

## ANÁLISE DE INVESTIMENTO EM APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA: ESTUDO DE CASO PARA UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL EM FEIRA DE SANTANA - BA

**Iluska Barbosa Lins** <sup>(1)</sup>

Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. E-mail: iluska.lins@hotmail.com

**Paulo Romero Guimarães Serrano de Andrade** <sup>(2)</sup>

Professor Adjunto - Engenheiro Civil. ESA / CETEC / UFRB. E-mail: prserrano@yahoo.com.br; paulo@ufrb.edu.br.

### RESUMO

A escassez de água, seu mau uso pelos consumidores e o alto valor da mesma, quando tratada, força a população a buscar alternativas para o atendimento das diversas demandas. O aproveitamento de água de chuva, consideradas características físicas e socioeconômicas de diferentes regiões, é uma alternativa que já vem sendo empregada para melhorar as condições de acesso à água em muitas cidades do Brasil. O uso da água de chuva favorece a conservação da água e reduz a dependência excessiva das fontes de abastecimento. O presente trabalho determina a análise de investimento para implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva num condomínio residencial na cidade de Feira de Santana – BA. A capacidade do reservatório foi determinada pela aplicação do Método Australiano, como definido na NBR 15527:2007, avaliando-se a água de chuva aproveitável e as demandas para usos menos nobres, como em descargas de bacias sanitárias, rega de jardim, lavagem de passeios e de áreas impermeáveis. Pela aplicação dos métodos do Valor Presente Líquido e da Relação Benefício/Custo, os resultados atestam a viabilidade econômica do projeto, estimando-se em 4,2 anos o tempo (*payback*) de retorno de capital.

**PALAVRAS-CHAVE:** aproveitamento de água de chuva, uso não potável, viabilidade econômica.

### INTRODUÇÃO

Uma das preocupações atuais relacionadas ao meio ambiente diz respeito à água existente no planeta. Sua disponibilidade e o crescente consumo pela sociedade, aliado à diversidade de usos, apontam tendências preocupantes quanto à escassez relativa de água doce. Uma dessas diz respeito aos impactos da poluição hídrica que afeta, por vezes, a qualidade da água dos mananciais, reduzindo sua disponibilidade para consumo humano, animal e industrial.

A escassez relativa de água em regiões urbanas faz sofrer grandes contingentes populacionais, limita a atividade econômica e retarda o desenvolvimento da sociedade. Infelizmente, essa é a realidade atual em várias cidades brasileiras, cujo abastecimento se encontra ameaçado por problemas relacionados tanto com a quantidade quanto com a qualidade da água (GONÇALVES, 2006). O cenário atual, como o desenvolvimento desordenado das cidades e a poluição dos recursos hídricos, faz crescer a necessidade de se encontrar meios para a conservação da água, buscando formas alternativas de suprimento da mesma.

Entre as diversas alternativas, merecem destaque o reúso da água, a dessalinização e o aproveitamento de água de chuva. Segundo Bertolo (2006), a captação da água de chuva tem como vantagens principais: a redução do consumo de água potável e do custo de fornecimento da mesma; melhor distribuição da carga de água de chuva no sistema de drenagem urbana, ajudando a controlar as inundações nas cidades; e é uma medida de conservação de energia, pois a energia requerida para operar um sistema de abastecimento de água é reduzida. Como qualquer sistema, esse também possui suas desvantagens, como o custo da instalação do sistema de abastecimento de água de chuva e a diminuição do volume de água infiltrada no solo, principalmente nos períodos de seca, para o abastecimento dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos.

Sem o tratamento adequado, a água de chuva pode ser utilizada apenas para fins não potáveis nas residências, tanto nas áreas internas quanto nas áreas externas. Essas águas podem ser utilizadas nas descargas de bacias sanitárias, irrigação de jardins, lavagem de calçadas e pátios, sistemas de ar condicionado e em sistemas de combate a incêndios (VOLKWEIS, 2010).

## OBJETIVO

Esse trabalho tem como objetivo proceder a análise de investimento de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva, para fins não potáveis, em um condomínio residencial em Feira de Santana – BA.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O objeto de estudo é o Condomínio Residencial Lótus Residence, situado na cidade de Feira de Santana, BA, no bairro SIM. O empreendimento é composto por 42 residências unifamiliares, com área de uso comum integrando piscina, salão de festas, salão de jogos, academia, brinquedoteca, área de lazer com espaço gourmet, quadra de futebol gramada, além de área para estacionamento de veículos. No condomínio é intenso o uso de água potável para fins não nobres, como em áreas verdes e lavagem frequente de pisos, como na área de lazer, espaço gourmet e deck da piscina, além do salão de festas.

Nas áreas externas, existem 5 banheiros com 5 bacias sanitárias, sendo 2 na área da piscina, 2 no salão de festas e 1 na guarita. Além disso, o Condomínio Residencial Lótus Residence possui 480,10m<sup>2</sup> de área verde, composta por campo poliesportivo gramado e jardins, e 633,50m<sup>2</sup> de área impermeável, composta pelo salão de festas e área gourmet (234,60m<sup>2</sup>) e deck da piscina (398,9m<sup>2</sup>). Para todas essas instalações, o possível uso da água de chuva pode gerar uma economia significativa, com redução do volume de água potável e, conseqüentemente, da conta da água mensal cobrada pela concessionária EMBASA.

De acordo com a NBR 15527:2007, para o cálculo do volume de água de chuva aproveitável, deve-se utilizar a precipitação média anual, mensal ou diária. Para a elaboração desse trabalho, foram utilizadas as médias mensais obtidas a partir do banco de dados do INMET. Os dados consideram o período 1999 e 2015 e são referidos à estação meteorológica de Feira de Santana – BA, código 83221, localizada pela latitude 12.18 graus, e longitude -38.96 graus, altitude de 230,68m. A Tabela 1 apresenta os valores das médias mensais de pluviometria da estação código 83221.

**Tabela 1 - Médias pluviométricas mensais (mm) em Feira de Santana**

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	58,6	62,7	40,4	62,2	79,5	90,9	70,4	52,4	36,8	36,9	62,6	48,8

FONTE: Adaptado a partir de dados do INMET, 2016.

Pelas médias observadas, conforme Tabela 1, pode-se concluir que o período mais chuvoso em Feira de Santana compreende os meses de abril a julho. Para esse trabalho, admitiu-se que a água da chuva captada e armazenada será utilizada para usos menos nobres na área comum do condomínio, como para a rega de jardins e lavagem das áreas externas, além da utilização da água para descargas nas bacias sanitárias. Os parâmetros básicos considerados para estimativa das demandas para usos não potáveis no Condomínio estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2 - Parâmetros para estimativas de demanda da água não potável no Condomínio Lótus Residence**

Usos	Quantidade	Frequência/ mês	Quantidade de usuários	Quantidade mais provável de uso	Unidade	Volume (L)	Consumo mensal (L)
Descarga sanitária do salão	2un	2	30	1	descarga/ pessoa/4 horas	6	720
Descarga sanitária da área da piscina	2un	8	10	1	descarga/ pessoa/4 horas	6	960
Descarga sanitária da guarita	1un	30	1	3	descarga/ pessoa/dia	6	540
Lavagem da área impermeável	633,5m <sup>2</sup>	4	-	-	L/m <sup>2</sup> /dia	3	7.602
Rega do jardim	480,1m <sup>2</sup>	8	-	-	L/m <sup>2</sup> /dia	2	7.681,60
<b>TOTAL</b>							<b>17.503,60</b>

FONTE: Próprio autor.

A partir dos dados da Tabela 2, pode-se concluir que, por mês, o condomínio demanda necessariamente 17.503,6 l de água, ou seja, aproximadamente 17,5 m<sup>3</sup>/mês de água para atender os diversos usos não potáveis.

Para coleta da água de chuva, utilizou-se como área de captação os telhados das áreas comuns do condomínio: guarita, salão de festas e espaço gourmet, totalizando 244,5 m<sup>2</sup>.

Para determinar o volume do reservatório de armazenamento de água de chuva, utilizou-se o Método Australiano, visto que este tem uma base conceitual mais consistente, já que está suportado pela equação do balanço hídrico, até porque os demais métodos sugeridos pela NBR 15.527:2007 são empíricos.

Para o dimensionamento do reservatório, foram feitas algumas considerações preliminares: (a) Coeficiente de escoamento superficial do telhado= 0,8 (telha cerâmica); (b) Descarte (first flush): 2 mm da chuva captável, que será descarregada num reservatório em separado; (c) Nos meses de maior pluviometria na cidade, não será armazenada a água necessária para rega de jardim, pois se considera que a água de chuva atenderia a necessidade hídrica da grama dos jardins, o que reduz o volume do reservatório. Ou seja, nos meses de abril até julho, o cálculo não considera a rega dos jardins, resultando que a demanda total nesse período será de 9.822 L.

As demandas mensais do condomínio Condomínio Residencial Lótus Residence estão descritas na Tabela 3.

**Tabela 3 - Demanda mensal de água de chuva para usos não potáveis**

Mês	Descarga sanitária (L)	Rega de jardins (L)	Lavagem de área impermeável (L)	Demanda Total (L/mês)
Jan	2.220	7.681,6	7.602	<b>17.504</b>
Fev	2.220	7.681,6	7.602	<b>17.504</b>
Mar	2.220	7.681,6	7.602	<b>17.504</b>
Abr	2.220	0	7.602	<b>9.822</b>
Mai	2.220	0	7.602	<b>9.822</b>
Jun	2.220	0	7.602	<b>9.822</b>
Jul	2.220	0	7.602	<b>9.822</b>
Ago	2.220	7.681,6	7.602	<b>17.504</b>
Set	2.220	7.681,6	7.602	<b>17.504</b>
Out	2.220	7.681,6	7.602	<b>17.504</b>
Nov	2.220	7.681,6	7.602	<b>17.504</b>
Dez	2.220	7.681,6	7.602	<b>17.504</b>

FONTE: Próprio autor

Na análise de investimento foi considerado o Método do Valor Presente Líquido (VPL), que consiste em transformar todos os custos e benefícios envolvidos no projeto em valores presentes (instante zero), como descrito em Gomes (2009), sendo expresso pela equação 1.

$$\text{VPL} = \text{B} \cdot \text{FVP}_{i,e,n} - \text{I} - \text{C} \cdot \text{FVP}_{i,e,n} \quad \text{equação (1)}$$

Onde, B = Benefícios anuais (R\$); I – Custo de investimento para implantação do projeto (R\$); C = Custos anuais (R\$); FVP = Fator de valor presente (função da taxa de juros “i”, e do tempo). Ainda foi utilizado para o mesmo fim o Método da Relação Benefício/Custo, como referido em Montanhini (2008).

Para avaliar o tempo de retorno de capital (TR), também chamado de payback, a equação 2 indica quanto tempo é necessário para que os benefícios do projeto se igualem ao custo de investimento de implantação do mesmo.

$$\text{TR} = \text{I} / \text{BL} \quad \text{equação (2)}$$

Onde, TR = tempo de retorno não descontado (ano); I = custo de implantação do sistema (R\$); BL = benefício líquido esperado anual (R\$).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pela aplicação do Método Australiano, o volume do reservatório com dimensões adequadas para o atendimento das demandas do condomínio foi obtido a partir de tentativas, testando-se diferentes volumes na faixa de 3 a 10 m<sup>3</sup> e diferentes áreas de captação. No que tange às áreas de captação (telhados), testou-se inicialmente as áreas do telhado dos ambientes externos: salão de festas, espaço gourmet, brinquedoteca e guarita, totalizando 244,5m<sup>2</sup>. Porém, o volume de chuva aproveitável com base nessas áreas não foi suficiente para atender a demanda do condomínio.

Após alguns testes, determinou-se que seria necessário acrescentar a área do telhado de três residências próximas à área inicial (área adicional de 214,5m<sup>2</sup>) à área anterior utilizada, para reduzir custos em relação ao comprimento de

tubulação, totalizando ao final 459m<sup>2</sup> de área de captação. Foi feito também testes com os tamanhos do reservatório, visando à utilização do menor reservatório, pois também se economizaria no custo final do projeto, além de reduzir a área ocupada pelo mesmo no condomínio. A Tabela 4, estruturada em Excel, apresenta os resultados alcançados.

**Tabela 4 - Volume do reservatório de acordo com o Método Australiano**

Mês	Pmedia mensal (mm)	P-I (mm)	Área de captação (m <sup>2</sup> )	C	Vol. Mensal de Chuva Qt (m <sup>3</sup> )	Demanda Dt (m <sup>3</sup> )	V <sub>t-1</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )
Jan	58,6	56,60	459,00	0,80	20,78	17,504	0,00	<b>3,28</b>
Fev	62,7	60,70	459,00	0,80	22,29	17,504	3,28	8,07
Mar	40,4	38,40	459,00	0,80	14,10	17,504	8,08	4,68
Abr	62,2	60,20	459,00	0,80	22,11	9,822	4,68	16,96
Mai	79,5	77,50	459,00	0,80	28,46	9,822	10,00	28,64
Jun	90,9	88,90	459,00	0,80	32,64	9,822	10,00	32,82
Jul	70,4	68,40	459,00	0,80	25,12	9,822	10,00	25,29
Ago	52,4	50,40	459,00	0,80	18,51	17,504	10,00	11,00
Set	36,8	34,80	459,00	0,80	12,78	17,504	10,00	5,27
Out	36,9	34,90	459,00	0,80	12,82	17,504	5,27	0,58
Nov	62,6	60,60	459,00	0,80	22,25	17,504	0,58	5,33
Dez	48,8	46,80	459,00	0,80	17,18	17,504	5,33	5,01

FONTE: Próprio autor

Os valores descritos na Tabela 4 podem ser entendidos acordo com as seguintes considerações: (a) Chuva captável (P – I), a chuva utilizada no cálculo foi determinada através da média mensal do mês analisado subtraindo 2mm (first flush) para limpeza do telhado; (b) Área de captação: soma das áreas dos telhados comuns no condomínio com a área do telhado de três residências; (c) Volume mensal (Qt) de chuva aproveitável: volume que a área analisada capta por mês, ou seja, a multiplicação entre a chuva captável, a área coletada e o coeficiente de escoamento; (d) V<sub>t-1</sub> - volume de água que terá armazenado no reservatório após todas as demandas serem atendidas; (e) V<sub>t</sub> - volume total armazenado no reservatório, sendo a diferença entre o volume mensal da chuva e a demanda do condomínio, somado o volume armazenado no mês anterior.

Ao final dos testes realizados, inclusive com a ampliação da área de captação para 459m<sup>2</sup>, comprovou-se que um reservatório de 10 m<sup>3</sup> de armazenamento é o suficiente para o atendimento das demandas de água não potável projetadas para o condomínio.

Para estimativa dos custos de sistema de aproveitamento de água de chuva foram utilizados valores de orçamento apresentados por MIRANDA e FILL (2009), considerando os serviços de escavação do solo, estruturas de concreto, redes hidráulicas, rede elétrica, moto-bomba, filtros e acessórios. Tais valores foram atualizados de acordo com o INCC (Índice de Variação dos Custos da Construção Civil) e estão descritos na Tabela 5.

**Tabela 5 - Custos de implantação para diferentes volumes de reservatórios**

Reservatório (m <sup>3</sup> )	Custo implantação em 2009 (R\$)	Índice Variação do INCC (2009-2015)	Custo implantação em Dez/2015 (R\$)
15	8.980,50	1,5918	14.295,80
10	6.515,43		10.371,72
5	4.050,36		6.447,65
1	2.390,30		3.805,05

FONTE: adaptado de MIRANDA e FILL (2009)

Utilizando-se os valores da Tabela 5, o custo de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva (com reservatório inferior de V= 10m<sup>3</sup> e superior de 1,0m<sup>3</sup> para garantir a pressão da água), foi estimado em R\$ 14.176,77.

Como o horizonte do plano é de 10 anos, estimou-se que os custos com operação e manutenção do sistema, ao longo desse período, é de 5% do investimento do sistema. Ou seja, o custo anual com esses serviços citados será de, aproximadamente, R\$708,84.

Logo, no caso do condomínio em estudo, para o consumo médio do mesmo que é de 19 m<sup>3</sup>/mês de água proveniente da Embasa, os valores cobrados pela concessionária é de R\$ 23,00, para até 10m<sup>3</sup>, acrescentando R\$ 6,87 por m<sup>3</sup> de água consumida acima do volume mínimo. No condomínio, ainda não é cobrada a taxa de esgoto, pois no bairro em que o mesmo se localiza, a rede coletora ainda está em fase de implantação.

Como o sistema foi dimensionado para a utilização de água para fins não potáveis, o consumo médio calculado será reduzido. De acordo com a demanda calculada, a quantidade aproximada de água utilizada para tais fins é de, aproximadamente, 17,5 m<sup>3</sup>/mês (Tabela 3), ou seja, os cálculos foram feitos considerando esse volume.

Assim, para um volume de 17,5 m<sup>3</sup> de água na tarifa de R\$ 23,00, para até 10m<sup>3</sup>, acrescentando R\$ 6,87 por m<sup>3</sup> de água consumida acima do volume mínimo, o custo total relativo à água economizada mensalmente é de, aproximadamente, R\$ 281,53, ou seja, R\$ 3.378,36 por ano.

O principal benefício tangível considerado no estudo é a não necessidade de aquisição de água da rede pública, uma vez que é utilizada a água pluvial para as atividades específicas já apresentadas. É importante ressaltar que não foi considerada a variação no valor da cobrança de água, porém, se isso acontecesse a cada ano, essa diferença traria mais benefícios ainda para o condomínio pois, a cada ano, o valor gasto com as contas pagas à concessionária seria maior.

Para determinação do Valor Presente Líquido (VPL) e a relação Benefício/Custo (B/C), foram considerados:

- Benefício: considerou-se os valores da economia que o condomínio fará devido a não necessidade do pagamento da água potável que seria fornecida pela concessionária, ou seja, R\$ 3.378,36/ano;
- Custos: relativos à manutenção e operação do sistema, ou seja, R\$ 708,84/ano;
- Investimento: considerou-se o custo com implantação do reservatório igual a R\$ 14.176,77.

A Tabela 6 apresenta resultados das análises de VPL e relação B/C, cujos valores consideram a aplicação de uma taxa anual de juros de 12% ao ano, taxa básica de juros usualmente aplicada no mercado financeiro para captação de recursos.

**Tabela 6 - Valores de VPL e B/C**

Ano (n)	Investimento (R\$)	Benefício anual (R\$)	Custo anual (R\$)	i (%)	FVP (i,n)	VPL (R\$)	B/C
1	14.176,77	3.378,36	708,84	12	0,893	-11.793,27	0,20
2	14.176,77	3.378,36	708,84	12	1,690	-9.665,15	0,37
3	14.176,77	3.378,36	708,84	12	2,402	-7.765,03	0,51
4	14.176,77	3.378,36	708,84	12	3,037	-6.068,51	0,63
5	14.176,77	3.378,36	708,84	12	3,605	-4.553,75	0,73
6	14.176,77	3.378,36	708,84	12	4,111	-3.201,29	0,81
7	14.176,77	3.378,36	708,84	12	4,564	-1.993,73	0,89
8	14.176,77	3.378,36	708,84	12	4,968	-915,56	0,95
9	14.176,77	3.378,36	708,84	12	5,328	47,10	1,00
10	14.176,77	3.378,36	708,84	12	5,650	<b>906,61</b>	<b>1,05</b>

i - Taxa de Juros Anual; FVP – Fator de Valor Presente; VPL – Valor Presente Líquido; B – Benefício; C – Custo

FONTE: Próprio autor

Na coluna “Investimento” da Tabela 6 foi considerado o valor do reservatório. Esse valor foi levado em consideração em todos os anos apenas para fins de cálculo, pois todos os valores para o cálculo do VPL e do B/C foram a valor presente. Para benefício anual e custo anual, foram considerados a não aquisição da água potável e os custos com manutenção e operação do sistema, respectivamente. Para a análise do investimento do sistema, levou-se em consideração a taxa de 12% a.a (coluna “i%”) e o horizonte do projeto (“n”). A partir daí, determinou-se o FVP para o cálculo do VPL e B/C.

Para que se considere um investimento como atrativo, o VPL deve ser maior que 1, portanto, conclui-se, através dos cálculos, como descritos na Tabela 6, que o projeto de aproveitamento de água de chuva é atrativo economicamente, pois o VPL foi de R\$ 906,61 Para a determinação do índice B/C, foi considerada a relação entre benefício e os custos da implantação do sistema. Como se apresenta na Tabela 6, percebe-se que a relação B/C igual a 1,05, ao final do horizonte de projeto, ratifica ser o empreendimento economicamente atrativo.

Para determinar o tempo de retorno do capital investido, levou-se em consideração o investimento feito (custo com a implantação do sistema) e o benefício líquido esperado (não aquisição de água potável):

$$TR = I/BL = 14.176,77/3.378,36 = 4,2$$

equação (3)

Da equação 3 se conclui que em 4 anos e 2 meses, aproximadamente, o condomínio já terá retorno do capital investido na implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva, pois o capital que foi investido para implantação do reservatório, no aspecto econômico, já terá sido recuperado.

## CONCLUSÃO

Através da aplicação do Método Australiano, determinou-se ser necessário um reservatório de 10m<sup>3</sup>, estimando-se um reservatório superior para distribuição de água de chuva com 1m<sup>3</sup>. Os cálculos tiveram por base a demanda de 17,5 m<sup>3</sup>/mês em uma área de captação de 459,0m<sup>2</sup>.

Ao final desse trabalho, observou-se que a implantação do sistema de captação e armazenamento de água de chuva no condomínio é uma solução viável, trazendo economia significativa para o condomínio. O capital investido para tal implantação será recuperado em, aproximadamente, 4 anos e 2 meses.

Para a realização desse trabalho, a principal limitação foi a falta de uma série de pluviometria mais longa, pois quanto mais informações desse tipo, melhor a precisão do estudo.

Além disso, vale lembrar que nesse estudo não foi levado em consideração o aumento anual no valor da água fornecida pela concessionária. Ao considerar esse valor, o benefício do condomínio será maior a cada ano.

Como recomendações para futuros trabalhos, sugere-se:

- Comparar os resultados do dimensionamento do reservatório obtidos através do Método Australiano, usado nesse estudo, com os outros métodos recomendados pela NBR 15527/07.
- Atualizar os custos de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva utilizando preços para materiais e mão de obras praticados na região.
- Analisar a possibilidade de estender o sistema de captação de água de chuva para todo o condomínio, utilizando a água captada nas próprias residências, o que irá gerar uma economia maior do que a encontrada.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Água de Chuva - Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para Fins Não Potáveis. 1ª ed., NBR 15527:2007.

BERTOLO, E. DE J. P. Aproveitamento da água da chuva em edificações. [s.l.] Universidade do Porto, 2006.

GOMES, H. P. Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento: Análise Econômica de Projetos. Editora Universitária UFPB. João Pessoa, 2009.

GONÇALVES, R. F. Uso Racional da Água em Edificações. Prosab/ABES, v. 1, p. 352, 2006.

MIRANDA, A. A. , FILL, H. D. O. A. Avaliação da viabilidade do abastecimento doméstico a partir da coleta das águas pluviais. In.: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campro Grande - M.S. 2009.

MONTANHINI, L. R. A. Economia de Engenharia. Material Didático. 2008.