade de Itajubá-MG, em uma residência na PCH Luiz Dias, dentro do Parque de Alternativas Energéticas para o Desenvolvimento Auto-Sustentável, denominado PAEDA. De posse do índice pluviométrico da região de Itajubá juntamente com o levantamento das informações da área usada como modelo apresentou-se uma proposta de captação, armazenamento e distribuição das águas de chuva. Os autores concluem ser positivo efetuar-se estudo de técnicas de gerenciamento de drenagem urbana levando em consideração o armazenamento de água para reutilização e também o amortecimento do escoamento superficial ampliado pela impermeabilização do solo quando se constrói uma casa.

Silva e Tassi (2005) apresentam o dimensionamento de um reservatório para o aproveitamento da água de chuva para uma residência na cidade de Flores da Cunha. Foram analisadas duas metodologias diferentes para o dimensionamento do reservatório e posteriormente os volumes determinados foram comparados ao volume do decreto apresentado no Plano Diretor de Drenagem Urbana da cidade, para o controle do escoamento na fonte. Os reservatórios dimensionados foram simulados para uma série de 58 anos de precipitação, e alguns resultados são apresentados com o intuito de fornecer alguns indicativos sobre a eficiência das metodologias empregadas no dimensionamento. Também foram analisados alguns volumes de reservatórios comerciais e a capacidade dos mesmos em garantir o fornecimento de água à residência em função das estatísticas dos dados de chuva da região. Para finalizar o trabalho, foi realizada uma análise simplificada da economia média com o consumo de água. As autoras concluíram que uso da água da chuva representaria uma economia significativa ao proprietário, uma vez que ele passaria a comprar água tratada apenas para os usos mais nobres (como alimentação e higiene).

Os trabalhos descritos mostram que sistemas de aproveitamento da água da chuva podem ser adotados em diferentes países, apresentando concepção simples, baixos custos e com boa eficiência econômica e também contribuindo para a conservação da água, pela redução do consumo de água potável e por propiciar condições para um funcionamento mais eficiente dos sistemas de drenagem.

4. Conclusões e recomendações

O presente artigo descreve de forma resumida o estado atual do conhecimento sobre aproveitamento da água da chuva no Brasil e no mundo. Para situar o tema dentro da concepção geral do reuso e conservação da água, são descritos os tipos de reuso e os parâmetros para reuso adotados no Brasil e em outros países.

Os sistemas mais comumente utilizados para coleta e aproveitamento da água da chuva são apresentados, avaliando-se suas principais vantagens e limitações. Também são delineadas algumas metodologias disponíveis para o dimensionamento dos reservatórios e são descritos alguns exemplos recentes de aplicação desta tecnologia, englobando aspectos de qualidade e quantidade da água, além de analisar a viabilidade técnica e econômica da adoção destes sistemas.

O trabalho apresentado mostra uma visão geral da questão do aproveitamento da água da chuva. Observa-se que o uso de sistemas de aproveitamento da água da chuva podem ser alternativas viáveis para enfrentar o problema da carência do recurso água, em aplicações residenciais, industriais e comerciais. Ressalta-se que esses sistemas apresentam, além da redução no consumo de água potável, também uma contribuição ao controle de cheias.

Conclui-se, portanto, que os sistemas de aproveitamento da água da chuva configuram uma boa alternativa para conservação e valorização do uso da água. Suas características de baixos custos iniciais, aliados à simplicidade e facilidade de manutenção e controle fazem com que seja importante efetuar esforços para haver um incremento tanto dos estudos teóricos sobre esses sistemas, como também um estímulo para aumentar sua aplicação prática em regiões que enfrentam problemas de abastecimento de água.

5. Referências bibliográficas

- BARBOSA, C. M. S. (2005). Análise dos parâmetros para reúso no Brasil e no mundo. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa/PB. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- CETESB (2005). http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_reuso.asp - 28/12/2005
- CHILTON, J.C.; MAIDMENT, G.G.; MARRIOTT, D.; FRANCIS, A.; TOBIAS, G. (1999). Case study of a rainwater recovery system in a commercial building with a large roof. *Urban Water*, 1(4), 345-354.
- CIRRA (2005). <http://www.usp.br/cirra/index2.html> - 28/12/2005
- FENDRICH, R., OLIYNIK, R. (2002). *Manual de Utilização das Águas Pluviais*. Livraria do CHAIN Editora, Curitiba – Paraná, 168pp.
- HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. (1999). Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. *Urban Water*, 1(4), 308-316.
- HESPANHOL, I (2002). Potencial de reúso de água no Brasil. Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, Vol 7, n.4, p. 75-95.
- KOBIYAMA, M.; HANSEN, S. (2002). Vantagens da utilização do sistema de coleta da água da chuva sob o ponto de vista dos aspectos hidrológicos e econômicos: Estudo de caso em Florianópolis/SC. In: *Aproveitamento da água da chuva*. Group Raindrops. Organizadores e Tradutores: KOBIYAMA, M., USHIWATA, C. T., AFONSO, M.. Curitiba/PR. 2002. p. 169-181.
- MANCUSO, P.C.S., SANTOS, H.F. (2003), *Reúso de Água*. USP-SP: Editora Manole Ltda, 580pp.
- METCALF & EDDY (1979). *Wastewater engineering : treatment, disposal and reuse*. 2.ed. New York: Mcgraw-Hill. 920p. ; 23cm.
- SILVA, A.R.V.; TASSI, R. (2005). Dimensionamento e simulação do comportamento de um reservatório para aproveitamento de água da chuva: resultados preliminares. In: *XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2005, João Pessoa/PB. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- SOARES, D. A. F. ; SOARES, P. F. ; PORTO, M. F. A. ; GONÇALVES, O. M. (1997). Considerações a respeito da reutilização de águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1997, Vitória. *Anais do XII Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos*. São Paulo : ABRH, 1997.
- U.S.EPA. United States Environmental Protection Agency (2004). *Guidelines for Water Reuse*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC, EUA.
- VALLE, José Alexandre Borges ; PINHEIRO, A. ; CIPRIANO, R. F. P. ; FERRARI, A. (2005). Aproveitamento de água de chuva: avaliação de seu tratamento para fins potáveis. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005,

Campo Grande. *Anais 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Rio de Janeiro: ABES, 2005. v. 1.

- VIANA, A.N.C.; CERQUEIRA, R.J. (2005) Captação de água de chuva para aproveitamento não potável – uma proposta de modelo em residências na cidade de Itajubá – MG. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa/PB. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- WARD, R.C; ROBINSON, M. (1990). *Principles of Hydrology*, 3rd edition. McGraw-Hill Book Company, Londres, 365pp.
- WHO. World Health Organization (2003), In: *The Right to Water*. Cap. II, General Comment on the Right to Water, pp. 12-21.
- ZAIZEN, M.; URAKAWA, T.; MATSUMOTO, Y.; TAKAI, H. (1999). The collection of rainwater from dome stadiums in Japan. *Urban Water*, 1(4), 356-359.