Análise dos pontos positivos e negativos de sistemas de captação de água de chuva

Analysis of the strengths and weaknesses of rainwater catchment systems

Prof. Ms. Fernando Henrique Machado[1]

[1] Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Sorocaba, fernando.machado@posgrad.sorocaba.unesp.br

Submetido em 28/03/2015
Revisado em 08/04/2015
Aprovado em 26/04/2015

Resumo: Houve um declínio no aproveitamento de água de chuva a partir da metade do século XX devido ao grande entusiasmo pela construção de barragens, aproveitamento intenso de águas subterrâneas e uso de grandes sistemas de abastecimento de água. Entretanto, a captação de água de chuva vem ganhando destaque por ser uma forte aliada para a conservação dos recursos hídricos, principalmente no contexto atual marcado por uma expressiva escassez hídrica. Nesse contexto, o presente estudo visou fazer uma análise dos pontos positivos e negativos do uso de sistemas de captação de água de chuva. A metodologia utilizada consistiu na revisão bibliográfica acerca do tema em periódicos científicos e em empresas fabricantes de componentes para captação de água de chuva. Ao final do estudo, conclui-se que o sistema de captação de água de chuva é uma técnica que deve ser encorajada, porém existem problemas quanto à qualidade da água armazenada, principalmente problemas com contaminação de origem biológica.
Palavras chave: Recursos Hídricos. Precipitação Escassez hídrica. Água de chuva.

Abstract: There was a decline in rainwater harvesting from the mid-twentieth century due to the great enthusiasm for the construction of dams, greater use of groundwater and use of large water supply systems. However, rain water harvesting emerges now as a strong ally for conservation of water resources, especially in the current context characterized by a significant water scarcity. In this context, this study aimed to analyze the pros and cons of using rainwater harvesting systems. The methodology consisted of a literature review on the topic in scientific journals and components manufacturing companies for rainwater harvesting. At the end of this study was concluded that the rainwater harvesting system is a technique that should be encouraged, but there are problems regarding the quality of stored water, especially problems with contamination of biological origin.
Keywords: Water resources. Rainfall. Water scarcity. Rainwater.

Introdução

A utilização indiscriminada dos recursos hídricos pelo homem ao longo dos anos tem sido uma das principais condicionantes para a escassez hídrica no mundo. A água doce está se tornando cada vez mais um bem precioso e dotado de alto valor econômico, mas a cada dia que se passa a disponibilidade da mesma diminui devido principalmente à poluição dos mananciais e desperdícios. O aumento da demanda por água ocasiona um desafio a ser enfrentado nos dias de hoje, principalmente pelo fato da demanda crescer constantemente e a oferta de água doce ser menor que a procura em determinadas regiões. Diante dessa situação, percebe-se a necessidade de um eficiente gerenciamento dos recursos hídricos, bem como o uso de técnicas de conservação e reuso de água para que se tenha planejamento, políticas adequadas e instrumentos de gestão eficientes que visem, antes de tudo, a proteção das bacias hidrográficas e o uso racional deste recurso.

Diante das diversas técnicas de conservação de água existe a captação de água de chuva, tecnologia da qual "tem sido utilizada desde as primeiras organizações humanas e seu uso é fomentado por governos e instituições ao redor do mundo" (Palhares e Guidoni, 2012, p. 245). Tal técnica também tem sido cada vez mais utilizada em edifícios para mitigar a escassez de água e o aumento dos preços de abastecimento de água das companhias de saneamento (Vieira *et al.* 2014). Tal técnica consiste basicamente na captação de água precipitada em telhados ou áreas de coleta específicas, sua canalização e seu armazenamento em reservatórios para seu posterior uso. A água da chuva é geralmente excelente para vários usos, inclusive para beber, exceto em locais com forte poluição atmosférica, industrializados ou densamente povoados. Contudo, a contaminação atmosférica da água da chuva normalmente é limitada a zonas urbanas e industriais fortemente poluídas e, mesmo nestes locais, a água de chuva pode ainda ser utilizada para fins não potáveis.

Com base nesse cenário, foi abordado neste estudo os Sistemas de Captação de Água de Chuva - SCAC onde foi apresentado um breve histórico

sobre sua utilização por diferentes países, os componentes acessórios que podem ser utilizados no sistema, os riscos de contaminação que o sistema possui e o que se deve fazer para garantir uma boa qualidade da água de chuva armazenada. Sucintamente, o objetivo deste estudo foi elaborar um levantamento e análise dos pontos positivos e negativos de sistemas de captação de água de chuva como fonte de água para fins potáveis e não potáveis.

Metodologia

Foi utilizada uma pesquisa exploratória com objetivo de fazer um levantamento bibliográfico a nível nacional e internacional amplo para proporcionar maior familiaridade com o assunto em questão, com vista a torná-lo mais explícito tendo como fonte de informação dados secundários. Foram utilizados neste estudo livros, artigos publicados em *home pages* de associações de captação de água de chuva e de universidades que estudam o assunto bem como consulta à base de periódicos científicos. O tratamento dos dados foi realizado de forma interpretativa, que segundo Severino (1982, p. 92), num sentido estrito, "é tomar uma posição própria a respeito das idéias enunciadas". Parâmetros para análise foram utilizados, considerando quais informações seriam mais úteis e enriquecedoras ao estudo, interpretando-as de forma crítica e analítica.

Revisão da literatura

Breve histórico da captação de água de chuva

Tomaz (2007) relata que o aproveitamento de água de chuva é tão antigo que não se sabe quando começou. Silva (1984, p. 12) relata que "há milênios diferentes povos (africanos, asiáticos, europeus, americanos) têm desenvolvido variadas técnicas de captação e armazenamento de água de chuva para consumo familiar". Conforme Gonçalves (2006), o manejo e o aproveitamento da água de chuva tem sido uma prática exercida por diferentes civilizações e culturas ao longo do tempo. Passando pelo Oriente, Oriente Médio, Europa, e pelos Incas, Maias e

Astecas na América Latina, relatos de dispositivos de coleta e armazenamento de água de chuva remontam a sistemas construídos e operados há mais de 2.000 anos.

De acordo com Krishna (2005), há evidências arqueológicas que atestam o uso de captação de água de chuva desde 4.000 anos atrás no estado americano do Texas. Na China, o conceito do uso da técnica data de mais de 6.000 anos. Segundo Krishna (2005), ruínas de cisternas construídas em 2.000 a.C. para armazenar água de chuva escoada de ladeiras para propósitos agrícola e doméstico ainda se encontram parcialmente de pé em Israel. Tomaz (1998 *apud* May 2004) descreve que em uma das inscrições mais antigas do mundo, a Pedra Moabita, encontrada no Oriente Médio por volta de 850 a.C, o rei Mesha sugeria a construção de uma cisterna em cada casa da cidade de Qarhoh para aproveitamento da água de chuva. A Pedra Moabita é de basalto negro e tem a determinação gravada para a cidade de Qarhoh com os seguintes dizeres do rei: para que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo, na sua casa (Tomaz, 2007). Yosef e Asmamaw (2015) destacam também que a captação de água de chuva tem sido utilizado na Etiópia desde os tempos da civilização Aksumite, por volta de 560 a.C até o presente.

Segundo Ghanayem (2001), no Brasil a instalação mais antiga foi construída pelos norte-americanos em 1943, na ilha de Fernando de Noronha, sendo que hoje a técnica esta sendo muito difundida nessa região do país, principalmente nas áreas rurais de Pernambuco. Conforme May (2004), no México as inscrições mais antigas de captação de água de chuva são datadas na época dos Astecas e dos Maias. Gnadlinger (2000) relata que no século X, ao sul da cidade Oxkutzcab-México situada ao pé do monte Puuc, a agricultura era baseada na captação de água de chuva. As pessoas viviam nas encostas e a água de chuva escoada do monte era armazenada em cisternas de 20.000 a 45.000 litros, chamadas de *Chultuns*.

De acordo com Silva (2006), na África e no Sudão até mesmo as árvores de grande porte eram utilizadas para armazenar água de chuva durante o período chuvoso através de buracos feitos em seu interior que eram seladas posteriormente com barro, podendo conter volumes de 1.200 a 4.000 litros que eram utilizados

para consumo humano durante longos períodos de seca. Ademais, Noers e Ben-Adcher (1982) já destacavam no início da década de 80, depois de revisarem mais de 170 artigos publicados sobre o tema entre 1970 e 1980, uma consciência da necessidade crescente do aproveitamento de água de chuva e o reconhecimento do seu potencial.

Sistemas de captação de água de chuva

Phillips (2005) define um sistema de captação de água de chuva como um processo de interceptação de águas precipitadas e escoadas de uma superfície como telhados, áreas de estacionamentos ou mesmo superfícies de terra, seu armazenamento e seu posterior uso benéfico. As partes que compõe os sistemas de captação de água de chuva variam muito de acordo com a necessidade, condições locais e com o propósito a que se dará o uso da água captada (uso potável ou não potável). Segundo Vishwanath (2006), os componentes típicos de sistemas de captação de água de chuva incluem: área de coleta; sistema de transporte e; sistema de armazenamento, dos quais são descritos a seguir:

Área de coleta: Qualquer superfície pode agir como uma área de coleta, desde que apresente impermeabilidade favorável. Vishwanath (2006) considera que os telhados são favorecidos pelo grande coeficiente de *runoff* gerado por eles e que são relativamente menos propícios a contaminação quando comparado a outras áreas pavimentadas que podem ter algum tráfego de veículos, pessoas ou animais. O uso do próprio solo como área de captação pode ser utilizado em regiões onde os telhados das casas podem limitar a eficiência do reservatório devido à pequena área de coleta de água de chuva que os mesmos oferecem.

Sistema de transporte: O sistema de transporte é composto pela tubulação que irá conduzir a água até seu armazenamento. Segundo Vishwanath (2006), o sistema de transporte pode atuar como área de coleta, como no caso de calhas que, além de receber água dos telhados, também podem receber água da chuva diretamente sem a mesma ter sido primeiramente interceptada pelo telhado. As

tubulações precisam ser projetadas adequadamente para atender o sistema em dias de chuvas severas bem como não perder água durante o processo de transporte.

Sistema de armazenamento: O sistema de armazenamento compreende o local onde a água de chuva é armazenada, sendo utilizados diferentes tipos de materiais para fazer os reservatórios. Conforme Soil (2005), os reservatórios podem ser colocados sobre o solo, parcialmente enterrados ou enterrados no solo. Para maximizar a eficiência do sistema os reservatórios devem ser localizados o mais próximo do ponto de consumo, facilitando o uso da água e reduzindo ou eliminando o uso de bombas elétricas, contribuindo assim com a redução de energia elétrica (Soil, 2005).

Possíveis fontes de contaminação do SCAC

De acordo com Helmreich e Horn (2009), a água da chuva pode ser contaminada por bactérias e produtos químicos perigosos e, por isso, necessitam de tratamento antes do uso, principalmente quando for para uso humano. A filtração lenta e a tecnologia solar são métodos para reduzir a poluição. Tecnologias de membranas também é uma técnica viável de desinfecção para o fornecimento de água potável. Muitas fontes de contaminação podem afetar e prejudicar um SCAC e, consequentemente, a água captada. Um sistema bem planejado e operado é essencial para garantir que todo o processo de captação da água ocorra de forma eficiente e livre de impurezas indesejáveis. Seja o SCAC implantado em áreas urbanas ou rurais, o sistema está sujeito a sofrer contaminações, principalmente de origem biológica. Nesse aspecto, Silva et al. (2012, p. 394) destaca que:

> vários estudos focaram a qualidade microbiológica da água de chuva, com resultados que, muitas vezes, apontam a presença de indicadores de contaminação fecal e, consequentemente, a classificam como inadequada para o consumo humano se utilizada sem tratamento prévio (Silva et al., 2012, p. 394).

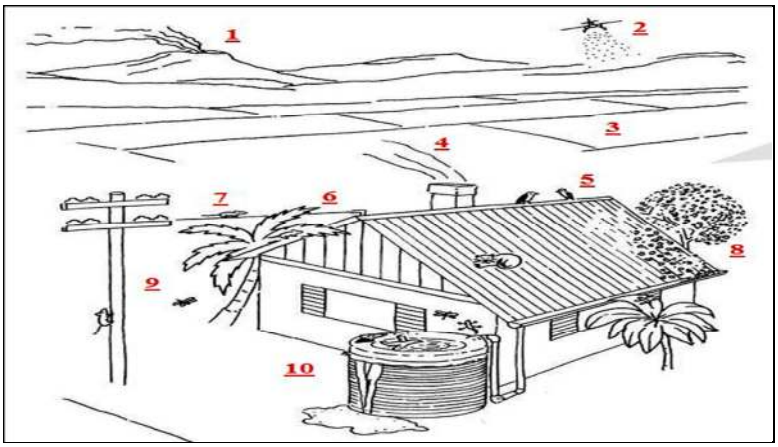
No que tange os contaminantes atmosféricos, em áreas urbanas o risco de contaminação é maior devido as grandes emissões de poluentes oriundas do tráfico

de veículos e indústrias, no meio rural também pode ocorrer principalmente pela dispersão causada na aplicação de defensivos agrícolas e poeiras vindas do tráfico de veículos das estradas rurais que, em grande parte, não são providas de pavimentação. Destaca-se também que as deposições de poluentes atmosféricos podem ter como destino final à superfície de captação do SCAC e que consequentemente tais poluentes podem chegar dentro do reservatório de água de chuva se nenhuma medida for tomada. Algumas medidas que podem ser adotadas para impedir que tais contaminantes cheguem no reservatório são abordadas no decorrer deste trabalho.

De acordo com Vasudevan et al. (2001), muitas formas de controle de mosquitos e suas larvas podem ser usadas. Uma pequena quantidade de querosene doméstico pode ser utilizado (5 ml para 1.000 L), mas pode dar um gosto desagradável a água. O controle biológico utilizando peixes dentro do reservatório para consumirem as larvas dos mosquitos também é utilizado com algum sucesso.

Na Figura 01 são enumeradas as possíveis fontes de contaminação de origem física, química e biológica que podem afetar adversamente um SCAC implantado em uma área rural. Cabe salientar que os riscos de contaminação em sistemas implantados em áreas urbanas não diferem significativamente dos sistemas implantados em áreas rurais.

Figura 01: Riscos de contaminação de um SCAC



Fonte: Adaptado de Macomber (2001).

Tendo como referência a Figura 1 e com base nas observações de Macomber (2001) e Vasudevan (2001) foram enumerados e discutidos a seguir os principais pontos de contaminações que um SCAC pode vir a ter:

1) Os vulcões lançam grande quantidade de material particulado que podem ser aerotransportados e levados até à superfície de captação de água de chuva. Equiparado com os vulcões, os veículos automotores e indústrias que não atendem padrões de emissões atmosféricas podem também gerar grande quantidade de material particulado e óxidos de enxofre. Logo, deve-se estar atento quanto à qualidade dessa água captada em regiões próximas a áreas industriais, principalmente quando se destinar à água para consumo humano direto;

2) O uso de defensivos agrícolas é uma prática corriqueira utilizada para proteger as plantações. A aspersão dos produtos químicos incorretamente (seja por aviões, bombas manuais individuais ou instaladas em tratores) gera grande dispersão de contaminantes que podem ser aerotransportados até um SCAC. Deve-se estar atento quando um sistema de captação é instalado próximo a essa fonte de contaminantes para não contaminar a água armazenada;

3) O preparo do solo para cultivo, bem como uma estrada não pavimentada com grande fluxo de veículos pode gerar grande quantidade de material particulado em suspensão que possivelmente é levado pelas correntes de ar para a superfície de captação;

4) A fuligem e material particulado vindo de chaminés é outra fonte de contaminação. Parte do material emitido das chaminés pode depositar no telhado e se o sistema não for provido de algum filtro, pode prejudicar a qualidade de água da chuva armazenada;

5) Os pequenos animais como pássaros, ratos e gatos são comumente encontrados nos telhados de muitas casas. As excretas destes animais possuem grande quantidade de bactérias, das quais muitas patogênicas, sendo um grande risco de contaminação da água;

6) Árvores ou arbustos que ficam encostados na área de captação atuam como uma ponte de passagem para animais, isso colabora para o aumento do número de contaminantes no telhado que também podem ser levados para o reservatório.

7) Os ratos são especialistas em subir em árvores e fios, por isso deve-se ter atenção e um controle eficiente para que roedores não tenham acesso ao SCAC, pois os mesmos são fontes de doenças;

8) As árvores presentes perto da superfície de captação geram grande quantidade de folhas e/ou frutos que podem entupir as calhas do sistema de captação, bem como aumentar a quantidade de matéria orgânica presente na água captada;

9) É preciso ter cuidado para que não haja pontos de água acumulados e que o reservatório esteja devidamente tampado para que eles não depositem suas larvas. Vasudevan (2001) relata que os 3 principais grupos de mosquitos associados as doenças são os do gênero *Aedes* (transmissor da dengue e febre amarela), *Anopheles* (transmissor da malária) e *Culex* (transmissor da filaríase) e que os mesmos podem ser encontrados em reservatórios contendo água de chuva, especialmente em regiões tropicais.

Componentes acessórios do SCAC

Conforme Sautchuk *et al* (2004), sistemas mais complexos podem apresentar sistema de pressurização (para abastecimento direto dos pontos de consumo) ou sistema de recalque, filtros separadores de sólidos e líquido e tubulação para entrada de água de outra fonte para eventual suprimento do sistema. Usam-se também sistemas de desinfecção como pastilhas de cloro e dispositivos de descarte da primeira água da chuva (*first flush*) que pode conter contaminantes nocivos à saúde humana. Alguns desses componentes são tratados a seguir.

Dispositivo de descarte inicial

Quando a chuva começa a cair, ela leva alguns minutos para limpar a atmosfera onde as gotículas de água passam, limpando-a, implicando na deposição

úmida de vários contaminantes gasosos, partículas e aerossóis presentes no ar. E ainda arrastam bem do telhado e das calhas detritos e outras substâncias nocivas que ali depositaram e que podem ser indesejadamente carreados para o reservatório do SCAC. Essa água oriunda do momento inicial da precipitação é chamada de first flush, que é traduzido por muitos atores como "primeira leva" e também às vezes de "leva podre", não havendo um consenso.

Percebe-se que a fonte principal de contaminação em qualquer SCAC reside nos detritos e contaminantes biológicos e/ou químicos que são lavados da superfície do telhado e das calhas ou provenientes do ar poluído da região, durante o primeiro momento da chuva.

A única função de um dispositivo de descarte inicial é de remover essa leva inicial e assim manter elementos indesejáveis fora de um reservatório de armazenamento da água de chuva. Fisicamente, pode ser descrita como um aparelho inserido no tubo de descida da calha, em algum lugar entre a saída da calha e a entrada do reservatório de armazenamento.

Segundo Silva (2006), um dispositivo *first flush* pode ser manual, operado pelo proprietário do sistema de captação, apenas retirando a conexão do tubo da calha; ou automático, com a construção ou adoção de um aparato de desvio, podendo ou não haver o aproveitamento da água descartada. Silva (2006, p. 23) ressalta que "devido à baixa qualidade microbiológica, o uso da água desviada deve ser apenas para fins que não se destinem diretamente ao contato humano, por exemplo, a irrigação de jardins".

Andrade (2004) considera que mesmo no período de chuvas constantes, entre uma chuva e outra acumula sujeira no telhado, mas nesse caso, as primeiras águas de alguns minutos de cada chuva são suficientes para lavar a área de captação. Segundo Andrade (2004), é necessário cerca de 1 a 2 litros por m^2 de água de chuva para limpar o telhado.

A ABNT através da NBR 15527 recomenda que, na falta de dados, seja descartado os 2 mm da precipitação inicial e que o dispositivo de descarte seja

preferencialmente automático, o que evita o usuário do SCAC de esquecer de descartar a primeira precipitação e facilitar ainda a operação do sistema durante a chuva. Cabe salientar que a NBR 15527 é recomendada para a captação de água de chuva para fins não potáveis.

Um dispositivo automático para desvio das primeiras águas de cada chuva é uma barreira física de proteção sanitária de reservatórios de importância comparável à cobertura, tampa e tomada de água por tubulação (Andrade, 2004).

Tipos de dispositivos de descarte inicial

De acordo com Vidacovich (2004), existem dois tipos principais de descarte da primeira água de chuva que geralmente são usados em SCAC, dos quais são:

- Os recipientes de volume fixo: A maneira como trabalham esses dispositivos é que eles se enchem até o nível máximo, quando a chuva começa a cair, sem levar em conta a intensidade da chuva. Depois a água de chuva adicional é encaminhada para o reservatório de armazenamento. Eles funcionam baseados na teoria de que, se forem dimensionados corretamente (por exemplo: uma capacidade 0,4 litros para cada m^2), então a água de chuva que é enviada ao reservatório de armazenamento estará essencialmente livre de contaminantes e detritos.
- Válvulas de descarte inicial: Estes dispositivos, ao contrário dos recipientes de volume fixo, são influenciados pelo fluxo da água de chuva. Tais dispositivos possuem uma válvula regulável na parte inferior onde ocorre a saída da água de primeira leva através da regulagem do fluxo de saída. Quando a intensidade de chuva é baixa e conseqüentemente não lava o telhado e a calha satisfatoriamente, a válvula descarta essa água (a saída de água é maior do que a entrada). Quando a intensidade da chuva é alta o suficiente para lavar o telhado, a válvula não consegue descartar a água (a entrada de água é maior que a saída) e a câmara começa a encher e uma bola de vedação flutuante obstrui o orifício de entrada. Doravante, a água de

chuva é encaminhada para o reservatório de armazenamento.

Dispositivos de filtragem

O papel dos filtros é separar a água da chuva de impurezas (i. e., folhas, galhos, insetos, partículas diversas...). Existe hoje no mercado nacional e internacional diferentes tipo de filtros e a escolha do melhor tipo depende de diversos fatores, como o tipo de contaminação que está sujeito a ocorrer no sistema e qual será o tipo de uso da água captada. Os filtros podem ser instalados no tubo de descida (pré-filtro) ou dentro do próprio reservatório de água de chuva (filtros flutuantes).

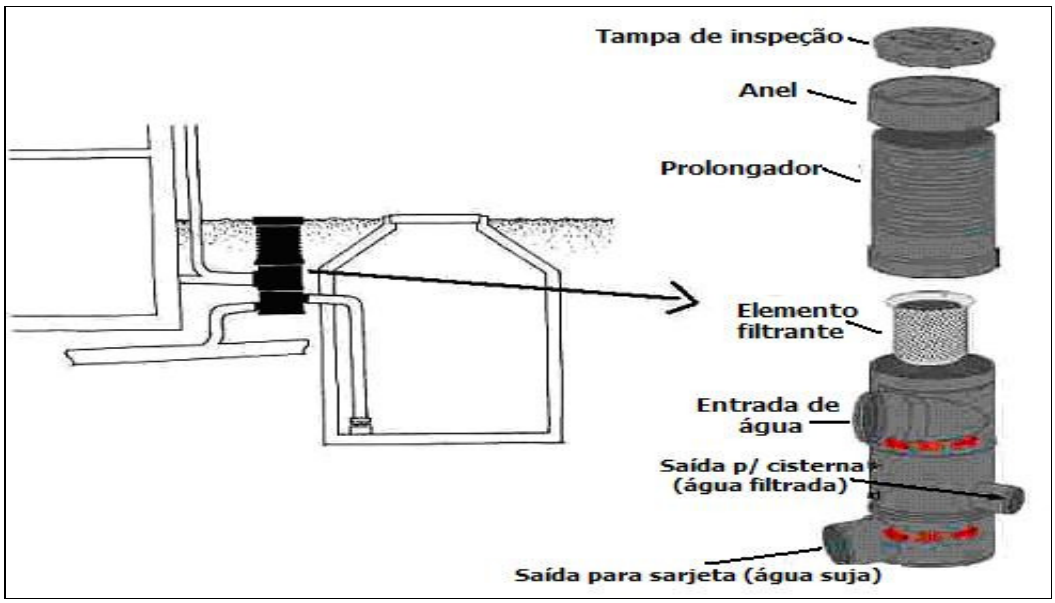
Há diferentes tipos de pré-filtros para SCAC. De um lado, há os filtros de descida que separam a água da sujeira e são instalados diretamente em cada tubo de descida da água de chuva. Seu uso contrasta com o de outro tipo de filtro, denominado de filtro centralizado, por ser inserido após a unificação dos tubos de descida individuais.

Segundo a empresa Aqua Stock (2006b), nestes filtros centralizados a água é separada das impurezas girando em movimento de vórtice e passando por uma malha ou tecido vertical (filtros vortex) ou passando por uma malha ou tecido em posição inclinada (filtros de volume). Ambos os tipos de filtros são desenhados para levar a sujeira para um tubo de drenagem automaticamente, por isso são chamados também de auto-limpantes. Os filtros clássicos do tipo peneira ou grade, em contraste, tem de ser limpos manualmente em intervalos regulares de tempo. Estes filtros podem ser encontrados com fornecedores especializados em captação de água de chuva.

Pré-filtro vortex: Os filtros tipo vortex são instalados no ponto de união da tubulação que drena a água de chuva de diversos condutores verticais. De acordo com a empresa Aqua Stock (2006a), tais filtros utilizam um princípio original de filtragem – de tensão superficial – que garante grande eficiência, separando a água de chuva de impurezas como folhas, galhos, insetos e musgo, com mínima perda de

água e exigência de manutenção mínima. Na Figura 02 a seguir é ilustrado um modelo de filtro vortex:

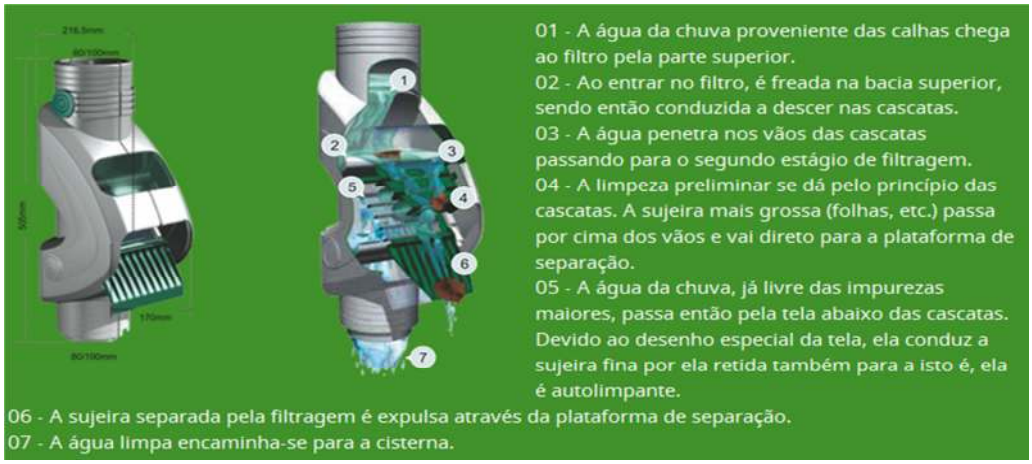
Figura 02: Pré-filtro Vortex da Wisy modelo WFF 100



Fonte: Adaptado de Aqua Stock (2006b).

Pré-filtro de volume: O pré-filtro de volume, que também pode ser utilizado unicamente em um tubo de descida, tem como o propósito a remoção de detritos; Ele separa a água de chuva de impurezas oriunda dos telhados e calhas que possam vir a entrar na tubulação. Na Figura 03 a seguir é ilustrado um exemplo de pré-filtro de volume onde os detritos são retidos e descartados pela frente do filtro através de uma malha inclinada. A partir daí a água de chuva livre de tais impurezas continua descendo pelo tubo de descida até chegar ao reservatório. Cabe salientar que somente o uso deste filtro não purifica a água, logo a água de chuva deve ser preferencialmente usada para fins não potáveis caso não receba posteriormente um tratamento específico para torná-la potável.

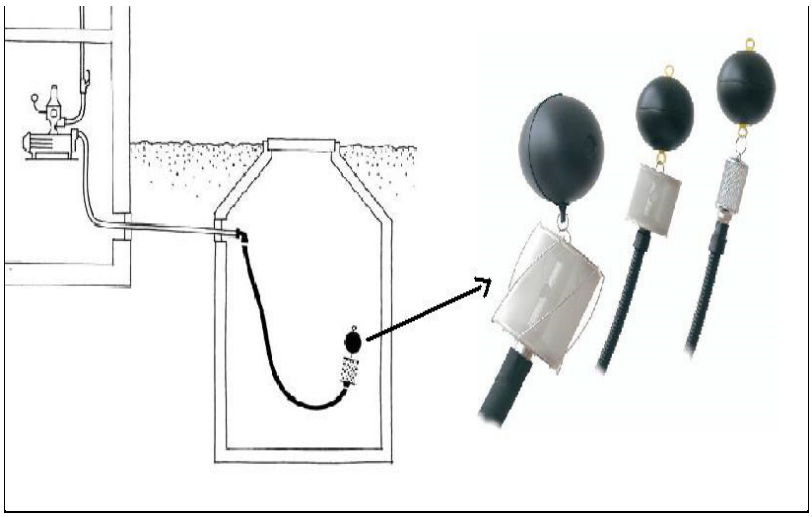
Figura 03: Funcionamento do pré filtro 3P Rainus



Fonte: Acqua Save (2015).

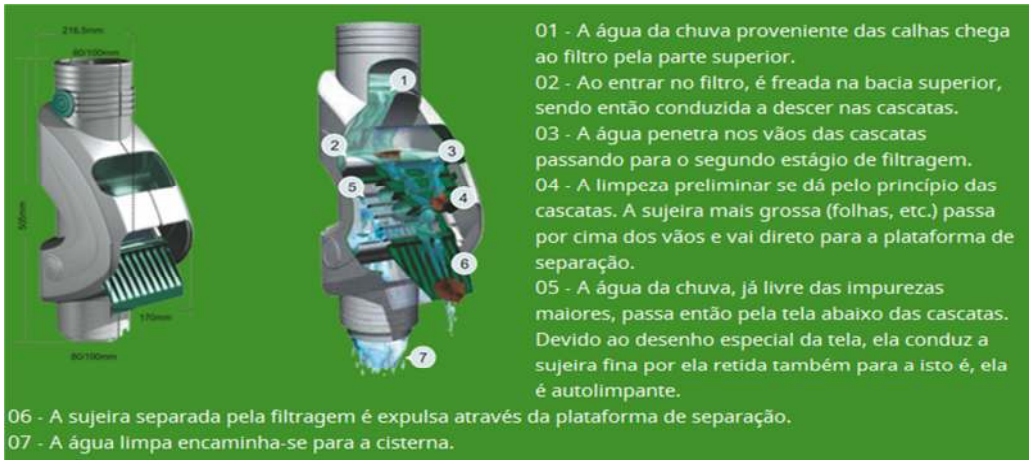
Filtro flutuante: Os filtros flutuantes de sucção são instalados na tomada de água da bomba que faz a captação da água do reservatório para alimentar os pontos de consumo. Filtram impurezas que porventura ainda estejam no reservatório, garantindo a qualidade da água e evitando problemas com a bomba. Podem ser usados independentes do uso de pré-filtros e possuem a vantagem de não sugar a água armazenada no fundo do reservatório que, possivelmente, pode possui material particulado sedimentado. Na Figura 04 a seguir é ilustrado o filtro flutuante.

Figura 04: Filtro flutuante



Fonte: Adaptado de Aqua Stock (2006b).

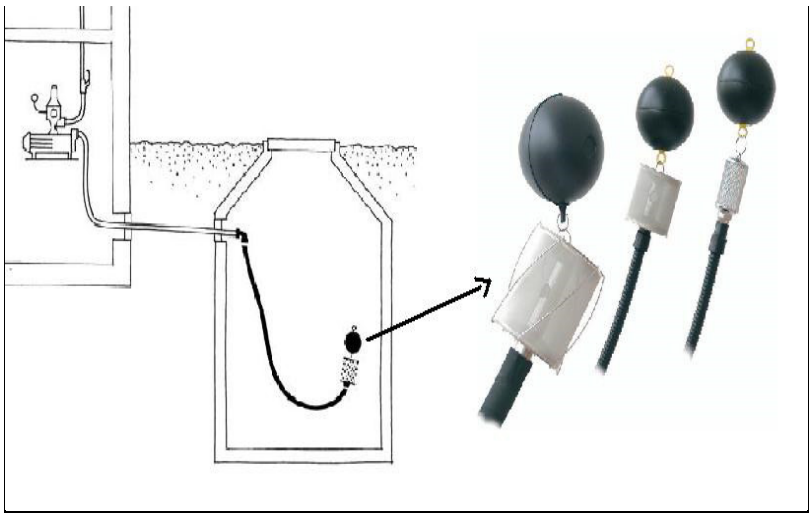
Figura 03: Funcionamento do pré filtro 3P Rainus



Fonte: Acqua Save (2015).

Filtro flutuante: Os filtros flutuantes de sucção são instalados na tomada de água da bomba que faz a captação da água do reservatório para alimentar os pontos de consumo. Filtram impurezas que porventura ainda estejam no reservatório, garantindo a qualidade da água e evitando problemas com a bomba. Podem ser usados independentes do uso de pré-filtros e possuem a vantagem de não sugar a água armazenada no fundo do reservatório que, possivelmente, pode possui material particulado sedimentado. Na Figura 04 a seguir é ilustrado o filtro flutuante.

Figura 04: Filtro flutuante



Fonte: Adaptado de Aqua Stock (2006b).

Resultados e discussões

Pontos positivos e negativos de um SCAC

Com base no entendimento dos diversos autores consultados, levantou-se que a captação de água de chuva apresenta diversos pontos benéficos, assim como diversos pontos adversos. Em relação aos pontos positivos, chegou-se a 28 pontos, já em relação aos pontos negativos, chegou-se a 17 pontos. No Quadro 01 é apresentado esse levantamento.

Quadro 01: Levantamento dos pontos positivos e negativos de SCAC

Positivos	Negativos
1) Alta qualidade físico-química da água de chuva (UNATSABAR, 2001); **2)** Livre de impurezas que podem causar incrustações nos encanamentos e equipamentos (Rupp, 1998); **3)** Por não ser uma água dura, requer menos detergente/sabão na lavagem de roupas e limpezas em geral, logo, reduz a poluição causada por estes produtos (LILI, 2006); **4)** Livre de ferro e manganês que pode causar manchas na lavagem de roupas (Rupp, 1998); **5)** É melhor para irrigação de jardins e plantas por não possuir desinfetantes como cloro (Rupp, 1998); **6)** A água de chuva é livre de sódio, importante para pessoas que precisam ter dietas com baixos teores desta substância (Krishna, 2005); **7)** O uso da água de chuva pode representar de 50 a 70 % do consumo total de água residencial, dependendo do *design* e performance do sistema, logo reduz a conta de água (Yoklic, 2005); **8)** Aumenta a oferta de água para consumo doméstico (Palmier, 2008); **9)** Aumenta a oferta de água para dessedentação animal (Palmier, 2008); **10)** Fonte de água para uso em laboratórios de hidráulica que consomem grandes vazões	**1)** A quantidade de água captada depende da precipitação do lugar e da área de captação (UNATSABAR, 2001); **2)** Quando a água de chuva entra em contato com o sistema de captação, dependendo do material utilizado no sistema, contaminantes podem ser liberados, que adversamente afetam a saúde humana (Hart e White, 2003); **3)** A água inicial interceptada pode conter grande número de contaminantes oriundo da atmosfera e da lavagem do telhado e calhas (Marley New Zealand Limited, 2005); **4)** O tipo e intensidade de tráfego de veículos automotores influenciam adversamente a qualidade da água de chuva que pode ser captada (Sautchuk *et al.*, 2004); **5)** Torna-se necessário o descarte da primeira água precipitada em regiões com grande concentração de indústrias e atividades agropecuárias que são fontes de emissão de poluentes que podem ser retirados da atmosfera pela chuva ou aerotransportados pelos ventos e consequentemente chegar no sistema de captação de água de chuva (GSA, 1999); **6)** Considerando que a captação de água de chuva envolve a interceptação e armazenamento de água torna-se um fator de risco se não manejo adequadamente, pois podem ocasionar a proliferação de vetores de

de água para fins experimentais (Palmier, 2008);

11) Contribui para a economia dos recursos hídricos de qualidade superior e para prevenir a escassez da água potável nos sistemas de distribuição municipais (Bezerra *et al.*, 2010);

12) Proporciona a recarga dos aquíferos quando utilizada vala de infiltração de água de chuva no terreno (May, 2004);

13) Reduz a erosão dos solos (Palmier, 2008);

14) Técnicas de captação de água de chuva em áreas agrícolas podem favorecer a umidade do solo, o melhoramento do escoamento superficial, a recarga de águas subterrâneas e o aumento da produção agrícola (Salem *et al.* 2014; Yosef e Asmamaw, 2015);

15) Diminui o risco de inundações urbanas devido à diminuição da água de chuva escoada de cada lote (May, 2004);

16) Suplementa outras fontes de água quando estas de tornam escassas ou impróprias para consumo (Rupp, 1998);

17) Consegue-se, mesmo com o baixo índice pluviométrico típico de regiões semiáridas, uma quantidade de água capaz de suprir as necessidades básicas de uma família, para beber e cozinhar, durante o período de maior escassez (Silva, 2006).

18) Vários estudos demostram que os SCAC podem ajudar comunidades que tem difícil acesso à água, garantindo assim a segurança alimentar da população rural a nível doméstico (Kahinda e Taigbenu, 2011);

19) Útil em tempos de emergências ou catástrofes (Rupp, 1998);

20) Minimiza o risco em áreas sujeitas às secas (Palmier, 2008);

21) Restaura a produtividade de áreas agrícolas em regiões semiáridas e aumenta a produtividade da agricultura de sequeiro (Palmier, 2008);

doenças como a dengue, febre amarela, malária e encefalite que são transmitidos por mosquitos que precisam de água reservada para completar seu ciclo de vida (Vasudevan *et al*, 2001);

7) A água de chuva captada e armazenada em tanques domésticos apresenta possibilidade de conter microrganismos de uma ou várias fontes. Análises desta água na Austrália têm mostrado que a presença de coliformes é bastante comum (Cunliffe, 1998);

8) A formação de barros e depósitos nas calhas e tanques por falta de limpeza e/ou uso favorece o crescimento e desenvolvimento de bactérias, das quais, muitas patógenas (Cunliffe, 1998);

9) A água de chuva é ligeiramente ácida e possui baixo teor de minerais dissolvidos, como tal, ela é relativamente agressiva. A água de chuva pode dissolver metais pesados e outras impurezas dos materiais que fazem parte do sistema de captação de água de chuva (WHO, 2007);

10) A ausência de minerais na água de chuva significa que a mesma tem um gosto particular ou falta de gosto, o que pode acarretar rejeição do consumo desta por parte de pessoas que estão acostumadas a consumirem águas ricas em minerais (WHO, 2007);

11) Águas de chuva armazenadas em cisternas geralmente atendem os padrões de potabilidade da OMS para os parâmetros físico-químicos, porém frequentemente não atendem aos padrões de potabilidade nos critérios de qualidade microbiológica (Andrade, 2004; Luna et al. 2011; Silva *et al.*, 2012);

12) A água de chuva não contém flúor. Se a água de chuva é usada exclusivamente para beber, torna-se importante à adição de flúor na água para ajudar a prevenir a cárie dentária, o que acarreta em custos e necessidade de pessoas capacitadas para realizar tal

22) Ajuda no combate a desertificação por meio do reflorestamento e cultivo de frutas (Palmier, 2008); **23)** Sistema independente do abastecimento público convencional, portanto ideal para comunidades dispersas (UNATSABAR, 2001); **24)** A proteção sanitária de cisternas rurais para abastecimento doméstico é relativamente simples. Basicamente requer o desvio das primeiras águas das chuvas, cobertura do tanque, tomada de água por tubulação e um manejo adequado, que depende de informação suficiente aos usuários (Andrade, 2004); **25)** Razões promocionais: Melhora a imagem da empresa quanto ao uso de uma tecnologia ambientalmente correta (UKRHA, 2007); **26)** Não requer energia elétrica para operação na maioria dos sistemas (UNATSABAR, 2001); **27)** Fácil manutenção e operação (UNATSABAR, 2001); **28)** Tecnologia simples, por isso oferece muitos benefícios potenciais (Rupp, 1998).	procedimento (GSA, 1999); **13)** Alto custo inicial que pode impedir sua implantação por parte de famílias de baixos recursos financeiros (UNATSABAR, 2001); **14)** A literatura mostra que o período de retorno médio de investimento desses sistemas é de aproximadamente 10 anos (Chilton *et al.*, 1999); **15)** A falta de um conhecimento hidrológico adequado é um fator limitante para o desenvolvimento e implantação de projetos confiáveis de captação de água de chuva (Palmier, 2008); **16)** Embora manuais que descrevem a maior parte das técnicas tenham sido publicados recentemente, normalmente não são apresentados guias para selecionar a técnica mais adequada a ser implantada em uma dada região (Palmier, 2008); **17)** A maior parte das atividades referentes à implantação dessas técnicas são executadas de maneira relativamente isolada e/ou sem uma coordenação interinstitucional, multidisciplinar e intersetorial (Palmier, 2008).

Com base no Quadro 01 pode-se observar que, apesar de distintos, muitos dos pontos positivos e negativos levantados possuem aspectos similares que podem ser agrupados.

Nesse sentido, no que concerne os pontos positivos, pode-se destacar 8 agrupamentos e seus respectivos aspectos. i) Os aspectos de qualidade de água são mencionados nos itens 1 ao 16, dos quais estão relacionados ao potencial uso da água de chuva captada para diferentes fins devido a sua qualidade. ii) Os itens 7 a 11 destacam os aspectos de economia de água que os SCAC podem trazer. iii) Os itens 12 a 14 podem ser relacionados às questões inerentes a proteção ambiental, visto que os autores citados abordam a importância dos sistemas para a proteção ambiental. iv) Similar a este último, no item 15 é destacado o aspecto de prevenção

de desastres, visto que os SCAC podem diminuir os picos de enchentes, principalmente em cenários com chuvas torrenciais em áreas altamente impermeabilizadas. v) Aspectos de segurança hídrica são destacados nos itens 16 a 23, visto que os SCAC podem ser úteis em situações emergenciais e/ou de escassez hídrica. vi) No item 24 são abordados aspectos sanitários necessários na operação do sistema. vii) No item 25 é abordado aspectos relacionados ao *marketing* ambiental que podem ser utilizados por empresas que utilizam os SCAC. vii) Por fim, nos itens 26 a 28 podem estar relacionados à simplicidade e benefícios do sistema.

Em relação aos pontos negativos, foi observado 2 agrupamentos e seus respectivos aspectos, dos quais: i) Dos itens 1 ao 12 estão todos relacionados a aspectos de qualidade da água, sanitários e de saúde pública. Sendo assim, destaca-se que vários autores chamam a atenção para a importância do controle sanitário do sistema em todas as etapas de captação da água de chuva a fim de que a água não traga riscos para a população que a consome, seja para fins potáveis ou não potáveis. ii) Nos itens 13 ao 17 podem ser relacionados aos aspectos econômicos, técnicos e institucionais relacionados a implantação de um SCAC. Sendo assim, deve ser destacado que o retorno financeiro pode ser demorado, porém em situações de escassez hídrica ou para ser utilizado em regiões semiáridas pode ser a única opção e os aspectos econômicos deixam de ser prioridade. Aspectos técnicos também foram relatados nestes itens, principalmente devido à falta de conhecimento hidrológico e articulação interinstitucional necessários na implantação de um SCAC.

Análise dos contrapontos do SCAC

De acordo com Gould e Nissen (1999), nenhuma fonte de água alternativa é 100% segura. Ainda de acordo com os autores, a questão que deve ser analisada é a determinação do nível aceitável de risco, baseada nas condições socioeconômicas de uma sociedade em face das fontes de água disponíveis. Logo, percebe-se que a

utilização de SCAC em áreas que não possuem fontes de fácil acesso ou com qualidade insatisfatória, o uso da captação de água de chuva torna-se, na maioria das vezes, a melhor fonte de água para consumo. Nesse sentido, Jiang *et al.* (2013) destacam que tal técnica tem sido amplamente utilizado para uso doméstico e produção agrícola principalmente em regiões áridas e semiáridas e que possuem a vantagem de ter operação relativamente simples, alta adaptação, baixo custo consumir menos energia.

Como apontado por diversos autores, como Mirbagheri (1997), Gould e Nissen (1999), May (2004) e Vivacqua (2005), a contaminação da água de chuva é fortemente influenciada por ações antrópicas. A urbanização associada com um alto nível de atividades econômicas das sociedades modernas em pequenos espaços como as cidades, produz uma alta concentração de poluentes atmosféricos que, em contato com a água precipitada, podem contaminá-la. Esses fatos afetam a qualidade da água de chuva para algumas aplicações. Mesmo em áreas rurais, o manejo inadequado do sistema, o uso intensivo de aspersões de pesticidas, herbicidas ou inseticidas nas proximidades do SCAC podem tornar a água imprópria para o uso, contudo, técnicas de descarte da primeira leva de chuva vem demonstrando que a qualidade da água melhora satisfatoriamente depois que ela é desviada por um dispositivo *first flush*, mas mesmo utilizando deste artifício, a água ainda não atende padrões de qualidade para uso potável se não passar por um processo adequado de tratamento.

May (2004) considera que a viabilidade do sistema para fins não potáveis depende basicamente de três fatores: precipitação, área de coleta e demanda. Se esses fatores forem elevados, o prazo de recuperação do investimento é curto, como por exemplo, a utilização de água de chuva em postos de gasolina, em lavanderias e indústrias. Embora esse período possa parecer longo e inviável economicamente, a decisão de construir um SCAC em residências com pequena área de captação ou localizadas em climas áridos e semiáridos, não será tomada com o objetivo maior de economizar dinheiro e sim com o objetivo de garantir

uma fonte de água e o futuro da sustentabilidade hídrica, promovendo assim a conservação da água.

Considerações finais

Os benefícios do uso de SCAC podem ser inúmeros, mas o que merece destaque é a economia de água potável em áreas urbanas que o sistema pode proporcionar devido a destinar a água de chuva captada para fins não potáveis. Porém, um grande problema que pode ser causado pelo aumento do uso de SCAC, principalmente em regiões com índice pluviométrico favorável, é o uso abusivo da água da chuva, principalmente pela mesma não ser tarifada, acarretando em um aumento da geração de efluentes líquidos.

A implantação de um SCAC no Brasil ainda é oneroso e consequentemente não acessível para famílias de baixa renda que vivem em lugares isolados adquirirem um sistema apropriado sem ajuda financeira do governo ou organizações não governamentais. Um fato questionável é que a qualidade da água de chuva armazenada em cisternas de placas no semiárido brasileiro ainda não atende padrões de qualidade, porém, às vezes, a água de chuva é a única fonte mais próxima e/ou a que possui melhor qualidade frente às outras disponíveis.

Além disso, no que se refere à qualidade da água consumida no meio urbano, constatam-se esforços das autoridades em implementar ações que visem a fornecer à população uma água com boa qualidade, enquanto no meio rural, de um modo geral, essas ações praticamente inexistem. Esse fato é relevante porque essas populações rurais, como as do semiárido brasileiro, ao utilizarem a água de chuva em condições inadequadas para consumo humano direto estarão expostas ao risco de contraírem inúmeras doenças de veiculação hídrica. Encarregar o próprio consumidor de controlar a qualidade da água de um SCAC torna-se um fator de risco ou até mesmo uma postura incorreta, uma vez que o seu conhecimento quanto aos riscos que a água pode oferecer à saúde é praticamente inexistente, devido a se tratar, na maioria das vezes, de pessoas leigas.

Em suma, qualquer que seja a solução técnica de abastecimento adotada, a mesma deverá propiciar à população beneficiária uma disponibilidade adequada de água em termos quantitativos e qualitativos, além de garantir a proteção e conservação dos recursos hídricos e ter como objetivo geral o de assegurar a melhoria da qualidade de vida.

Referências

ACQUA SAVE. **3P Rainus**. Sistemas jardinagem (Técnico), [catálogo on line], 2014. Disponível em: < http://www.acquasave.com.br/index.php/sistemas-jardinagem-tecnico>. Acesso em: 02 de nov. 2014.

ANDRADE, C. O. de. Proteção sanitária das cisternas rurais. In: **XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2004, Natal, Brasil. Anais... Natal: ABES/APESB/APRH. 2004.

AQUA STOCK - SOLUÇÕES EM APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA. **Teste da revista belga Test Achats**. São Paulo, 2006a.

AQUA STOCK - SOLUÇÕES EM APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA. **Tecnologia para o reaproveitamento de água de chuva: catálogo de produtos**. São Paulo, 2006b.

BEZERRA, S. M. C.; CHRISTAN, P.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKHSH, K. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527: 2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n.4, 2010.

BOERS, Th.M.; BEN-ASHER, J., A review of rainwater harvesting. **Agricultural Water Management**, vol. 5, n. 2, July 1982.

CHILTON, J. C. *et al*. Case study of a rainwater recovery system in a commercial building with large roof. **Urban Water**, v. 1, n. 4, p. 345-354, 1999.

CUNLIFFE, D. A. **Guidance on the use of rainwater tanks**. Series: National Environmental Health Forum Monographs. Water Series n° 3. Australia: Openbook Publishers, 1998

GHANAYEM, M. Enrivonmental considerations with respect to rainwater harvesting. Applied Research Institute Jerusalem. In: **Rainwater International Systems**, Manheim, Palestine, 2001. 11 p.

GNADLINGER, J. Colheita de água de chuva em áreas rurais. In: **2º Fórum Mundial da Água**. Haia, Holanda, 16 a 22 de março de 2000.

GONÇALVES, R. F. (coord.). **Uso racional da água em edificações**. Projeto PROSAB - Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352 p.

GOULD, J.; NISSEN, E. P. **Rainwater catchment systems for domestic supply: design, construction and implementation**. London: ITDG Publishing, 1999.
GSA – GOVERNMENT OF SOUTH AUSTRALIA. **Rainwater tanks: their selection, use and maintenance**. Australia: Department for Environment Heritage and Aboriginal Affairs, 1999.

HART, C.; WHITE, D. **Best management practices for rainwater catchment systems in Alasca: applications for domestic water use**. A publication of the Cold Climate Housing Research Center. Alaska, February 2003.

HELMREICH, B.; HORN, H. Opportunities in rainwater harvesting, **Desalination**, vol. 248, Issues 1–3, 2009.

JIANG, Z.; LI, X.; MA, Y. Water and energy conservation of rainwater harvesting system in the loess plateau of china. **Journal of Integrative Agriculture**, vol. 12, n. 8, 2013.

KAHINDA, J. M.; TAIGBENU, A. E. Rainwater harvesting in South Africa: challenges and opportunities, **Physics and Chemistry of the Earth**, Parts A/B/C, vol. 36, Issues 14–15, 2011.

KRISHNA, H. J. **The Texas manual on rainwater harvesting**. 3nd ed. Texas Water Development Board. Austin - Texas, 2005. 88 p.

LILI – LOW IMPACT LIVING INITIATIVE. **Rainwater harvesting**. Redfield Community, Winslow, 2006.

LUNA, C. F., BRITO, A. M.; COSTA, A. M.; LAPA, T. M.; FLINT, J. A.; MARCYNUK, P.. Impacto do uso da água de cisternas na ocorrência de episódios diarréicos na população rural do agreste central de Pernambuco, Brasil. **Rev. Bras. Saude Mater. Infant.**, Recife , v. 11, n. 3, 2011.

MACOMBER, P. S. H. **Guidelines on rainwater catchment systems for Havaii**. Havaii: University of Havaii at Manoa, 2001. 51 p.

MARLEY NEW ZEALAND LIMITED. **Rain harvesting products: safer solutions for the collection, storage and distribution of rain water**. New Zealand, 2005.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de mestrado do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MIRBAGUERI, S. A. Sources of pollution for rainwater in catchment systems, and environmental quality problems. In: **International Rainwater Catchment Systems Conference**, 1997.

PALHARES, J. C. P.; GUIDONI, A. L. Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 7, n. 1, 2012.

PALMIER, L. R. **Captação de água de chuva em áreas urbanas e rurais**. Palestra apresentada na Secretária Adjunta de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte (Apresentação disponibilizada em formato digital). Belo Horizonte, 18 de Junho de 2008.

PHILLIPS, A. A. **Water harvesting: guidance manual**. Tucson – Arizona, 2005. 35 p.

RUPP, G. Mont Guide: **Rainwater havesting system for montana**. Montana: Montana State University, 1998.

SALEM, H. M.; VALERO, C.; MUÑOZ, M. A.; RODRÍGUEZ, M.; BARREIRO, P. Effect of reservoir tillage on rainwater harvesting and soil erosion control under a developed rainfall simulator, **CATENA**, vol. 113, 2014.

SAUTCHUK, C. A.; LANDI, F. D. N.; MIERZWA, J. C.; VIVACQUA, M. C. R.; SILVA, M. C. C.; LANDI, P. D. N.; SCHMIDT, W. **Conservação e reúso de água: manual de orientações para o setor industrial**. v. 1. São Paulo: Fiesp/Ciesp, 2004. 92 p.

SILVA, A. S.; PORTO, E. R.; LIMA, L. T. de.; GOMES, P. C. F. **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais – dimensionamento, construção e manejo**. EMBRAPA-CPATSA/SUDENE - Projeto Sertanejo - Circular técnica n° 12. Petrolina: Polikromia do Nordeste, 1984. 103 p.

SILVA, C. V. **Qualidade da água da chuva para consumo humano armazenado em cisternas de placa: estudo de caso: Araçuaí, MG**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio ambiente e Recursos Hídricos) - Curso de mestrado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SILVA, C. V.; HELLER, L; CARNEIRO, M. Cisternas para armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil: um estudo na área rural do semiárido de Minas Gerais. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro , v. 17, n. 4, 2012 .

SOIL, T. J. **Collecting and utilizing rainfall runoff: a homeowner's manual of ideas for harvesting rainwater**. USA: Water Conservation District, 2005. 27 p.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: diretrizes básicas para um projeto. In: 6° **Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**. Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007. 1 CD-ROM.

UKRHA – THE UK RAINWATER HARVESTING ASSOCIATION. **Industry fact sheet: rainwater harvesting – general considerations**. UK, 2007.

UNATSABAR - UNIDAD DE APOYO TÉCNICO EN SANEAMIENTO BÁSICO RURAL. **Guía de diseño para captacion del agua de lluvia**. Lima-Peru, 2001. 18 p.

VASUDEVAN, P. ; PATHAK, N. ; MITTAL, P. K. **Domestic rainwater harvesting and insect vectores: a literature review**. Indian Institute of Technology. Delhi – India, 2001.

VIDACOVICH, K. **Dispositivos para descarte inicial das chuvas: comparações entre modelos**. Artigo Técnico, Fevereiro de 2004.

VIEIRA, A. S.; BEAL, C. D.; GHISI, E.; STEWART, R. A. Energy intensity of rainwater harvesting systems: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 34, 2014.

VISHWANATH, S. **Rainwater harvesting for large site developments**. Rain Water Club, 2006.

VIVACQUA, M. C. R. **Qualidade da Água do Escoamento Superficial Urbano: revisão visando o uso local**. 2005. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2005.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Water, sanitation and health: rainwater harvesting**. 2007.

YOKLIC, M. R. **Research in progress: cold climate rainwater harvesting systems**. Tucson – Arizona: University of Arizona, 2005.

YOSEF, B. A.; ASMAMAW, D. K. Rainwater harvesting: an option for dry land agriculture in arid and semi-arid Ethiopia. **International Journal of Water Rresources and Environmental Engineering**, vol. 7, n. 2, 2015.