



Estudos para o dimensionamento do aproveitamento de águas pluviais em uma residência unifamiliar

Nicole Mendonça de Freitas¹, Juliano Rodrigues Gimenez²

¹UCS/ Universidade de Caxias do Sul (nmfreitas@ucs.br)

² UCS/ Universidade de Caxias do Sul (jrgimene@ucs.br)

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo realizado em uma residência unifamiliar visando analisar a aplicabilidade e a viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, dimensionado a partir de um comparativo entre cinco métodos de dimensionamento. O sistema de aproveitamento de água da chuva foi dimensionado para fins de irrigação, lavagem de pisos, calçadas e veículos, bem como para descarga de vasos sanitários. Os resultados demonstram que o projeto é viável economicamente, porém com um longo tempo de retorno do investimento. No entanto, extrapolando os resultados obtidos a partir dos dimensionamentos executados para esse estudo de caso, pode-se constatar que se caso 30% da população do município em questão adotasse esse tipo de medida, isso implicaria em uma redução do consumo de água potável de aproximadamente 4 milhões de metros cúbicos.

Palavras-chave: Águas Pluviais. Viabilidade Econômica. Residência Unifamiliar

Área Temática: Economia e Meio Ambiente

Studies for the dimensioning of the use of rainwater in a single family residence

Abstract

This scientific article presents a study made in a single family residence aiming to analyze the applicability and the economic viability of a rainwater use system, dimensioned from a comparative between five sizing methods. The rainwater use system has been designed for irrigation, floor and vehicles washing, as well for the discharge of toilets. The results demonstrate that the project is economically viable, however with a long return on investment. Nevertheless, extrapolating the results obtained from the sizing done for this case study, it is possible to verify that if 30% of the population of the municipality in question adopted this type of measure, this would lead to a reduction in potable water consumption of approximately 4 million cubic meters.

Key words: Rainwater. Economic Viability. Single Family Residence.

Theme Area: Economy and Environment



1 Introdução

Uma vez que grande parte das águas utilizadas em residências são para fins não-potáveis, é preciso que sejam pensados sistemas que possam melhor aproveitar tais águas e que evitem o uso de água potável para esses fins. Conforme Ferraz e Silva (2015), cerca de 70% da água potável é utilizada em banhos, lavagem de roupas e descarga sanitária, ou seja, grande parte dessa água poderia ser proveniente de fontes não potáveis, o que evitariam custos desnecessários e a utilização de recurso natural em escassez. Nesse aspecto, o aproveitamento de águas pluviais surge como uma alternativa para substituição do uso potável para fins não-potáveis. Além disso, segundo Gonçalves et al. (2006), a captação da água da chuva auxilia também na conservação de energia, uma vez que há um significativo consumo de energia na operação de tratamento de água, bem como no sistema de distribuição para as residências.

Um sistema de captação de água da chuva deve considerar a área disponível para coletar a água, a vazão de água disponível, a estimativa de demanda e o dimensionamento de um reservatório de armazenamento, este considerando os períodos de seca da região. Isto posto, o artigo em questão visa apresentar os diferentes métodos de dimensionamento de reservatório, bem como uma análise comparativa da viabilidade de implantação desse sistema após a residência ter sido construída e antes de sua construção, de forma a apresentar qual situação é mais compensatória. Tal situação será apresentada para uma residência unifamiliar de aproximadamente 100 m², de classe média de um município localizado no estado do Rio Grande do Sul. Além disso apresenta uma análise realizada a partir da extração dos resultados encontrados para esse estudo de caso, avaliando o impacto positivo decorrente da aplicação de sistemas de aproveitamento de forma mais disseminada no município em estudo.

Os resultados desse trabalho intencionam contribuir com as discussões a respeito de alternativas sustentáveis para a redução do consumo excessivo dos recursos ambientais, bem como apontar soluções factíveis nesse sentido, que poderiam ser alvo inclusive de políticas públicas, com incentivos para a sua implementação.

2 Descrição dos métodos de dimensionamento do volume de reservação

Em projetos de dimensionamento de aproveitamento de águas pluviais, é necessário considerar todos os elementos, quais sejam: área de coleta, sistema de condução (calhas e condutores verticais e horizontais), filtros, reservatórios, bombeamento e sistema de distribuição. Normalmente um dos elementos que apresenta maior atenção para o seu adequado dimensionamento da capacidade e necessidade de reservação. Para tal, há distintos métodos citados tanto pelas NBR 15.527, quanto pela literatura especializada no tema. Cada método pode resultar em valores bastante distintos de volume de reservação, sendo adequado que a cada caso se avaliem bem as alternativas possíveis e considere-se ainda a situação particular de risco de falta de água pluvial para suprimento.

Para que o dimensionamento do reservatório fosse realizado, foram utilizados cinco métodos diferentes, onde posteriormente foi feito um comparativo e então foi escolhido o resultado a partir do método que mais se aplica ao caso.

- **Método do número de dias sem chuva:** esse método consiste em ajustar o número máximo de dias consecutivos sem chuva em um ano, relacionado a uma série histórica de chuvas (DORNELLES; TASSI; GOLDENUM, 2010). Para tanto, segundo Gonçalves et. Al (2006), é preciso que seja feito um levantamento das demandas não potáveis internas e externas da residência, juntamente com a estimativa de produção de água da chuva.
- **Método de Rippl:** diferentemente do método anterior, conforme Thomaz (2003 apud RUPP, MUNARIM e GHISI, 2011, p. 52), essa metodologia utiliza as séries



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

históricas mais longas de precipitação, em forma de vazão alimentadora do reservatório. É preciso ter a demanda média de água da chuva, a área de captação e o coeficiente de escoamento superficial (runoff). De acordo com Rupp, Munarim e Ghisi (2011), são utilizadas a eq. (1) e a eq. (2) para o dimensionamento.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (1)$$

Onde: $S(t)$ é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t , $D(t)$ é a demanda ou consumo de água pluvial no tempo t e $Q(t)$ é o volume de água pluvial no tempo t .

$$Q_{(t)} = C \times P \times A \quad (2)$$

Onde: P é a precipitação média no tempo t , A é a área de captação e C é o coeficiente de escoamento superficial.

- **Método da Simulação:** para este método, busca-se a determinação de um percentual de consumo que deve ser atendido conforme um tamanho de reservatório definido previamente. (RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011). Para isso, o dimensionamento considera que o reservatório está cheio no início do tempo “ t ” e que a série histórica é válida para as condições futuras. Para tanto, são utilizadas a eq. (3) e a eq. (4).

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (3)$$

Onde: $0 \leq S(t) \leq V$, $S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t , $Q(t)$ é o volume de chuva no tempo t , $S(t-1)$ é o volume de água no reservatório no tempo $t-1$, $D(t)$ é o consumo ou demanda no tempo t e V é o volume do reservatório fixado.

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (4)$$

Onde: C é o coeficiente de escoamento superficial.

- **Método Azevedo Neto:** de outra forma, este é um método prático, o qual visa obter um volume de armazenamento a partir de uma equação (eq. (5)). Uma vez que a norma NBR 15.527 (ABNT, 2007) não especifica como deve ser determinado o número de meses com pouca chuva, os autores Dornelles, Tassi e Goldenfum (2010) sugerem que para meses com precipitação inferior a 100 mm considere-se esse um mês de pouca chuva. Caso não haja um mês nessa condição, sugere-se um mínimo de 1 mês com pouca chuva.

$$S = 0,042 \times P \times A \times T \quad (5)$$

Onde: S é o volume de água no reservatório, P é a precipitação média anual, A é a área de captação e T é o número de meses com pouca chuva.

- **Método Inglês:** Este método também se utiliza de uma equação (eq. (6)) para o dimensionamento do reservatório. É um método prático e direto, que considera 5% do volume anual de água pluvial captada. (DORNELLES; TASSI; GOLDENFUM, 2010).

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (6)$$

Onde: P é a precipitação média anual e A é a área de captação.



3 Metodologia

Para que as técnicas de dimensionamento da capacidade dos reservatórios pudessem ser devidamente aplicadas para o caso específico de uma residência unifamiliar, foi necessário coletar diferentes parâmetros de entrada, como precipitação média anual, demanda, área de captação, entre outros. Para tanto, foram utilizados os dados pluviométricos da estação localizada mais próxima ao ponto de captação. Primeiramente, definiu-se a área de captação a ser utilizada, para então avaliar o suprimento suficiente ou não do sistema. Para as demandas não-potáveis da residência, considerou-se a soma das demandas internas e externas, correspondendo respectivamente às demandas de vaso sanitário e máquinas de lavar e às demandas de jardins, áreas impermeabilizadas e lavagens de veículos.

Para a demanda do vaso sanitário, foram considerados cinco habitantes, um consumo médio de 7 L por descarga, e cerca de cinco descargas por dia. Já para a máquina de lavar, considerou-se um consumo de 155 L por ciclo, uma frequência de lavagem de 4 vezes por semana e um coeficiente de carga de 0,2. Em contrapartida, a demanda para irrigação de jardins levou em consideração uma área de 38 m², um consumo médio de 2 L/d/m² e uma frequência de duas vezes por semana. Para a área impermeável considerou-se 185,94 m², um consumo de 2 L/d/m² e uma frequência mensal. Por fim, para a lavagem dos veículos, foi levado em consideração uma quantidade de quatro veículos, um consumo médio de 80 L/lavagem e uma frequência de lavagem mensal.

Além desses dados, foi preciso saber o custo de construção da residência para que pudesse ser feito o comparativo dos custos de implantação do sistema de águas pluviais antes e depois da construção. Para tanto, uma vez que a residência foi construída há mais de vinte anos, utilizou-se uma estimativa realizada a partir dos dados fornecidos pela SINDUSCON-RS, através do Custo Unitário Básico – CUB de 2017, para o município de Caxias do Sul. Para uma residência unifamiliar com padrão de acabamento normal, considera-se um custo de R\$1.735,15/m². Isto posto, considerou-se também, que o lote atual da residência é valorado em R\$360.000,00, atualmente.

4 Resultados e Discussões

Demandas não-potáveis de água

Uma vez que os dados de consumo foram levantados, foi possível estimar as demandas não-potáveis de água, sendo que para as demandas internas obteve-se um valor de 0,26 m³/dia, ou 7,8 m³/mês, utilizando-se uma média de 30 dias. Para as demandas externas, obteve-se um valor de 0,055 m³/dia, ou 1,65 m³/mês. Portanto, tem-se uma demanda total de 9,45 m³/mês de águas destinadas para fins não-potáveis, a qual será totalmente suprida através do abastecimento por águas pluviais.

Volume dos reservatórios

Uma vez que os reservatórios foram dimensionados utilizando-se de cinco diferentes métodos, foi possível avaliar qual se adequaria melhor à situação da residência. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Tabela 1 – Comparativo dos volumes obtidos a partir dos diferentes métodos

Método de Dimensionamento	Volume (m ³)
Método dos dias sem chuva	6,58
Método de Rippl	7,05
Método da Simulação	9,00
Método Azevedo Neto	5,58
Método Inglês	6,65

Fonte: A autora (2017)

A partir dos resultados obtidos, pode-se perceber que o método da Simulação superestima o volume do reservatório, uma vez que utiliza uma maior quantidade de dados para o seu dimensionamento, considerando a necessidade e ou possibilidade de acumular-se o maior volume de água de chuva disponível a cada mês. De acordo com Amorim e Pereira (2008), existem métodos mais conservadores e métodos de superdimensionamento, porém, é preciso avaliar os interesses finais juntamente com a região de implantação.

Além disso, entende-se que para cada caso é possível considerar-se também o risco de desabastecimento a partir das águas pluviais, o que eventualmente poderia então ser suprido pela água de abastecimento público convencional. Assim, considerou-se que de todos os resultados, o que mais se aplicaria à situação da residência em questão, seria o método Azevedo Neto, que resulta no menor volume de reservação, de 6 m³, o que consequentemente terá o menor custo de implantação.

Custo de construção da residência

A residência na qual o trabalho se desenvolveu é do tipo unifamiliar, com um padrão de acabamento básico e uma área construída de 94,5 m². Portanto, sabendo-se que o custo por metro quadrado construído é de R\$ 1.735,15, e que o terreno vale R\$360.000,00, tem-se que o custo de construção da residência aliado ao valor do lote é de R\$523.971,68, em valores atuais (ano base: 2017).

5 Resultados e Discussões

O estudo de caso em questão possibilita uma economia de água potável através da substituição desta por água pluvial. De forma quantificada, isso representa uma redução no consumo de água potável, entre demandas internas e externas, de 82,8 m³ por ano. Considerando o custo da água no município onde a residência está localizada, este consumo significa uma economia de R\$1.754,28 com os custos de água anualmente.

Além disso, levando em consideração um custo de implantação de R\$9.048,14, e um custo de operação e manutenção do sistema de R\$162,40, foi possível verificar a viabilidade econômica do projeto. Para tal análise foram considerados conceitos de valor presente líquido – VPL, taxa interna de retorno – TIR, tempo de retorno do investimento e relação benefício-custo – B/C. Conforme Vieira Sobrinho (2000), o valor presente líquido é “uma técnica de análise de fluxos de caixa que consiste em calcular o valor presente de uma série de pagamentos (ou recebimentos) iguais ou diferentes a uma taxa conhecida, e deduzir deste o valor do fluxo inicial”, sendo que, segundo o mesmo autor, o investimento se apresenta viável quando o VPL resulta em um valor positivo.

Somando-se a isso, segundo Vieira Sobrinho (2000), a TIR é “a taxa que equaliza o valor presente de um ou mais pagamentos (saídas de caixa) com o valor presente de um ou

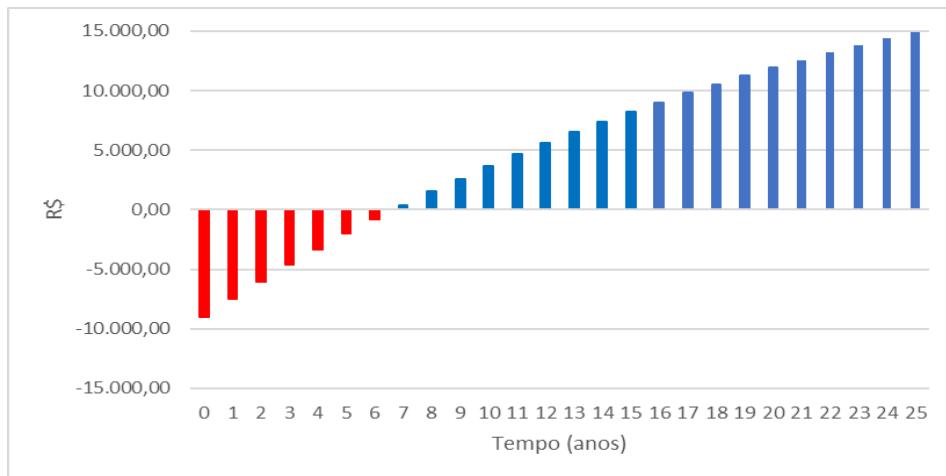


6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

mais recebimentos (entradas de caixa).” Isto posto, a análise realizada apresentou-se viável economicamente, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Saldo de caixa em valor presente líquido



O investimento apresentou um VPL de R\$14.926,53, um B/C de 2,30 e uma TIR de 20,24%, no entanto começa a apresentar retorno financeiro apenas 6 anos após a implantação do projeto, o que pode ser considerado um tempo relativamente longo para tal situação. Porém, deve-se levar em consideração os benefícios ambientais que surgem a partir da implantação do mesmo, como por exemplo a redução do consumo de água potável, que contribui para a redução dos custos que o município tem com captação, tratamento e distribuição de água. Além disso, pode-se dizer que a utilização das águas pluviais também pode contribuir para a atenuação dos picos de precipitação, contribuindo para a redução dos alagamentos nas ruas.

6 Conclusão

Considerando o levantamento de dados realizado, buscou-se avaliar a implantação de tal sistema no âmbito econômico, de forma a verificar a viabilidade do sistema em residências com características semelhantes ao do local apresentado neste artigo. A análise de viabilidade econômica considerou os benefícios tangíveis do projeto, os quais, segundo Oda (2017), são aqueles em que é possível estimar, quantificar, atribuir um valor percentual, ou seja, atribuir um valor para cada benefício.

É preciso salientar que pode ser mais vantajoso implantar o sistema de aproveitamento de águas pluviais durante o processo construtivo de uma residência, do que após a mesma já estar pronta. Usando o estudo de caso em questão, e considerando que o custo de construção de uma residência com as dimensões apresentadas anteriormente, juntamente com o valor do terreno onde a mesma está implantada, seja de R\$523.971,68, é possível verificar que a implantação do sistema no momento da construção causaria um acréscimo de 2,85% no valor total da construção.

Dessa forma, pode-se concluir que o projeto contribui de forma positiva para o meio ambiente e para a sociedade num todo, uma vez que considerando-se que 30% das residências do município em questão implantam um projeto semelhante ao sugerido, isso representaria uma economia de aproximadamente 4 milhões de metros cúbicos de água por ano, o que é equivalente a aproximadamente a capacidade de armazenamento da barragem do Maestra, localizada no município de Caxias do Sul. Ou seja, embora pareça uma ação simples a ser



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

tomada em uma única residência, é algo que se torna bastante significativo para o município e para a população.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527: Aproveitamento de água de chuva para fins não-potáveis em áreas urbanas.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

DORNELLES, F.; TASSI, R.; GOLDENFUM, J. A. **Avaliação das Técnicas de Dimensionamento de Reservatórios para Aproveitamento de Água de Chuva.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. 2010, v. 15, n. 2, p. 59 – 68.

FERRAZ, M. F. A.; SILVA, E. M. da. Estudo de Viabilidade de um Sistema de Tratamento para Reutilização de Água em Finalidades Domiciliares Diversas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p.702-712, dez. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/17648/pdf>>. Acesso em: 14 maio 2017.

GONÇALVES, R. F. et al. Programa de pesquisa em saneamento básico. **Uso racional da água em edificações.** Vitória: Prosab, 2006. 332 p. (Prosab ; 4).

ODA, Orlando. **Vantagens do ERP:** Os Benefícios Tangíveis e Intangíveis do Sistema ERP. 2017. Disponível em: <<http://www.otk.com.br/blog/vantagens-erp-beneficios-sistema/>>. Acesso em: 21 out. 2017.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p.47-64, set. 2011.

VIEIRA SOBRINHO, José Dutra. **Matemática financeira.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 409 p.