



## Feasibility Study of rainwater use in housing development

Joabe Mota Ramos<sup>2</sup>, Silvio Roberto Magalhães Orrico<sup>2</sup>, Eduardo Henrique Borges Cohim<sup>3</sup>, Luan Moreira Fernandes de Almeida<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Feira de Santana–BA.

Email: [joabemota.jm@gmail.com](mailto:joabemota.jm@gmail.com), [silvio.orrigo@uefs.br](mailto:silvio.orrigo@uefs.br), [edcohim@gmail.com](mailto:edcohim@gmail.com), [fernandes.uefs@gmail.com](mailto:fernandes.uefs@gmail.com)

**Received:** February 11<sup>th</sup>, 2017

**Accepted:** May 24<sup>th</sup>, 2017

**Published:** June 30<sup>th</sup>, 2017

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

The scarcity of water resources caused by poor distribution and demographic limitation of drinking water, make the reuse techniques, relevant measures to minimize the impacts caused by the lack of this feature in many locations. On this basis, this paper proposed the implantation of a system that is to capture rainwater through the roof in order to take advantage of it in toilets in a residential condominium. The technical-economic evaluation consisted on the relationship between the rainwater harvesting potential of the proposed system, demand supplied by him and the economy generated with its use as an alternative source of water supply. Rainfall data from the study area were collected from the database of the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) in a monthly series between the years 2000 to 2014. The study presented condominium is technically feasible, since the volume that can be captured by it is able to meet the monthly demand stipulated. By surveying costs of investment and the economy with water supply costs, it was found that the time needed to recoup the initial investment for the rainwater utilization system is 7 years, noting its economic viability.

**Keywords:** Rain Water Reuse, Economic Viability, Water Resources.

## Estudo da viabilidade do aproveitamento da água da chuva em empreendimento habitacional

### RESUMO

A escassez dos recursos hídricos ocasionada pela má distribuição e a limitação demográfica da água potável, tornam as técnicas de reuso, medidas relevantes para a minimização dos impactos causados pela falta deste recurso em muitas localidades. Com base neste quadro, este trabalho propôs a implantação de um sistema que consiste em captar água da chuva por meio dos telhados afim de aproveitá-la em bacias sanitárias em um condomínio habitacional. A avaliação técnica-econômica consistiu-se na relação entre o potencial de captação de água pluvial do sistema proposto, demanda suprida por ele e a economia gerada com a sua utilização como fonte alternativa de abastecimento de água potável. Os dados pluviométricos da região estudada foram coletados a partir do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em uma série mensal entre os anos de 2000 à 2014. O condomínio estudado apresentou-se viável tecnicamente, visto que o volume que pode ser captado por ele é capaz de atender a demanda mensal estipulada. Através do levantamento de custos de investimentos e a economia com custos de abastecimento de água, verificou-se que o tempo necessário para a amortização do investimento inicial para o sistema de aproveitamento de água da chuva é de 7 anos, constatando a sua viabilidade econômica.

**Palavras Chaves:** Aproveitamento de água de chuva, Viabilidade Econômica, Recursos Hídricos.

### I. INTRODUÇÃO

A adoção de sistemas de abastecimento de água que visam à diminuição de consumo e a busca por fontes alternativas de água têm se tomando uma prática cada vez mais necessária sob o ponto

de vista da disponibilidade dos recursos hídricos e da sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, o aproveitamento de águas pluviais se apresenta como uma alternativa socioambiental

responsável e possível economicamente, no sentido de suprir diversos tipos demandas, como abastecimento humano, irrigação de jardins e áreas verdes, lavagem de pisos, calçadas e fachadas, além de descargas em sanitários, desde que atendidos os adequados parâmetros de qualidade [1].

O aproveitamento da água de chuva apresenta a vantagem de minimizar o consumo de água do sistema público de abastecimento e o custo de fornecimento da mesma, além de diminuindo o volume de água e o pico de vazão no sistema de drenagem urbana, reduzindo erosões e inundações provocadas pelas

O Brasil registra um elevado desperdício de água tratada. Segundo dados da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) em 2013, cerca de 40% da água tratada para consumo se perde no caminho entre a captação de água e a distribuição predial, por conta das condições de implantação, operação e manutenção dos sistemas de abastecimento com um grande número de vazamentos em conexões e tubulações ao longo da rede.

Além destes, os desperdícios residenciais como o tempo necessário para se tomar um banho, mal uso de jatos d'água para limpeza de calçadas e na lavagem de carros, aumentam desnecessariamente a demanda de água dos mananciais.

O aproveitamento de água pluvial tem se mostrado importante para o abastecimento de águas em zonas rurais, em especial nas regiões semiáridas, onde as principais fontes disponíveis sofrem severas variações em decorrência da sazonalidade, no tempo e espaço [2]. Assim com o intuito de atenuar essa problemática, é comum encontrar cidades no semiárido nordestino a combinação de sistemas coletivos e sistemas individuais alternativos [3].

Como em Mairi, município localizado na região do semiárido baiano, onde muitas técnicas de manejo e aproveitamento da água da chuva tem sido adotadas pelos moradores, com a finalidade de contornar o péssimo serviço de abastecimento de água prestado pela concessionária local, [4] afirma que no município, as técnicas de armazenamento de água de chuva em reservatórios particulares são eficientes, visto que a cidade registrou em 2013, um dos mais baixos consumos per capita de água encanada do estado.

Além da região do semiárido baiano, em muitas outras regiões brasileiras tem-se adotado práticas de aproveitamento de água pluvial.

Em Vitória, ES, em um edifício residencial com uma população de 260 pessoas, foi projetado com um sistema de captação e tratamento de água de chuva e de águas cinzas (água provenientes da pia da cozinha) objetivando-se a reutilização destas águas para irrigação de jardins e alimentação dos terminais sanitários dos apartamentos do prédio. Este projeto rendeu à construtora, o selo de pioneirismo em aproveitamento de águas no estado do Espírito Santo [5].

Na cidade do Rio de Janeiro, o edifício da Universidade Petrobrás, com 52.500 m<sup>2</sup> de área construída, possui um sistema de aproveitamento de água da chuva com alto padrão de automação e atende as demandas de uso de vasos sanitários do prédio. Estima-se que atualmente a economia no consumo e no custo de água potável deste prédio alcance um percentual de 25% [5].

As vantagens financeiras e ambientais proporcionadas pelos diversos métodos de aproveitamento de água pluvial despertam o interesse das incorporadoras, tomando-os, em medidas relevantes na concepção de novos projetos, aumentando

ainda mais o número de edificações sustentáveis dotadas de sistemas de reutilização de água pelo território nacional.

A utilização de um Sistema de Aproveitamento da Água Pluvial (SAAP) pode promover a independência de um edifício em relação ao abastecimento de água pelo sistema público e contribui para a conservação da água e energia, além de reduzir erosões e enchentes ocasionadas pelas chuvas.

De acordo com [6] a implantação de SAAP em condomínios horizontais apresenta tempos de retorno aceitáveis, desde que se realize uma análise de Demanda do SAAP e Custos, visto que, na maioria das vezes, os custos com materiais, principalmente os reservatórios oneram o projeto de maneira significativa.

De maneira geral, nos vários tipos de edificação, um SAAP define-se em 6 etapas: Captação da água da chuva; Tratamento; Transporte da água; Armazenamento; Bombeamento (quando necessário) e a distribuição até o ponto de utilização da água aproveitada, sendo de crucial importância, a adoção de algumas recomendações, para a melhor eficiência do sistema.

O presente trabalho consiste na elaboração do projeto de um sistema de utilização da água da chuva para alimentação dos pontos de descargas sanitárias dos apartamentos do conjunto habitacional.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um conjunto habitacional, localizado na cidade de Feira de Santana-BA, composto por 18 blocos de 4 pavimentos, totalizando 696 apartamentos compostos por sala, cozinha, 2 quartos e um banheiro social. As 18 torres são distintas em suas tipologias: 7 com 8 apartamentos por andar, 7 com 10 apartamentos por andar e 4 com 12 apartamentos por andar.

O suprimento de água é realizado pela concessionária de abastecimento de água local, não sendo previsto inicialmente nenhuma prática de aproveitamento de água da chuva para atender as demandas de consumo de água.

O projeto foi baseado nos requisitos estabelecidos pela [7], Água da Chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. O Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva para o condomínio estudado possui 6 etapas:

- ✓ Captação realizada pelas coberturas das 18 torres do condomínio;
- ✓ Transporte da água da chuva pelas calhas e tubulações;
- ✓ Tratamento por dispositivos de limpeza como filtros, ralos e grelhas;
- ✓ Armazenamento em reservatórios inferiores;
- ✓ Bombeamento da água dos reservatórios inferiores para os reservatórios superiores;
- ✓ Distribuição da água por meio de tubulações, saindo dos reservatórios superiores até os pontos de utilização em vasos sanitários.

A estimativa de consumo da água em descargas sanitárias foi feita adotando-se coeficientes de consumo residenciais sugeridos na literatura, adaptando-os à finalidade do SAAP proposto por este trabalho. A tabela 1 a seguir, apresenta as estimativas de consumo de água para os diversos pontos de consumo nas instalações prediais.

Tabela 1: Estimativas de consumo diário de água em residências.

EQUIPAMENTO	CONSUMO DIÁRIO	
	(L/habitação.dia)	(%)
Bacia sanitária com caixa acoplada (6 L de descarga Ipd)	24	5
Chuveiro	238	55
Lavadora de roupa	48	11
Lavatório	36	8
Pia	80	18
Tanque	11	3
<b>TOTAL</b>	<b>437</b>	<b>100</b>

Fonte: Autores, (2016).

Baseado nas recomendações da [8], utilizou-se a equação  $I = \frac{716 * T_R^{0,241}}{(t+11)^{0,761}}$  para a determinação da intensidade pluviométrica de Feira de Santana.

Para o cálculo da demanda para alimentação de vasos sanitários do empreendimento estudado, considerou-se uma ocupação média de 3 habitantes/apto (baseado na atual ocupação do condomínio).

Estimou-se que o SAAP deveria atender a 25% da demanda necessária para alimentação de vasos sanitários de todos os apartamentos. Sendo assim, adotou-se que diariamente cada morador utilizará em média uma descarga com água coletado pelo sistema. Além disso, atribuiu-se o valor mínimo de 6,0 litros/descarga e um percentual de perda de 20% de água em cada descarga realizada, valores sugeridos por [9].

Baseado nas recomendações da [8], para a determinação da intensidade pluviométrica de Feira de Santana, utilizou-se a equação  $I = \frac{716 * T_R^{0,241}}{(t+11)^{0,761}}$

Com base nas diretrizes citadas em norma, dimensionaram-se os tubos de queda para o SAAP. Para as descidas horizontais; adotou-se tubos de PVC DN 100mm com inclinação mínima de 0,5%, as tubulações PVC (coeficiente de rugosidade = 0,011) dispostos em tal inclinação possuem capacidade de vazão de 204 l/min.

Para o dimensionamento do volume de armazenamento deste projeto, foram utilizados os dados de precipitações mensais entre os anos de 2000 e 2014, disponíveis no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) Provenientes da Estação Climatológica 83.221, localizada na Universidade Estadual de Feira de Santana.

Para o estudo de viabilidade econômica, foram utilizados os valores das tarifas de fornecimento de água tratada e serviço de esgoto sanitário cobradas pela EMBASA e o da tarifa de energia elétrica cobrada pela Companhia de Energia Elétrica da Bahia (COELBA) em 2015 (R\$0,54/KWh). A taxa de juros adotada foi de 1% ao mês [10].

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base no projeto arquitetônico do condomínio estudado, foram definidas as áreas de contribuição do telhado (ATC) área de contribuição horizontal (ACH) e a área de contribuições verticais (ACV). Destinadas ao aproveitamento de água da chuva, conforme apresentado na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Áreas de contribuição do telhados para captação de água de chuva.

TIPOLOGIA	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DO TELHADO (m²)			
	ACT	ACH	ACB	TOTAL
Blocos com 8 apt. por andar	373,50	12,5	104,00	490,00
Blocos com 10 apt. por andar	484,00	20,00	112,00	616,00
Blocos com 12 apt. por andar	576,00	27,00	126,00	730,00
<b>TOTAL</b>	<b>437</b>	<b>100</b>		<b>10.662,00</b>

Fonte: Autores, (2016).

Com base no projeto arquitetônico do condomínio estudado, as calhas possuem seção transversal de 0,20 x 0,70 m, confeccionadas por alvenaria convencional (coeficiente de rugosidade = 0,01) com declividade de 1%. Com base nas diretrizes da norma, os tubos de queda para o SAAP foram dimensionados, tendo o comprimento total de cada um destes de 12,30 metros. Para as descidas verticais, foram adotadas tubulações de PVC DN 100 mm, visando a simplificação do projeto ao se padronizar o diâmetro dos condutores para todas as 3 tipologias de blocos. As tubulações de PVC (com coeficiente de rugosidade de 0,011) dispostos nesta inclinação, possuem capacidade de vazão de 204 l/min. O valor de intensidade de chuva encontrado foi de 178 mm/h. Os valores de precipitação são apresentados na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3: Simulação do volume dos reservatórios de captação.

MÊS	Volume de Chuva Mensal (m³)	Demanda de Chuva (m³)	Diferença Acumulada (m³)	Nível do Reservatório
Janeiro	583,42	-126,42	0,00	E
Fevereiro	530,80	-73,80	0,00	E
Março	382,55	74,45	74,45	D
Abril	528,52	-71,58	2,87	S
Mai	710,26	-253,26	0,00	E
Junho	793,68	-336,38	0,00	E
Julho	604,41	-147,41	0,00	E
Agosto	419,14	37,86	37,86	D
Setembro	315,85	141,15	179,00	D
Outubro	312,95	144,05	323,05	D
Novembro	514,85	=57,85	265,21	S
Dezembro	382,38	74,62	339,82	D

Fonte: Autores, (2016).

No que se refere às diferenças acumuladas, admitiu-se a hipótese inicial do reservatório estar cheio. Os valores negativos não foram computados, pois, correspondem a meses em que há excesso de água (volume disponível superando a demanda). Os valores positivos foram somados, prosseguindo-se até a diferença se anule, desprezando-se todos os valores negativos seguintes, recomeçando-se a soma quando aparecer o primeiro valor positivo. A maior diferença acumulada encontrada corresponde ao volume de armazenamento necessário para a demanda para descargas sanitárias, que é de 339,80 m³.

Visando a padronização dos reservatórios e otimização na execução do sistema, adotou-se um conjunto de 18 reservatórios (cada torre possuirá 1 reservatório inferior) com capacidade para 20.000 litros (totalizando 360 mil litros) para o sistema que

atenderá as demandas internas. Além dos reservatórios inferiores, o SAAP conta com reservatórios superiores, cujo volume de armazenamento em cada bloco foi obtido através do produto entre o coeficiente de armazenamento e o consumo diário obtido através da demanda mensal. A tabela 4, a seguir, mostra o dimensionamento dos reservatórios para demanda em descargas sanitárias:

Tabela 4: Dimensionamento do reservatório superior de cada torre.

ITENS	VALORES
Demanda mensal (m <sup>3</sup> )	25,64
Consumo diário (L)	854,53
Coeficiente de armazenamento inicial	1,80
Armazenamento necessário (L)	1.538,16
Armazenamento adotado (L)	2.000,00
Coeficiente de armazenamento final	2,34

Fonte: Autores, (2016).

Os custos de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial são basicamente os custos com materiais e equipamentos e custos de serviços. E os materiais e equipamentos necessários ao sistema são os reservatórios de fibra de vidro, boias, filtros de limpeza, tubulações em PVC, conexões e registros, quadros elétricos e cabos elétricos. As tabelas 5 e 6 a seguir mostram os resumos dos custos com materiais, equipamentos e mão de obra para o sistema:

Tabela 5: Custo de materiais e equipamentos para instalação do sistema.

MATERIAIS EQUIPAMENTO	Und	Quant.	CUSTO (R\$)	
			Unitário	Total
Reservatório de 20.000 litros	Und	18	7.211,90	129.814,20
Reservatório de 1.000 litros	Und	36	455,78	16.444,08
Motor Bomba 0,5 CV	Und	36	428,95	15.442,20
Filtro de Areia	Und.	18	1.172,87	21.111,66
Filtro para descarte	Und	18	2.892,31	52.061,58
Tubos e Conexões – Água Fria	Conj.	18	3.756,29	67.613,22
Tubos e Conexões – Água Pluvial	Conj.	18	2.758,15	49.646,70
Adaptações e Reformas	Vb	1	27.500,00	27.500,00
<b>TOTAL</b>				<b>379.663,64</b>

Fonte: Autores, (2016).

Tabela 6: Custo de Serviço do SAAP.

SERVIÇO	Und	Quant	CUSTO (R\$)	
			Unitário	Total
Retroescavadeira	Dia		1.055,00	4.220,00
Mini-Carregadeira	Dia		670,00	3.350,00
Caçamba	Dia		1.000,00	5.000,00
Pedreiro	Dia		84,20	10.946,00
Encanador	Dia		84,20	11.788,00
Eletricista	Dia		84,20	505,20
Serventes	Dia		61,30	21.078,20
<b>TOTAL</b>				

Fonte: Autores, (2016).

O custo total para implementação do SAAP é então de R\$436.530,04 reais. Considerando custo do empreendimento de R\$ 44.500.000,00 (informação da construtora responsável), o custo de implantação deste SAAP representa apenas 1% do orçamento da obra.

Estima-se que mensalmente, o conjunto de 18 bombas de 0,5CV consuma cerca de 325 KWh (18,05 KWh por cada bomba). Sendo assim, o custo com o funcionamento das bombas é de R\$ 175,35. Além deste custo, estimou-se que cerca de R\$ 500,00 devam ser gastos mensalmente com limpezas e manutenção de todo o sistema perfazendo um total de R\$ 675,35.

Com a utilização do sistema de aproveitamento de água pluvial haveria uma redução mensal de 457,00 m<sup>3</sup> da água fornecida pela Embasa, uma economia mensal de cerca de R\$ 9.113,00. Este custo corresponde a cerca de R\$ 109.000,00 de economia anual com abastecimento de água para o condomínio.

Com o valor de Implantação do Sistema de R\$ 480.183,05 a economia mensal de R\$ 8.187,94 pela redução de custos de fornecimento de água e os custos operacionais mensais do SAAP, resultando em uma economia de. Obtendo, para o SAAP estudado, um tempo de retorno do investimento de 89 meses.

#### IV. CONCLUSÃO

A viabilidade de um sistema de aproveitamento de água pluvial depende basicamente dos fatores de precipitações regionais, superfícies de coleta da água da chuva como também a demanda de água a qual este projeto busque atender. O volume de água captada e aproveitada pelo sistema proposto neste trabalho foi considerado satisfatório, visto que, o sistema seja capaz de reaproveitar aproximadamente, 457 m<sup>3</sup> de água de chuva, reduzindo conseqüentemente cerca de R\$ 9.000,00 mensais ao condomínio com abastecimento de água pela concessionária local. Pôde-se concluir, através da análise econômica, que o sistema de aproveitamento de água da chuva se caracteriza como sendo uma técnica viável para o suprimento das demandas de vasos sanitários em um condomínio habitacional de porte semelhante ao objeto de estudo deste trabalho, visto que, o tempo de retorno de investimentos em torno de 7 anos, mesmo com previsão de adaptações e reformas.

#### V. REFERÊNCIAS

- [1] REDE COOPERATIVA DE PESQUISAS (PROSAB). **Manual para estudo de cianobactérias planctônicas em mananciais de abastecimento público: caso da represa Lomba do Sabão e lago Guaíba**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2009.
- [2] Silva, C. V., Heller, L., e Carneiro, M. **Cisternas para armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil: um estudo na área rural do semiárido de Minas Gerais**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.17 n.4, out/dez 2012, PÁG. 393-400.
- [3] Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília. DF. 2015.
- [4] Almeida, L. M. F. **Apresentação de uma experiência de captação de água da chuva em localidade urbana**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DA ÁGUA DA CHUVA. 9. 2014. Feira de Santana BA.

[5] Gonçalves, R. F. **Captação e Aproveitamento de Água da Chuva no Setor Urbano: Realidade e Perspectivas.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DA ÁGUA DA CHUVA. 8. 2012. Campina Grande-PB.

[6] Silva, A.C. **Avaliação econômica do aproveitamento de água da chuva em edificações para fins não potável: Estudo de caso de um mercado em Feira de Santana. Feira de Santana, 2010.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Feira de Santana.

[7] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.214 - **Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.** Rio de Janeiro, 1992.

[8] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.844 - **Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

[9] Barreto, D. **Perfil do consumo residencial e usos finais da água.** Programa de Mestrado em Habitação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo. v. 8, n. 2, Junho, 2008.

[10] ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Perdas Em Sistemas De Abastecimento De Água: Diagnóstico, Potencial De Ganhos Com Sua Redução E Propostas De Medidas Para O Efetivo Combate.** 2013. Disponível em: <<http://www.abesdn.org.br/pdf/EstudoGO/perdas.pdf>>. Acessado em 10 jul. 2014.