

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E DIMENSÃO ECONÔMICA DO
USO DA ÁGUA DE CHUVA NO LITORAL NORTE PAULISTA: PROTÓTIPO DE
UM SAAP EM CARAGUATATUBA

Brenno Poyares Torrents de Goes Telles ¹
Pedro Augusto Pinheiro Fantinatti ²

Resumo: O agravamento da crise ambiental, resultante do crescimento populacional, vem provocando o esgotamento dos recursos naturais, principalmente o mais valioso de todos: a água. Como um meio de amenizar o problema da escassez de água potável, vem se tornando comum o uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial (SAAP) para fins não potáveis. Nos últimos anos, no Brasil, o estudo, a implantação e o uso desses sistemas vêm aumentando, porém têm ocorrido dificuldades de avaliação, tanto que em vários trabalhos têm sido apresentado, como resultado, que o rendimento é insuficiente para justificar a viabilidade de implantação. O Estado de São Paulo passa por uma crise hídrica sem proporções devido à má governança da água. No Litoral norte paulista, um dos principais motivos pela falta d'água se dá pelo aumento sazonal da população nos períodos de alta temporada turística. Porém, a região tem elevados índices pluviométricos. Baseando-se nesses dados, levanta-se a hipótese de que é viável a implantação de SAAP na região. O objetivo desse trabalho é verificar a viabilidade técnica e econômica de um SAAP em pequena escala na cidade de Caraguatatuba, Litoral Norte Paulista. Por meio de um protótipo de um telhado em escala reduzida, fez-se a captação e medição da água coletada, diariamente, por um período de nove meses, de outubro de 2013 a junho de 2014. Fez-se o cruzamento entre os dados coletados e os dados oficiais de precipitação pluviométrica. Consideraram-se os índices existentes na literatura de uso doméstico da água para fins não potáveis, para avaliar a viabilidade técnica e econômica da implantação do SAAP em residências situadas no Litoral Norte Paulista de uma maneira geral. Os resultados comprovaram a viabilidade técnica da implantação de um SAAP na região. Por outro lado, em relação à viabilidade econômica, independentemente de sua confirmação ou não, concluiu-se que há uma inversão de valores na maioria dos trabalhos existentes sobre a viabilidade de implantação e uso de SAAP, os quais estabelecem, ainda que tacitamente, a Economia como sendo mais importante que o Meio Ambiente. Conclui-se que é necessário promover a conscientização de que o Meio Ambiente não pode ser subjugado por interesses econômicos. E infere-se que, havendo viabilidade técnica, ações de sustentabilidade devem ser entendidas e aceitas como prioritárias sobre questões econômicas.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Água, SAAP, Crise hídrica.

Resumen/abstract: The population growing has increased the environmental crisis, which has induced natural resources degradation. Even water has been degraded. Water is recognized as the most important natural resource for live. Aiming solve part of this problem, it has been developed and applied several rainwater use systems for non-potable purposes. In the last years in Brazil, several academic works about

¹ Estudante de Matemática, IFSP, Caraguatatuba. brennopoyares@hotmail.com.

² Professor EBTT, IFSP, Campinas. Pesquisador Colaborador FEC/UNICAMP. fantinatti@ifsp.edu.br.

rainwater use have been published. But, almost all of them have incurred an evaluation detour, which considers Economic issues more important than Environmental issues. The results of this value detour point to a wrong conclusion which induces people to believe that rainwater use systems are not feasible to be deployed. Nowadays in the Sao Paulo State, Brazil, there is a great water crisis, which is resulted from bad water governance. The seasonal migration increases the water problem in the Sao Paulo's North Coast. Nevertheless, Sao Paulo's North Coast has high rainfall. Thereby the hypothesis is that it is feasible to implant rainwater use system in this region. This paper aims to study technical and economic feasibility of a minor rainwater use system in the city of Caraguatatuba, in the Sao Paulo's North Coast. By using a prototype of a minor scale residential roof it was done the rainwater collection and measure daily to verify its technical and economic feasibility. The collection and measure were done for 9 months, from October 2013 up to June 2014. It was done the data treatment including the comparison with the official rainfall as well. It has been regarded patterns of water non-potable uses which were founded in the literature. The results have confirmed the technical feasibility to implant a rainwater use system in Sao Paulo's North Coast in general. On the other hand, we have founded that economic feasibility might be not a major decision criteria when the problem involves sustainability issues. It has been concluded that it is necessary to promote sustainable awareness aiming to realize that environment issues may not be less important than economic one.

Palabras-clave/Key-words: Sustainability, Water resources, Rainwater use system, Water crisis.

Introdução

O problema da disponibilidade hídrica é antigo e vem se agravando devido, principalmente, ao aumento da população e da poluição dos mananciais (BRAGA *et al.* 2005; TORDO, 2004). Diante da necessidade de se encontrar fontes alternativas, a água pluvial pode ser uma opção para solucionar esse problema (ZOLET, 2005).

O setor da construção civil é um dos que mais agride os recursos naturais (BRAGA *et al.*, 2005). Não apenas durante os ciclos de vida dos materiais usados na construção civil ocorre a degradação do meio ambiente oriunda de empreendimentos de engenharia, mas, também, as fases de implantação dos empreendimentos ocasionam impactos negativos ao meio ambiente. Mais notadamente os empreendimentos de ocupação e uso do solo, em que se destacam os parcelamentos do solo para fins residenciais, impõem externalidades negativas de grande impacto aos cursos d'água (FANTINATTI, 2001; FANTINATTI; ZUFFO; ARGOLLO, 2014).

E, por esse motivo, acredita-se que o setor da construção civil precisa adotar um paradigma sustentável e passar a ser um dos que mais investem em tecnologias

alternativas – mitigadoras e compensatórias – para reverter esta realidade insustentável, principalmente relacionadas à preservação dos recursos hídricos (FANTINATTI; ZUFFO; ARGOLLO, 2015), considerando-se, inclusive, que a água é considerada há muitos anos, um ativo indispensável à vida de uma maneira geral (BRAGA *et al.*, 2005).

A implantação de SAAP (Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial), servindo como ação mitigadora, vem se tornando cada vez mais comum dentro das edificações. De acordo com Evenari, Shanan e Tadmor (1997), técnicas de utilização de água pluvial já foram fundamentais para sociedades ao longo da história da humanidade.

Machado (2013) indica que foram realizados diversos estudos de viabilidade de implantação de sistemas de aproveitamento de água da chuva. Bertolo (2006) *apud* Machado (2013) afirma que a Alemanha e os Estados Unidos (Texas e Havaí) se encontram em posição de destaque perante o resto do mundo no quesito de implantação desses sistemas. Entretanto, no Brasil ainda não é frequente o aproveitamento de água da chuva, conseqüentemente, ocorrem erros de planejamento, sejam eles por falta de eficácia ou por serem caros. Por isso, vários autores consideram que é importantíssimo que antes da implantação de um SAAP seja realizado um estudo de viabilidade técnica e econômica (SIQUEIRA CAMPOS, 2004; 2012).

Um dos possíveis motivos para que ocorram esses erros é o fato de que o aproveitamento de água pluvial vem sendo discutido a pouquíssimo tempo no Brasil. O primeiro evento científico que trata sobre o assunto aconteceu em 1997, na cidade de Petrolina, no Estado de Pernambuco, que foi o I Simpósio sobre Captação de Água de Chuva no Semiárido Brasileiro. Outro possível motivo é o fato de o Brasil possuir uma alta disponibilidade hídrica, cerca de 36000 m³/hab/ano, sendo considerado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) um país rico em água. Além disso, em relação ao potencial hídrico mundial, o Brasil conta com 12% da quantidade total de água doce no mundo (TOMAZ, 2001).

Objetivos

Objetivo geral

O objetivo desse projeto foi utilizar um protótipo para captação de água e, por meio dessa coleta, analisar a viabilidade técnica e econômica de implantação de Sistemas de aproveitamento de água pluvial na cidade de Caraguatatuba-SP e, respectivamente, nos demais municípios do Litoral Norte Paulista.

Objetivos específicos

Discutir a prática e o ensino de meios sustentáveis é uma forma eficaz para conscientização ambiental da população. Por isso, uma das funções do projeto é divulgar soluções sustentáveis.

Desenvolver a consciência ambiental dentre os participantes do projeto e, a partir deles, buscar despertar na sociedade a que pertencem essa mesma consciência.

Estudar e avaliar métodos alternativos e sustentáveis para a preservação da água, que é reconhecidamente o recurso natural mais valioso, destacando o aproveitamento de água pluvial, ressaltando que o maior ganho de um projeto de aproveitamento de água pluvial pode ser o ambiental, em vez do econômico.

A crise hídrica no Estado de São Paulo

No Estado de São Paulo, vive-se uma crise hídrica sem precedentes. O sistema Cantareira, que é o principal sistema de abastecimento de água das duas maiores regiões metropolitanas no estado, as regiões das cidades de São Paulo e Campinas, respectivamente, está entrando em colapso por baixa precipitação pluviométrica desde meados de 2013, ou seja, há cerca de dois anos.

Conforme apontado por Zuffo (2015), o colapso do sistema Cantareira, que não tem capacidade de suprir a demanda há, pelo menos, cerca de cinco anos, pois o volume de precipitações não é compatível com volume da captação de água bruta pela SABESP – Companhia de Saneamento de São Paulo – empresa responsável pelo abastecimento de água na região metropolitana de São Paulo e na maioria das cidades do Estado de São Paulo.

Esta discrepância entre o volume de recarga dos reservatórios do sistema Cantareira e o volume captado pela SABESP provocou o colapso do sistema.

A situação de colapso foi provocada, por sua vez, pela má governança da água pelo governo paulista nas últimas duas décadas, pois, conforme apontado por Zuffo (2015), desde a concepção do sistema, na década de 1960, estavam previstas obras de ampliação dos reservatórios para a década de 1990. Porém, ainda segundo o autor, estas obras não foram realizadas, apesar que os governadores tenham sido alertados nos últimos 15 anos sobre o iminente colapso hídrico que viria a ocorrer nas duas maiores regiões do Estado. Alia-se a este fato, a má gestão do sistema de abastecimento da SABESP, que apresenta um elevado índice de perdas.

Acredita-se, desta maneira, que a população, de uma forma geral, precisa ser conscientizada e capacitada a tomar decisões e adotar técnicas alternativas para contornar o problema da falta d'água e não ficar à mercê da incompetência e ou má fé que induzem à má gestão dos recursos hídricos.

Armazenamento de água de chuva

Carvalho, Oliveira e Moruzzi (2007) destacam em suas pesquisas que o armazenamento de água pluvial pode, além de combater a escassez da água, ajudar no controle de enchentes em grandes centros urbanos. Ressaltam que, nesse contexto, o correto dimensionamento do reservatório a ser utilizado é de suma importância para o maior aproveitamento da água da chuva.

Deve-se, também, manter a atenção para os cuidados com a água enquanto estiver armazenada. Segundo Burbarelli (2004), é necessário manter o controle da população microbiana da água, uma vez que esses seres podem resultar em doenças para os usuários dessa água. Por esse motivo, foi criada a norma ABNT NBR 15527:2007 (ABNT, 2007), que determina que a desinfecção da água nos sistemas de aproveitamento de água pluvial deve ser definida a critério do projetista e cita que, quando utilizados derivados clorados, a concentração de cloro residual nos reservatórios de armazenamento deve ser monitorada mensalmente e estar entre 0,5 e 3,0 mg/L.

A água pluvial, segundo Group Raindrops (2002) *apud* Oliveira (2005), pode ser aproveitada sem tratamento ou com diferentes níveis de tratamento. Esses níveis de tratamento são apresentados com maiores detalhes na Tabela 1.

Tabela 1. Médias de consumos em uma residência para diversos usos

Uso da água pluvial	Tratamento
Rega de jardim	Não é necessário.
Irrigadores, combate ao incêndio, ar condicionado.	É necessário para manter os equipamentos em boas condições.
Fontes e lagoas, banheiros, lavagem de roupas e carros.	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano.
Piscina/banho, para beber e para cozinhar.	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente.

Fonte: Group Raindrops (2002) *apud* Oliveira (2005).

Segundo Siqueira Campos (2012), o objetivo dos sistemas de aproveitamento de água pluvial é utilizar fontes alternativas dos recursos naturais, ressaltando o uso mais consciente destes recursos. Entretanto, entende-se, nessa pesquisa, que o maior ganho com a elaboração de um SAAP é a redução da agressão ao meio ambiente, e não o ganho financeiro. Entende-se que se deva (re)pensar as formas e ferramentas de gestão ambiental urbana (FANTINATTI, 2001; RIBEIRO; VARGAS, 2001).

É importante destacar que a grande maioria dos SAAP implantados utiliza a água pluvial para fins não potáveis, ou seja, rega de jardim, descarga sanitária lavagem de carro e quintal, tanque, piscina, lavagem de roupas, entre outros.

Usos não potáveis de água

Segundo pesquisa bibliográfica realizada neste trabalho, nos estudos de Tomaz (2000) *apud* Athayde Junior, Dias e Gadelha (2007), Creder (2006) *apud* Athayde Junior, Dias e Gadelha (2007) e Rocha, Barreto e Ioshimoto (1998) *apud* Athayde Junior, Dias e Gadelha (2007) e Santos *et al.* (2008), constatou-se que o consumo de água não potável de uma residência com cinco moradores pode chegar a 87,6% do consumo total. Logo, essa pode ser a economia da água distribuída pelo sistema público de água potável que pode de uma residência que possua um SAAP.

Considerando-se que o consumo médio diário de água por pessoa é de 220 litros e que, por definição, cada residência é composta, em média, por cinco habitantes, tem-se um consumo diário por residência de 1100 litros de água.

Faz-se necessário, para dar números à economia de água, saber (ou estimar) quantos litros desse consumo é destinado para cada função dentro dessa residência. E saber, dessa forma, para que direção destinar a água coletada pelo SAAP. No intuito de estimar esta quantidade, foram avaliados os trabalhos de Tordo (2004), Rocha, Barreto e Ioshimoto (1998 *apud* ATHAYDE JUNIOR; DIAS; GADELHA, 2008) e vários outros citados por Rocha (2009).

Comparando os dados estudados, chegou-se a Tabela 2, com médias de consumo para os diversos usos e o desvio padrão entre os dados dos autores estudados.

Desta maneira, pode-se admitir um percentual médio de 22,2% (vinte e dois por cento e dois décimos) para usos não potáveis, o que corresponde a 244,2 litros diários em uma residência padrão.

Entretanto, o desvio padrão desses dados é de 9,9% (nove e nove décimos por cento). Assim, entende-se que esse dado varia entre 31,1% (trinta e um por cento e um décimo) e 12,3% (doze por cento e três décimos), correspondendo, respectivamente, a 342,1 litros diários e 135,3 litros diários.

Todavia, segundo os estudos de Rocha (2009), a economia é outra, pois ele considera que a água pluvial pode ser usada para lavagem de carro, rega de jardim e lavagem de roupas além das descargas sanitárias.

Com isso, o percentual para uso não potável sobe para 39,91% (trinta e nove por cento e noventa e um centésimo) que é equivalente a 439,01 litros diários.

Tabela 2. Médias de consumos em uma residência para diversos usos.

Usos	Higiene Pessoal (Chuveiros e Lavatórios)	Cozinhar e beber (pia da cozinha)	Lavagem de roupas (tanque e máquina de lavar)	Lavagem de carro e jardim	Outros usos (ex.: piscina)	Descargas (vaso sanitário)
Tordo (2004) / May (2004) (média ponderada)	22,5%	20,5%	16,6%	4,4%	-	36,0%
Rocha, Barreto e Ioshimoto (1998)	35,0%	10,0%	17,0%	8,0%	11,0%	19,0%
Brasil (1998) <i>apud</i> Rocha (2009)	63,0%	18,0%	14,0%			5,0%

**REVISTA BRASILEIRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - ISSN 2359-232X
VOL. 2, Nº 02, 2015**

Média de consumo de residências de Bom Jesus de Itabapoana (RJ). Mieli (2001) <i>apud</i> Rocha (2009)	33,2%	18,7%	10,8%	2,9%		34,5%
Média de consumo de residências de Passo Fundo (RS). Fiori (2005) <i>apud</i> Rocha (2009)	50,4%	20,1%	17,6%			12,4%
Média de consumo de residência do bairro Serrinha (Florianópolis-SC). Santana (2004) <i>apud</i> Rocha (2009)	71,0%	10,0%	5,0%			14,0%
Média de consumo de residências de um condomínio do bairro Trindade (Florianópolis- SC). Ghisi e Ferreira (2007) <i>apud</i> Rocha (2009)	38,6%	20,7%	4,7%	2,9%		33,2%
Média de consumo entre 2 residências de Palhoça (SC). Ghisi e Oliveira (2007) <i>apud</i> Rocha (2009)	44,1%	20,8%	7,2%			28,0%
Consumo de 1 residência do bairro de Ratoles (Florianópolis-SC). Peters (2006) <i>apud</i> Rocha (2009)	33,0%	18,0%	27,0%			22,0%
Consumo de um edifício no bairro Floresta (São José-SC). Kammers (2007) <i>apud</i> Rocha (2009)	49,7%	13,6%	16,4%	2,0%		18,3%
Média	44,0%	17,0%	13,6%	4,0%	11,0%	22,2%
Desvio Padrão	14,0%	4,1%	6,5%	2,1%	0,0%	9,9%

E o desvio padrão é alterado para 18,5% (dezoito por cento e cinco décimos). Por isso, essa percentagem de 39,91% pode variar entre 21,41% (vinte e um por cento e quarenta e um centésimos) e 58,41% (cinquenta e oito por cento e quarenta e um centésimos). Variando entre 235,51 litros e 642,51 litros de economia diária.

De acordo com estudos de Machado (2013, p. 40), as médias de consumo diário de água tratada em uso doméstico em diferentes países, considerando-se os usos não potáveis são:

- Dinamarca = 45%;
- Estados Unidos = 49%;

- Reino Unido = 49%;
- Suíça = 52%;
- Colômbia = 55%.

Levando-se em conta a variação da média de consumo diário estimada nesse trabalho, pode-se inferir que o uso residencial da água para fins não potáveis no Brasil é equiparado a esses países.

Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido durante um ano.

Entretanto, os três primeiros meses de trabalho foram destinados a pesquisas bibliográficas sobre o tema, cálculos para capacidade, em litros, do reservatório e para sua instalação no telhado em escala reduzida construído no IFSP, *campus* Caraguatatuba.

Para a concretização desse projeto, primeiramente foi construído um telhado em escala reduzida, no qual foi instalado um protótipo de um SAAP. A dimensão do telhado construído foi de aproximadamente 2 m² (dois metros quadrados). Para o sistema de captação, foram utilizadas calhas em PVC, ligadas a tubos de PVC que conduzem a água pluvial ao reservatório instalado.

Para cálculo do reservatório instalado levou-se em consideração que, em Caraguatatuba, em um dia inteiro com chuvas, pode-se chegar a um volume diário máximo próximo de 150 mm (cento e cinquenta milímetros) para um telhado com essa área de contribuição. Chegou-se a este volume por meio do cálculo da vazão teórica utilizando-se o método Racional, onde a vazão (Q), em litros (l), é igual ao produto da precipitação (i), em milímetros (mm) pela área (A), em metros (m) e pelo coeficiente de escoamento (C), conforme indicado na Equação 1.

$$Q = C.i.A \quad [1]$$

Calculou-se, então, que seria necessário um reservatório de, no mínimo, 330 litros.

Por questões práticas e disponibilidade de autofinanciamento pelos próprios pesquisadores, foi adotado um reservatório de 500 litros (caixa d'água adquirida em uma loja de materiais para construção).

Para facilitar o esvaziamento do reservatório, uma vez que o intuito foi apenas coleta de dados, foi instalado um registro de uma polegada e meia de diâmetro no fundo do reservatório.

Uma vez que a instalação do protótipo do SAAP foi concluída (Figura 1), iniciou-se o processo de medições de captação da água pluvial. Nesse procedimento, determinou-se uma hora para que, diariamente, fossem feitas as medições. Essa determinação do horário fixo foi necessária para que pudesse ser quantificada água coletada em 24 horas, precisamente.



Figura 1. Protótipo com SAAP e reservatório instalado.

Foi montada uma tabela para armazenamento dos dados e para facilitar futuras comparações com a pluviometria local e com informações levantadas por meio de pesquisa e revisão bibliográfica.

Resultados

Os dados de captação da água pluvial no protótipo em escala reduzida foram coletados desde 17 de outubro de 2013 até 07 de julho de 2014, excetuando-se o período entre 05 de dezembro de 2013 e 31 de janeiro de 2014. De qualquer maneira, foram consultados os dados de precipitação pluviométrica na região para todo o período de pesquisa.

Foi criada uma planilha para anotar a coleta de dados, na qual foram anotados: o volume de água no reservatório no dia; o volume acumulado, e; o volume de água que foi deixado no reservatório após cada medição; além de uma

coluna com a precipitação em milímetros, cuja fonte é o site do CIIAGRO³ - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas do Estado de São Paulo, conforme ilustrado nas Tabelas 3 e 4, em que estão apresentados apenas os dados referentes às coletas no mês de novembro de 2013 e abril de 2014, respectivamente.

Procurou-se, desta maneira, facilitar a inferência dos resultados obtidos neste trabalho para outras regiões, a partir da comparação das relações entre os volumes coletados (litros) e a quantidade de chuva - precipitação (mm).

No total dos 8 meses e meio corridos ou seis meses e meio efetivos, descontando os meses de dezembro de 2013 e de janeiro de 2014, em que não houve coleta, o volume coletado foi de 1345 litros, para uma precipitação total de 823,3 mm, levando-se em conta esse mesmo período⁴.

Tabela 3. Dados coletados (ref.: novembro/2013)

Dia	Litros/ dia	Litros acum.	Quant. Caixa	Horário	Precipitação em mm
01/11/2013	0	130	80	10:30	2,5
02/11/2013	0	130	80	10:30	2,3
03/11/2013					0
04/11/2013	0	130	0	10:30	0
05/11/2013	10	140	10	10:30	0
06/11/2013	10	150	20	10:30	7,4
07/11/2013	0	150	20	10:30	1,3
08/11/2013	0	150	20	10:30	19,6
09/11/2013	0	150	20	10:30	0,8
10/11/2013					0
11/11/2013	5	155	25	10:30	0
12/11/2013	0	155	25	10:30	0
13/11/2013	0	155	25	10:30	0
14/11/2013	0	155	25	10:30	4,1
15/11/2013					0
16/11/2013	0	155	25	10:30	0
17/11/2013					0
18/11/2013	30	185	55	10:30	4,8
19/11/2013	0	185	55	10:30	16
20/11/2013					0
21/11/2013	0	185	55	10:30	0
22/11/2013	0	185	55	10:30	0

³ <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Quadros/QChuvaPeriodo.asp>

⁴ A precipitação observada para todo o período foi de 978,6 mm.

23/11/2013	30	215	85	10:30	1,8
24/11/2013					18
25/11/2013	45	260	130	10:30	7,6
26/11/2013	10	270	10	10:30	3,3
27/11/2013	0	270	10	10:30	5,3
28/11/2013	0	270	10	10:30	1,5
29/11/2013	0	270	10	10:30	0
30/11/2013	0	270	10	10:30	0

Legenda tabelas 3 e 4

- ✓ Dia = dia da medição.
- ✓ Litros/dia = volume armazenado entre a medição anterior e a medição atual (L).
- ✓ Litros acum. = volume total coletado pelo SAAP desde o início das medições (L).
- ✓ Quant. Caixa = volume remanescente na caixa após a medição anterior (L).
- ✓ Precipitação em mm = precipitação diária (mm).

Tabela 4. Dados coletados (ref.: abril/2014)

Dia	Litros/dia	Litros acum.	Quant. Caixa	Horário	Precipitação em mm
01/04/2014	0	720	20	10:30	1,6
02/04/2014	0	720	20	10:30	6
03/04/2014	20	740	40	10:30	16
04/04/2014	10	750	50	10:30	28
05/04/2014					0,3
06/04/2014					0
07/04/2014	10	760	60	10:30	0
08/04/2014	0	760	60	10:30	0,2
09/04/2014	0	760	60	10:30	0
10/04/2014	0	760	60	10:30	0
11/04/2014	0	760	60	10:30	0
12/04/2014					0
13/04/2014					8
14/04/2014	70	830	130	10:30	56
15/04/2014	50	880	180	10:30	20
16/04/2014	30	910	210	10:30	16,8
17/04/2014	10	920	220	10:30	8,6
18/04/2014	0	920	220	10:30	0,1
19/04/2014					0
20/04/2014					0
21/04/2014	0	920	220	10:30	0

22/04/2014	0	920	220	10:30	0,3
23/04/2014	0	920	220	10:30	0,5
24/04/2014	0	920	220	10:30	0,8
25/04/2014	5	925	225	10:30	3
26/04/2014					1,8
27/04/2014					0
28/04/2014	0	925	0	10:30	5,6
29/04/2014	5	930	5	10:30	1,8
30/04/2014	0	930	5	10:30	0

Pelo fato de que o instrumento utilizado para medir o volume de água pluvial captada ser graduado de 5 em 5 litros, pode-se constatar que na tabela de dados coletados existem dias que houve precipitação pluviométrica, mas não houve mudanças no volume de água pluvial coletada, devido ao fato de que a precipitação não foi suficiente para que fosse feita aferição de alteração de volume, como, por exemplo, nos dias 24 e 29 de abril de 2014.

Por outro lado, há dias em que há aumento de volume reservado, sem que tenha havido precipitação pluviométrica, como, por exemplo, no dia 05 de Novembro de 2013. Este fato pode ser explicado por dois fatores: o primeiro e, provavelmente, de maior influência se deve ao fato de o SAAP estar situado a cerca de 5 km de distância da estação meteorológica de Caraguatatuba (CIAGRO); segundo, há captação de precipitação de baixíssima intensidade (popularmente conhecida como orvalho), não registrada na estação meteorológica de referência, que, ao longo de alguns dias, resulta em variação no volume de água acumulada no reservatório – soma-se a este fator, os dias de precipitação registrada, mas que não resultaram em alteração aferível no volume reservado (pelos motivos já expostos) e, ainda, que, provavelmente, haja retenção da umidade do ar, a qual, na região em estudo (Litoral Norte de São Paulo) tem índices elevados.

Discussão

Com base nos dados obtidos, pode-se estimar que seja possível coletar 0,82 litros de água de chuva por metro quadrado de telhado (projeção horizontal) para cada milímetro de precipitação pluviométrica. Essa informação foi obtida considerando-se que o protótipo tem 2 metros quadrados de área de captação e foram coletados, ao longo do tempo de estudo, 1345 litros de água pluvial, e o índice total de precipitação pluviométrica local foi de 823,3mm. Estima-se, portanto, que,

com 1 metro quadrado de área de captação, seria possível captar 672,5 litros de água pluvial (1345 litros divididos por 2 metros quadrados). Seguindo o raciocínio, conclui-se que seja possível captar 0,82 litros de água de chuva por cada milímetro de precipitação pluviométrica (672,5 litros divididos por 823,3 mm de precipitação).

Assim sendo, a coleta de água de chuva em um telhado de 100 m² de área de captação seria de 82 litros por mm de chuva (0,82 litros por mm de precipitação por metro quadrado de área de projeção de telhado multiplicado por 100 metros quadrados). Considerando-se a precipitação média diária para o período de análise de 3,55 mm, pode-se inferir que seria possível, para uma residência de pequeno porte, armazenar 291,1 litros de água pluvial por mês (82 litros por mm de precipitação multiplicado por 3,55 mm de precipitação mensal média), que equivale a, aproximadamente, 26% do seu consumo diário. O que, com base nos estudos de Tordo (2004), Rocha, Barreto e Ioshimoto (1998 *apud* ATHAYDE JUNIOR; DIAS; GADELHA, 2008) e vários outros citados por Rocha (2009), é mais que suficiente para suprir o consumo não potável com descargas sanitárias (22,2%, em média). Entretanto, se levarem-se em consideração os estudos de Rocha (2009), que considera que a água não potável pode ser usada para outros fins além das descargas sanitárias, essa coleta seria insuficiente para suprir os 39,91% ou 439,01 litros (em média).

O trabalho, ainda durante a fase de execução, foi apresentado na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia do IFSP, em outubro de 2013, no *campus* Caraguatatuba. Resultados parciais foram apresentados no 5º Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica do IFSP no *campus* São João da Boa Vista, em setembro de 2014. Em maio de 2015, foi apresentado com resultados mais bem detalhados no 3º Congresso de Iniciação Científica do IFSP, *campus* Itapetininga.

Acredita-se, com isso, que o trabalho, além de discutir métodos alternativos e sustentáveis, desperta em seus autores e nos participantes das apresentações citadas consciência ambiental e, a partir deles, nas sociedades nas quais se inserem. E, atende, desta maneira, seus objetivos específicos, qual seja, de divulgar soluções sustentáveis e desenvolver a consciência ambiental.

Conclusões

Ainda que não se tenha obtido dados que corroborem, estatisticamente, a viabilidade técnica do uso de SAAP na cidade de Caraguatatuba ou em outras

idades do Litoral Norte Paulista, infere-se sua viabilidade pelo fato de os dados terem sido obtidos em um período de baixas precipitações pluviométricas, conforme apontado por Zuffo (2015).

E, principalmente, pelo índice de água de chuva captada por metro quadrado de projeção telhado para cada milímetro de precipitação pluviométrica. Índice este, aliás, que pode servir de referencial para a projeção da capacidade de captação de água de chuvas em outras regiões e não apenas no Litoral Norte Paulista.

Não foi possível, neste trabalho, fazer a análise da viabilidade econômica de implantação de um SAAP em pequenas residências do Litoral Norte Paulista. Entretanto, defende-se concepção alternativa do meio ambiente proposta por Cavini (2002, p.10):

“(...) a visão alternativa questiona se apenas a adoção desses instrumentos é o suficiente para alcançar um modelo de desenvolvimento sustentável. Compõem a concepção alternativa a chamada abordagem institucionalista e a abordagem evolucionista que, além de compartilhar de várias críticas a concepção neoclássica de meio ambiente, incluem em seu arcabouço teórico outros fatores além dos econômicos, como o desenvolvimento tecnológico e os valores éticos da sociedade para elaborar sua análise sobre o meio ambiente.” (CAVINI, 2002, p. 10)

Pode-se considerar um fator aliado a este pensamento, o próprio pensamento de Buarque (1984), segundo o qual na avaliação financeira e econômica de projetos, deve-se assegurar que o projeto será interessante e que haverá garantias que trará uma vantagem que justifique o esforço e ou o investimento.

Defende-se, nesta pesquisa, que a “justificativa” apontada por Buarque (1984) se dá, em parte, pelo baixo custo de implantação e manutenção de um SAAP em uma unidade residencial de pequeno porte, conforme apontam os estudos de Siqueira Campos (2004; 2012). Mas, principalmente, devido à “vantagem” em termos ambientais.

Conclui-se, no atual contexto de pesquisa, que o maior ganho não é o financeiro e sim, o de reduzir a agressão ao meio ambiente, qualquer que seja o volume captado da água da chuva, que, se bem aproveitado, torna qualquer SAAP viável do ponto de vista ambiental e, em se considerando que o sistema econômico

é parte do sistema ambiental, e não o contrário, conseqüentemente poder-se-á inferir que aquele será conseqüência deste.

Limitações e sugestões de trabalhos futuros

Encontraram-se, neste trabalho, algumas limitações de tempo e escopo, as quais não permitiram que se confirmasse, estatisticamente, a viabilidade técnica do uso de SAAP em residências de pequeno porte na cidade de Caraguatatuba e, conseqüentemente, em todo Litoral Norte Paulista, em função da similaridade no regime pluviográfico.

Apesar de ser possível inferir esta viabilidade técnica pelo fato de a pesquisa ter sido realizada em um período de longa estiagem.

Não foi possível, também, avaliar a viabilidade econômica de se implantar um SAAP em função dos volumes captados. Esta impossibilidade se deveu, principalmente, às limitações de tempo e recursos.

Porém, pode-se constatar que a maioria (quase unânime) dos trabalhos científico-acadêmicos pesquisados na Revisão Bibliográfica aponta a necessidade de ganho econômico como principal objetivo, conforme apontado, por exemplo, nas Fundamentações Teóricas dos trabalhos de Siqueira Campos (2004; 2012). Buarque (1984) defende que um projeto só é justificável por meio de sua avaliação financeira e econômica.

Entretanto, no presente trabalho, acredita-se que o fundamental não deve ser o ganho econômico como o critério mais importante. Mas, o maior retorno deve ser a preservação dos recursos hídricos que o uso de um SAAP pode proporcionar.

De qualquer maneira, poderia ser estudada a “vantagem” (BUARQUE, 1984) para uma ação em larga escala por meio de políticas públicas de investimento para a preservação ambiental, como, por exemplo, por meio de incentivos fiscais ou descontos nas contas de água.

Sugere-se que sejam aprofundados os estudos em que se vise à conscientização da população, de empreendedores e do poder público de que ações de sustentabilidade devem ter maior peso nas decisões que as razões meramente econômicas.

Referências

ABNT. **NBR 15527:2007**. Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007.

ATHAYDE JUNIOR, G, B.; DIAS, I. C. S.; GADELHA, C. L. M. Estudo da viabilidade econômica da captação de água de chuva em residências da cidade de João Pessoa. *In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA*, 6., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: [s.n.], 2007

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L. de; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005

BRASIL. MPOG - Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria Nacional de Política Urbana. Programa Nacional do Combate ao Desperdício de Água. **Documento técnico de apoio nº E1**. Brasília: MPOG, 1998.

BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos**. Rio de Janeiro: Campus, 1984. Traduzido do Espanhol por Maria do Carmo Duarte de Oliveira.

BURBARELLI, R. C. **Avaliação da Qualidade da Água Subterrânea e Microbiologia do Solo em Área Irrigada com Efluente de Lagoa Anaeróbia**. 2004. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

CARVALHO, G. S.; OLIVEIRA, S. C.; MORUZZI, R. B. Cálculo do volume do reservatório de um sistema de aproveitamento da água de chuva: Comparação entre métodos para aplicação em residência unifamiliar. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS: DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO*, 10., 2007, São Carlos, 2007. **Anais...** São Carlos: [s.n.], 2007.

CAVINI, R. A. **Instrumentos econômicos e gestão de águas: estudo para recuperação do reservatório Billings**. 2002. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

EVENARI, M., SHANAN, L.; TADMORE, N. **The Negev: the challenge of a desert**. Cambridge, MA: Havard University Press , 1971.

FANTINATTI, P. A. P. **Abordagem MCDA como ferramenta de mudança de paradigma no planejamento dos recursos hídricos**. 2011. 399 f. Tese (Doutorado

em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

_____; ZUFFO, A. C.; ARGOLLO FERRÃO, A. M. de. (Coord.) **Indicadores de sustentabilidade em Engenharia: como desenvolver**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

FIORI, S. **Avaliação qualitativa e quantitativa do potencial de reuso da água cinza em edifícios residenciais multifamiliares**. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using Rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 7, p. 2512-2522, 2007.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. Potential for potable water savings by combining the use of Rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 4, p.1731-1742, 2007.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva**. Curitiba: Organic Trading Editora, 2002. *apud* OLIVEIRA, S. M. **Aproveitamento da água da chuva e reuso de água em residências unifamiliares: estudo de caso em Palhoça – SC**. 2005. 148 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Programa de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

KAMMERS, P. C. **Projeto de instalação hidráulica com aproveitamento de água pluvial em um edifício residencial multifamiliar localizado em Florianópolis**. 2007. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MACHADO, R. P. **Análise da Viabilidade Ambiental e Econômica da Implantação de Dispositivo de Aproveitamento de Água Pluvial**. 2013. 124 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental e Urbana) Universidade Federal do ABC, Santo André. 2013.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MIELI, J. C. de A. **Reuso de água domiciliar**. 2001. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001.

OLIVEIRA, S. M. **Aproveitamento da água da chuva e reuso de água em residências unifamiliares: estudo de caso em Palhoça – SC.** 2005. 148 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Programa de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PETERS, M. **Potencialidades de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial.** 2006.109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ROCHA, A. L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. **Caracterização e Monitoramento do consumo predial de água. programa nacional de combate ao desperdício de água.** Documento Técnico de Apoio E1. Ministério do Planejamento e Orçamento: Brasília, 1998. *apud* ATHAYDE JUNIOR, G, B.; DIAS, I. C. S.; GADELHA, C. L. M. Estudo da viabilidade econômica da captação de água de chuva em residências da cidade de João Pessoa. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: [s.n.], 2007; *apud* SANTOS, C. A. G.; MAGNO, K.; PALMEIRA, M.; DANTAS, R.; BRAGA, I. Y. L. G. Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. In: ENCONTRO DE EXTENSÃO, 10. 2008, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2008.

ROCHA, V. L. **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações.** 2009. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SANTANA, M. V. **Análise de consumo de água: condomínio residencial em Florianópolis.** Trabalho apresentado na disciplina Uso Racional de Água em Edificações - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SANTOS, C. A. G.; MAGNO, K.; PALMEIRA, M.; DANTAS, R.; BRAGA, I. Y. L. G. Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. In: ENCONTRO DE EXTENSÃO, 10. 2008, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2008.

SIQUEIRA CAMPOS, M. A. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

_____. **Qualidade de investimentos em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial: uso de particles swarm optimization.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

TOMAZ, P. A **Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água.** São Paulo: Navegar, 2001.

TORDO, O. C. **Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis.** 2004. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

ZOLET, M. **Potencial de aproveitamento de água de chuva para uso residencial na região urbana de Curitiba.** 2005. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Pontifca Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.

ZUFFO, A. C. O Sol, o motor das variabilidades climáticas. **Revista DAE**, v. 63, n.