



Análise crítica de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial

Estudo comparativo dos municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC)

Ana Paula de Godoy Lopes¹ ; Daniel Augusto de Miranda²

¹ Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (anapauladegodoy@hotmail.com)

² Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (daniel.miranda1@izabelahendrix.edu.br)

Resumo

O objetivo deste artigo consiste em comparar os resultados de dois métodos para o dimensionamento do reservatório de água pluvial sugeridos na norma brasileira NBR 15527/2007 e o programa computacional Netuno. Foram calculados os volumes de reservatório para residências em três capitais brasileiras, Belo Horizonte, Recife e Rio Branco, escolhidas por apresentarem características distintas de precipitação. Utilizaram-se, para tanto, dados de três estações pluviométricas com base temporal comum de 44 anos, entre janeiro de 1970 e dezembro de 2014. Observou-se haver maior ou menor dispersão dos resultados entre os métodos de dimensionamento, conforme o regime pluviométrico de cada município. Para o caso do município de Recife (PE), constatou-se não haver tanta discrepância entre os resultados para baixas demandas de água para fins não potáveis, tal como aquele que foi avaliada no presente trabalho. Os métodos que consideram as características de demanda, média de precipitação e área de coleta, como é o caso do Método da Simulação, aparentemente são mais robustos e confiáveis no dimensionamento do volume do reservatório de água pluvial.

Palavras-Chave: Aproveitamento de água pluvial; dimensionamento de reservatório de água pluvial; comparação entre métodos de dimensionamento de água pluvial.

Área Temática: Recursos Hídricos

Critical analysis of methods for rainwater reservoir sizing

Comparative study of the municipalities of Belo Horizonte (MG), Recife (PE) and Rio Branco (AC)

Abstract

The purpose of this article is to compare the results of two methods for the design of the rainwater tank suggested by the Brazilian NBR 15527/2007 and the software Netuno. The reservoir volumes were calculated for households in three cities in Brazil, Belo Horizonte (Capital of Minas Gerais State, Brazil), Recife (Capital of Pernambuco State, Brazil) and Rio Branco (Capital of Acre State, Brazil), chosen because they have distinct characteristics of precipitation. It was considered data from three rain gauge stations with 44-year-common time base, between January 1970 and December 2014. There was greater or lesser dispersion of results between design methods, according to the rainfall of each municipality. In the case of the city of Recife (PE), there was no such discrepancy between the results for low water demand for non-potable purposes, such as one that was evaluated in this study. The methods



that consider the demand characteristics, average precipitation and collection area, such as the Simulation Method apparently are more robust and reliable in design of the rainwater reservoir volume.

Key words: Rainwater Harvesting, rainwater reservoir sizing, comparing rainwater design methods.

Theme Area: Water Resources.

1 Introdução

Atualmente, a escassez da água é um problema enfrentado em diversos locais do mundo. Segundo a Organização das Nações Unidas do Brasil, 780 milhões de pessoas não têm acesso à água limpa e quase 2,5 bilhões não têm acesso a saneamento adequado.

Embora a água seja um recurso renovável, ela tende a se deteriorar em função do seu uso indiscriminado, o que compromete a quantidade de água com qualidade disponível para consumo em diversas localidades (FIORI; FERNANDES, PIZZO, 2005).

O Brasil possui 12% dos recursos hídricos mundiais, porém a região Norte, com apenas 7,4% da população brasileira, reúne 68,5% da água doce do país. O Nordeste, com 29% da população, tem apenas 3,3% da água doce. No Sudeste, a situação é ainda pior: 42,61% da população e menos de 6% da água doce de superfície. O Sul possui 14,91% da população e 6,5% da água doce. Já a região Centro-Oeste possui 6,85% da população e 15,7% de água doce (PORTAL BRASIL, 2010).

Há, portanto, um desequilíbrio entre a oferta e a demanda. Observa-se, também que a região Sudeste possui maior população e o problema é acentuado pela poluição dos rios, em consequência da atividade industrial, utilização dos insumos agrícolas, poluentes, despejos urbanos e baixos índices pluviométricos. Por isso, racionalizar o uso da água torna-se um dos elementos essenciais diante deste cenário de escassez de recursos hídricos (SILVA, 2012).

A água é utilizada em todo o mundo para diversas finalidades, como o abastecimento de cidades e usos domésticos, a geração de energia, a irrigação, a navegação e a aquicultura. Na medida em que os países se desenvolvem, crescem principalmente as indústrias e a agricultura, atividades que mais consomem água, se comparadas aos outros usos (DE OLHO NOS MANACIAIS, 2011).

No Brasil, a maior demanda por água, como acontece em grande parte dos países, é a agricultura, sobretudo a irrigação, com aproximadamente 70% do total. O uso doméstico responde por 18% da água. Em seguida, está a indústria e, por último, a pecuária. O consumo de água residencial inclui tanto o uso interno quanto o uso externo a residências. Os usos de água internos distribuem-se em atividade de limpeza e higiene, enquanto que os usos externos ocorrem principalmente devido à irrigação, lavagem de veículos, piscinas e jardim, entre outros (PROSAB, 2006).

O crescimento populacional acompanhado pelas mudanças climáticas globais vem contribuindo intensamente para o aumento na demanda pelos recursos hídricos. Embora a água seja um recurso renovável, ela tende a se deteriorar em função de seu uso indiscriminado, o que compromete a quantidade de água com qualidade disponível para consumo em diversas localidades (FIORI, 2005).

É em razão deste panorama que cresce a necessidade de encontrar meios e formas de preservar a água potável, buscando novas tecnologias e reavaliando os modos de uso da água.



pela população. A utilização de novas técnicas para o uso racional da água é uma alternativa que pode suprir a demanda da população em relação ao uso de água para fins não potáveis. Pesquisas feitas no Japão mostram que, com o uso da água reciclada para fins não potáveis, conseguiu-se reduzir o consumo de 30% da água potável (TOMAZ, 2003).

De maneira geral, a água destinada ao abastecimento humano pode ter dois fins distintos: usos potáveis e usos não potáveis. Parte da água que abastece uma residência é utilizada para higiene pessoal, consumo e preparação de alimentos, sendo estes usos designados como potáveis. A outra parcela da mesma água que chega às residências é destinada aos usos não potáveis (GONÇALVES, 2009).

Nesse sentido, por meio de um sistema de captação da água da chuva, é possível reduzir o consumo da água potável. A água pluvial coletada pode ser utilizada em torneiras de jardins, lavagem de roupas, de automóveis e de calçadas, e vasos sanitários dentre outros (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005).

De acordo com Deca (2007) citado por Marinoski (2007), pode-se ressaltar que um dos grandes vilões do consumo de água residencial são os aparelhos de vasos sanitários. Em torno de 44% da utilização da água são para fins de uso não potável. As águas pluviais ainda podem ser usadas em sistemas preventivos contra incêndios em qualquer tipo de edificação.

Nas indústrias, a água da chuva pode ser utilizada para lavanderia industrial, lavagem de maquinários, resfriamento evaporativo, climatização interna, abastecimento de caldeiras, lava jatos de veículos e limpeza industrial, entre outros. Por sua vez, na agricultura, pode ser empregada principalmente na irrigação de plantações (MAY, 2004).

Este trabalho baseia-se na comparação de métodos de dimensionamento de reservatório de água pluvial domiciliar não potável sugeridos na norma NBR 15527 (ABNT, 2007) com o programa computacional Netuno, com intuito de avaliar dentre esses qual o sistema mais eficiente, dadas às condições de utilização. Adicionalmente, pretende-se avaliar a influência do padrão de precipitação em três municípios brasileiros (Belo Horizonte, Recife e Rio Branco) na escolha do método que melhor se ajusta a essas condições para dimensionamento de reservatório de água pluvial.

2 Metodologia

Utilizando dois dos métodos sugeridos na NBR 15527 (ABNT, 2007), os métodos da Simulação e Prático Inglês, bem como o programa Netuno, foram calculados os volumes de reservatório para residências em três capitais brasileiras: Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC).

Essas cidades foram escolhidas por pertencerem a estados diferentes e por possuírem características distintas em termos de distribuição pluviométrica ao longo do ano. Baseados nas informações disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA), em seu portal Hidroweb, coletaram-se dados hidrológicos de postos pluviométricos naquelas localidades, de acordo com a Tabela 1.

Utilizou-se uma série histórica de precipitação de 44 anos para as três cidades. O período considerado foi janeiro de 1970 a dezembro de 2014, constituindo este a base comum de dados entre as estações pluviométricas dos três municípios. Cabe salientar que não foram observadas falhas no período de referência em questão para as séries históricas adotadas.



5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

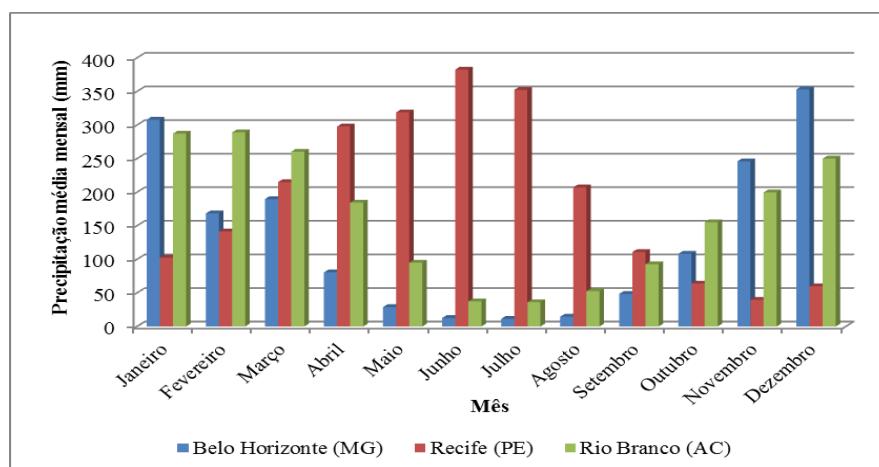
Tabela 1 - Lista dos postos pluviométricos selecionados

Código	Nome	Sub-bacia	Estado	Município	Responsável	Operadora
1943055	Belo Horizonte (Horto)	41	Minas Gerais	Belo Horizonte	INMET	INMET
834007	Recife (Curado)	39	Pernambuco	Recife	INMET	INMET
967000	Rio Branco	13	Acre	Rio Branco	INMET	INMET

Fonte: Hidroweb, 2015 (Adaptado)

A Figura 1 representa a distribuição pluviométrica média mensal de cada município, obtida por meio da utilização dos dados das três estações pluviométricas tratadas nesse estudo.

Figura 1 – Distribuição pluviométrica média mensal nos municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC) no período entre janeiro de 1970 e dezembro de 2014



Fonte: Adaptado de Hidroweb (2015)

Por cada método e para cada município, dimensionaram-se os reservatórios de água pluvial considerando-se como premissas:

- I. Área de captação de 150 m²;
- II. Demanda de água potável *per capita* de 180 litros/pessoa/dia. Considerando-se uma residência com 4 moradores, o consumo estimado de água seria de 22 m³ mensais.
- III. Porcentagem de substituição de água potável por pluvial de 40%.

Método da Simulação

Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (1)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação} \quad (2)$$

Sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$



5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

Onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S(t-1)$ é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$;

$Q(t)$ é o volume de chuva no tempo t ;

$D(t)$ é o consumo ou demanda no tempo t ;

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

Método Prático Inglês

Para o dimensionamento do reservatório de água pluvial pelo método Prático Inglês, segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), deve-se utilizar a Equação 3.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (3)$$

Onde:

V é o volume de água pluvial, ou o volume do reservatório de água pluvial (L);

P é a precipitação média anual (mm); e

A é a área de captação em projeção no terreno (m^2).

Dimensionamento do reservatório de água pluvial utilizando-se o programa Netuno

O Netuno, versão 4.0, é um programa computacional desenvolvido no LabEEE/UFSC (GHISI; CORDOVA; ROCHA, 2009), validado por Rocha (2009), que tem por objetivo determinar o potencial de economia de água potável em função da capacidade do reservatório, através do aproveitamento de água pluvial para usos em que a água não precisa ser potável.

De acordo com Ghisi e Cordova (2014), a metodologia do programa baseia-se no histórico comportamental já conhecido. Os dados de precipitação devem ser fornecidos em uma base diária e as simulações são calculadas de acordo com esses dados.

3 Resultados

São apresentados a seguir (Tabela 2) os resultados do dimensionamento dos reservatórios de água pluvial, calculados a partir dos métodos de Simulação e Prático Inglês, conforme preconizado pela norma NBR 15527 (ABNT, 2007) e com o emprego do programa computacional Netuno.

Tabela 2 - Volume do reservatório calculado pelos diferentes métodos para o município de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC)

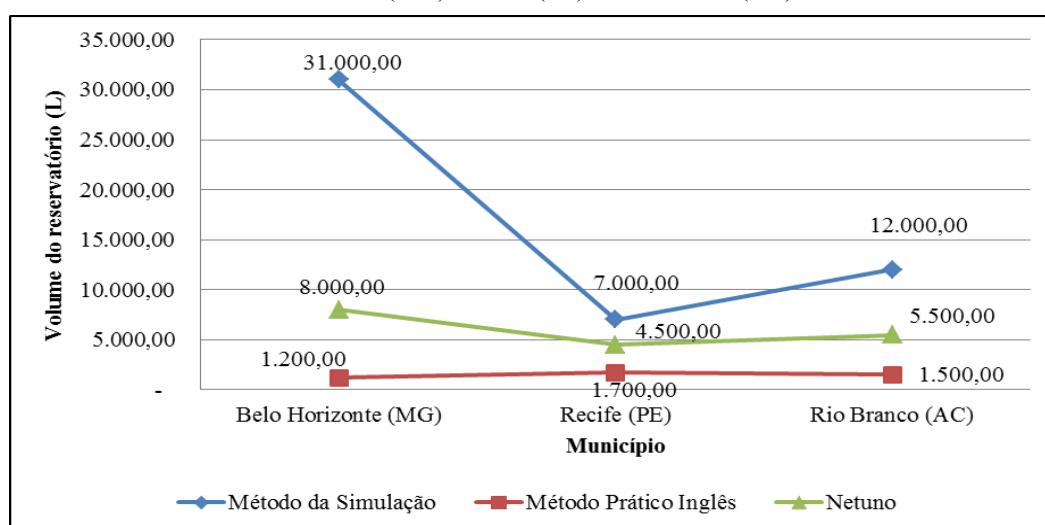
Métodos	Volume do reservatório (L)		
	Belo Horizonte (MG)	Recife (PE)	Rio Branco (AC)
Simulação	31.000,00	7.000,00	12.000,00
Prático Inglês	1.200,00	1.700,00	1.500,00
Netuno	8.000,00	4.500,00	5.500,00

Fonte: Autores (2015).



Tendo em vista a análise da Figura 2, deduz-se que há grande dispersão de resultados entre os métodos de dimensionamento, sobretudo no que tange ao município de Belo Horizonte. Essa dispersão é mais evidente para aquele município quando se emprega o Método da Simulação em relação aos demais. Quanto ao município de Recife (PE), os resultados são mais congruentes, possivelmente pelo fato de os meses mais secos na região (outubro a dezembro) não serem tão desprovidos de precipitação, como ocorre para os dois outros municípios. Sendo relativamente baixa a demanda simulada, a escolha do método de dimensionamento para o referido município parece pouco interferir no cálculo do reservatório de acumulação de água pluvial.

Figura 2 – Volume do reservatório calculado pelos diferentes métodos para o município de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC)



Fonte: Autores (2015).

O método da Simulação resulta em um valor do reservatório de água pluvial baseado no fator pluviométrico, observando-se os meses que em que houve déficit de chuva e resultando em tamanhos ideais para armazenamento da água de chuvas para os meses em que há pouca chuva. Observa-se que, em Belo Horizonte, onde há um maior período de estiagem de chuva, o volume do reservatório é maior, para compensar esses meses. E em Recife, onde o volume de precipitação mensal é, de certa forma, regular durante todo o ano, o tamanho reservatório é menor.

O método Prático Inglês é um dos mais simples a serem aplicados, sendo necessários apenas os valores de precipitação anual e área de captação. Portanto, observou-se que quanto maior for a precipitação no município, maior será o volume do reservatório, desconsiderando-se a demanda da residência. Foi o método que resultou os menores volumes para o reservatório.

Por outro lado, este método, apesar de sua simplicidade quanto aos cálculos, aparenta não ser adequado para as variações pluviométricas apresentadas nos três municípios avaliados no presente trabalho. Recomenda-se que este seja mais bem avaliado para utilização no pré-dimensionamento de reservatórios de água pluvial em regiões que apresentem condições pluviométricas similares àquelas a partir das quais o mesmo foi concebido, ou seja, em regiões de clima temperado, como é o caso da Inglaterra.



O programa computacional Netuno, por sua vez, leva em consideração o potencial de economia de água potável. Os volumes de reservatório aumentam com a demanda de água pluvial até ser definido o volume ideal. Deste modo, seus resultados para as três cidades foram regulares.

No caso do Netuno, o usuário pode escolher a capacidade de reservatório de água pluvial em função do respectivo potencial de economia de água potável, já que esse é um dado de saída do programa.

4 Conclusão

Com base nos resultados observados para três diferentes métodos de dimensionamento de reservatório preconizados pela norma brasileira NBR 15527 (ABNT, 2007), percebeu-se que há variabilidade significativa entre eles, sobretudo em função dos dados pluviométricos utilizados nos cálculos. A robustez do modelo a ser adotado depende, incondicionalmente, do rigor e respeito aos critérios de utilização do mesmo em relação às condições para as quais foi estabelecido, conforme destacado anteriormente.

Por fim, ressalta-se que cabe ao projetista decidir sobre a melhor opção, frente às particularidades de cada caso no que tange à existência de fontes alternativas, tipo de consumo, características pluviométricas, entre outras.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: água de chuva-aproveitamento de áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, out. 2007.
- BRASIL, 2011. **PORTARIA Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt29_14_12_12_2011.html>. Acesso em: 10 abr. 2015.
- CONSUMO SUSTENTÁVEL. **Manual de educação**. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p.
- DECA. **Uso racional de água**. Disponível em: www.deca.com.br acessado em jan. 2007 e citado por MARINOSKI, A. K., 2007. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC**. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/sites/defa/ult/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinowski.pdf>. acessado em 25 nov. 2015
- FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. **Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações**, 2005. Disponível em <http://www.seer.ufgs.br/index.php/ambiente/construido/article/view/3676/2042>. Acesso em: 20 nov. 2015.
- GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4**. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br>> Acesso em: 03 out. 2014.
- GONÇALVES, R. F. (Coord.) **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. v. 1. 290 p.



MARINOSKI, A. K., 2007. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC.** Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinowski.pdf>. acessado em 25 nov. 2015

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**, 2004. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-02082004-122332/pt-br.php>>. Acesso em: Acesso em: 20 nov. 2015.

MOLINARI, Caio. **Campanha economiza água! Produtos simples que geram alta economia de água!** EcoChemist. 3 dez. 2010. Disponível em: <<https://ecochemist.wordpress.com/category/consumo-responsavel/campanha-economize-agua/>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

PORTAL BRASIL. **Saiba mais sobre água, consumo consciente e recursos hídricos no Brasil 2010.** Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2010/10/agua-e-consumo-consciente>> Acesso em 23 de nov 2015

PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Uso racional da água em edificações.** Rio de Janeiro. ABES, 2006.

RUPP, Ricardo Forgiarini; MUNARIM, Ulisses; GHISI, Enedir. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Revista Ambiente Construído:** Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 4, n. 11, p.47-64, 06 set. 2011. Trimestral. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v11n4/a05v11n4>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

SILVA, Carlos Henrique R. Tomé. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável no Brasil.** 2012. Senado Federal. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/gbruck53/26-recursos-hidricos-desenvolvimento-sustentavel-no-brasil>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**, São Paulo: Navegar, 2003.

TOMAZ, Plínio. **Dimensionamento de reservatórios de água de chuva**, São Paulo: Navegar, 2012. Cap. 109. p. 109-22. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/capitulo109.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2014.

NAÇÕES UNIDAS. **2,5 bilhões de pessoas não têm acesso a saneamento básico em todo o mundo, alerta ONU** 2014. Disponível em <<http://nacoesunidas.org/25-bilhoes-de-pessoas-nao-tem-acesso-a-saneamento-basico-em-todo-o-mundo-alerta-onu/>>. Acesso em: 23 nov. 2015.