

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUAS PLUVIAIS SEGUNDO A NBR 15527/2007

Valder Adriano Gomes de Matos Rocha¹; Filipe José de Farias e Freitas²

RESUMO – Em decorrência da escassez hídrica global, tem-se buscado cada vez mais reduzir a demanda de água potável bem como buscar novas fontes para abastecimento. Uma das soluções para aumentar a oferta de água nas edificações é o aproveitamento de águas pluviais, pois possibilita a preservação desse bem para sua utilização onde é realmente necessária. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar uma análise comparativa dos seis métodos de dimensionamento de reservatórios de água de chuva propostos pela norma brasileira NBR 15527/2007 em duas situações distintas: a primeira, desconsiderando a variabilidade pluviométrica, e, a segunda, considerando um período chuvoso e outro seco. O exemplo de aplicação é apresentado através de um estudo de caso onde se procura dimensionar, nos dois casos sugeridos, um reservatório de armazenamento de águas pluviais para uma residência unifamiliar hipotética, localizada na cidade de Fortaleza. Os métodos de dimensionamento analisados foram: Método de Rippl, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Por fim, é apresentada a indicação do método mais adequado para o local onde o estudo foi desenvolvido e é apontada a necessidade de revisão da norma para sua melhor utilização nas cidades brasileiras.

ABSTRACT – As a result of global water shortages, we have increasingly sought to reduce the demand for potable water as well as to seek new sources for supply. One of the solutions to increase the supply of water in the buildings is the use of rainwater, because it allows the preservation of this good for its use where it is really necessary. In this context, the present work aims to present a comparative analysis of the six sizing methods rainwater reservoirs proposed by the Brazilian norm NBR 15527/2007 in two different situations: the first one, disregarding rainfall variability, and the second considering a period rainy and dry. The application example is presented through a case study where it is sought to size, in the two cases suggested, a rainwater storage tank for a hypothetical single family dwelling, located in the city of Fortaleza. The sizing methods analyzed were: Rippl Method, Azevedo Neto Method, German Practical Method, English Practical Method and Australian Practical Method. Finally, it is presented the most appropriate method for the place where the study was developed and it is pointed out the necessity of revision of the norm for its better use in the Brazilian cities.

Palavras-Chave – Aproveitamento. Dimensionamento. Reservatórios.

INTRODUÇÃO

A água representa inegavelmente um recurso indispensável à vida humana e tem sido essencial para os processos de desenvolvimento socioeconômico de uma sociedade.

1) Universidade Federal Rural do Semiárido: profgomesdematos@gmail.com

2) Universidade Federal Rural do Semiárido: eng.filipefarias@gmail.com

Porém, a ideia de que a água era considerada um recurso renovável e inesgotável foi desfeita diante do crescimento de sua demanda, da variabilidade geográfica e sazonal da oferta hídrica e da degradação ambiental massiva e inconsequente (LIBÂNIO, 2006).

O Brasil, embora possa ser considerado privilegiado em termos de recursos hídricos, já vem enfrentando problemas relacionados à escassez de água, devido a dois fatores principais: a distribuição espacial não uniforme e a degradação ambiental dos recursos hídricos (GOMES; WEBER; DELONG, 2010).

Diante desses fatos, aumenta-se a necessidade de encontrar meios e formas de preservar a água potável, passando necessariamente pela revisão do uso de água pela população, mas também pela busca de novas tecnologias que visem à preservação desse bem (ANNECCHINI, 2005).

Uma possibilidade importante é o uso de água pluviais captada em edificações com o propósito de suprir as demandas não potáveis de água em domicílios. A substituição de água tratada por água de chuva pode ser uma alternativa relevante quanto à gestão de oferta para atender às demandas não potáveis residenciais, especialmente em regiões metropolitanas (GOMES et al., 2014).

O aproveitamento da água da chuva caracteriza-se por ser uma prática milenar. Porém, não se sabe com precisão quando os primeiros sistemas de água de chuva surgiram. Segundo Krishna, Philips e Pope (2002), existem registros que evidenciam a existência de técnicas para armazenamento de água de chuva há mais de 3.000 anos a.C. em vários locais como Israel, Índia, Grécia, Itália, Egito, Turquia e México.

No Brasil, métodos de captação de água de chuva foram encontrados nas fortalezas construídas pelos portugueses na ilha de Santa Catarina, tanto para consumo das tropas como para outros usos (ALT, 2009).

Outro importante aspecto referente ao aproveitamento de água pluvial em meio urbano é a detenção dessas águas, acarretando, no aumento do tempo de concentração, na redução do escoamento superficial e dos picos de inundações (DORNELLES, 2012).

No entanto, há ausência de estudos nessa área que mostrem as verdadeiras vantagens desse sistema de aproveitamento e as possíveis interferências que a implantação do mesmo poderá trazer ao processo construtivo de edificações.

Neste contexto, insere-se o presente trabalho, onde se propõe uma metodologia de avaliação comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatório segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), norma específica de aproveitamento de água da chuva em coberturas de áreas urbanas para fins não potáveis, visando sua implantação em residências unifamiliares.

Esta pesquisa será concentrada nos métodos de dimensionamento do reservatório, devido ser um dos itens mais críticos para a implantação do sistema de captação de água. O reservatório é, na

grande maioria dos casos, o mais caro do sistema de aproveitamento de água e esse alto investimento de implantação é um dos maiores empecilhos para a disseminação do sistema.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução desta pesquisa foram aplicados, em uma residência unifamiliar hipotética localizada na cidade de Fortaleza/CE, os seis métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais da NBR 15527/2007 em duas situações distintas. Na primeira, foi considerada a precipitação média histórica do período entre os anos de 1997 e 2017 sem considerar a sua variabilidade e, na segunda situação, foi considerada a precipitação média histórica de dois períodos distintos: um considerado chuvoso, compreendido entre os anos de 2002 a 2009, e o outro considerado seco, entre os anos de 2010 a 2017.

O padrão selecionado para o projeto foi o de residência normal da NBR 12721 (ABNT 2005), onde prescreve que a edificação possui 106,44 m² de área e é composta pelos seguintes cômodos: três dormitórios, sendo um suíte, banheiro social, sala, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda.

Para a aplicação dos métodos foi calculada a área de cobertura da residência de acordo com a NBR 10844 (ABNT 1989). A residência apresenta área de contribuição do tipo superfície inclinada (figura 1) e sua área foi calculada de acordo com a equação 1.

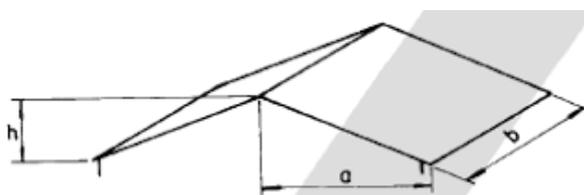


Figura 1 – Área de contribuição do tipo superfície inclinada – ABNT 1989.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) * b \quad (1)$$

A cobertura da edificação é dita feita com telhas cerâmicas. De acordo com a tabela 1, o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *Runoff* para telhados cerâmicos poderá ter seu valor entre 0,80 e 0,90. Nesta pesquisa, foi escolhido o valor de 0,80.

Tabela 1 – Coeficiente de Runoff. Tomaz (2009)

Material	Coeficiente de <i>Runoff</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2009)

Para o cálculo da demanda de água não potável foi considerado apenas o consumo dos pontos em que a água da chuva será utilizada (bacias sanitárias e torneiras externas para lavagem de carros e rega de jardins) e foi contabilizado dois habitantes para cada dormitório da residência.

De acordo com Tomaz (2009), uma maneira de estimar o consumo de água não potável residencial em nosso país é se utilizando de parâmetros de engenharia usados nos Estados Unidos, devido à ausência de pesquisas sobre esses dados aqui no Brasil. Nas tabelas 2 e 3 são apresentados estes parâmetros para uso interno e externo, respectivamente.

Tabela 2 – Parâmetros de engenharia para uso interno.

Uso interno	Unidade	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume da descarga	Litros/descarga	6,8	18	9

Fonte: TOMAZ (2009)

Tabela 3 – Parâmetros de engenharia para uso externo.

Uso externo	Unidade	Parâmetro
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2
Lavagem de carro	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carro: frequência	Lavagem/mês	4

Fonte: TOMAZ (2009)

A precipitação mensal do período compreendido entre os anos de 1997 e 2017 foi obtida através do sistema de monitoramento Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados os dados da estação de código 82397, localizada na cidade de Fortaleza/CE.

Foi feita, então, a média da precipitação de todos os meses do ano nesse período de tempo para que um resultado médio para cada mês fosse obtido. Esses resultados foram aplicados nos métodos de dimensionamento de reservatórios.

A NBR 15527 prescreve que o dimensionamento da capacidade do reservatório de água pluvial pode ser feito com qualquer método, a critério do projetista, desde que a escolha seja devidamente justificada. Os métodos de dimensionamento aplicados foram: Método de Rippl, Método da simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos seis métodos de cálculo para dimensionamento de reservatórios propostos pela NBR 15527, foi feito um dimensionamento do reservatório para atender as demandas não potáveis de uma residência unifamiliar com 106,44 m² de área nas duas situações propostas.

A demanda foi estimada considerando uma população residencial de seis habitantes, dois para cada dormitório, e utilizando os parâmetros de engenharia descritos nas tabelas 2 e 3. Já a área de coleta foi calculada de acordo com o que sugere a NBR 10844, através da equação 1. Os valores obtidos para a demanda mensal constante foram de 10,26 m³ e para a área de contribuição da residência foi de 122,41 m².

Na aplicação do método de Rippl os volumes dos reservatórios foram obtidos em função da diferença acumulada dos valores positivos resultantes da diferença entre o volume de chuva aproveitável e a demanda constante. Os valores encontrados para os reservatórios foram de 46,25 m³, 47,13 m³ e 48,27 m³ para o maior período, para o período chuvoso e para o período seco, respectivamente. Os resultados encontrados são apresentados de forma resumida na tabela 4.

Tabela 4 – Resultados da aplicação do Método de Rippl.

Período	Chuva média anual (mm)	Demanda constante (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva (m³)	Volume do reservatório (m³)
1997 a 2017	1.505,39	10,26	122,41	147,42	46,25
2002 a 2009	1.759,68	10,26	122,41	172,32	47,13
2010 a 2017	1.335,81	10,26	122,41	130,81	48,27

Fonte: Os autores

No Método da simulação, foram estimados volumes para os reservatórios até que os dimensionamentos estivessem aferidos. De acordo com o método, o volume do reservatório que atendeu a totalidade da demanda foi de 46,25 m³, para o maior período; 47,25 m³, para o período chuvoso; e 48,50 m³, para o período seco. A tabela 5 nos fornece os resultados obtidos pelo método.

Tabela 5 – Resultados da aplicação do Método da simulação.

Período	Chuva média anual (mm)	Demanda constante (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva (m³)	Volume do reservatório (m³)
1997 a 2017	1.505,39	10,26	122,41	147,42	46,25
2002 a 2009	1.759,68	10,26	122,41	172,32	47,25
2010 a 2017	1.335,81	10,26	122,41	130,81	48,50

Fonte: Os autores

Para o cálculo do Método Azevedo Neto foram utilizadas as precipitações médias anuais dos períodos analisados e, observando as chuvas médias mensais nestes períodos, foi verificado que seis meses apresentaram precipitações médias abaixo de 100 mm para o maior período e para o período chuvoso e sete meses para o período seco. Assim, os valores dos reservatórios obtidos foram de 46,36 m³, 54,28 m³ e 48,07 m³. Os resultados obtidos após a aplicação deste método são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Resultados da aplicação do Método Azevedo Neto.

Período	Chuva média anual (mm)	Meses de seca (T)	Área de captação (m²)	Volume do reservatório (m³)
1997 a 2017	1.505,39	6	122,41	46,36
2002 a 2009	1.759,68	6	122,41	54,28
2010 a 2017	1.335,81	7	122,41	48,07

Fonte: Os autores

No Método Prático Alemão, o volume é determinado por 6% do menor valor entre a demanda anual e a disponibilidade de água de chuva. Para os três cenários analisados, o valor utilizado foi o da demanda anual constante e, portanto, o volume do reservatório obtido nas três situações foi de 7,39 m³. Os resultados encontrados são apresentados de forma resumida na tabela 7.

Tabela 7 – Resultados da aplicação do Método Prático Alemão.

Período	Demanda anual (L)	Volume aproveitável (L)	Volume do reservatório (m³)
1997 a 2017	123.120,00	147.419,83	7,39
2002 a 2009	123.120,00	172.321,45	7,39
2010 a 2017	123.120,00	130.813,45	7,39

Fonte: Os autores

O Método Prático Inglês é um dos mais simples de serem aplicados, visto que envolve apenas a precipitação anual e a área de captação. Assim, o volume calculado segundo a equação 8 foi de 9,20 m³, 10,77 m³ e 8,18 m³ para o maior período, para o período chuvoso e para o período seco, respectivamente. Os dados envolvidos na aplicação deste método bem como os resultados obtidos são apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Resultados da aplicação do Método Prático Inglês.

Período	Chuva média anual (mm)	Área de captação (m²)	Volume do reservatório (m³)
1997 a 2017	1.505,39	122,41	9,20
2002 a 2009	1.759,68	122,41	10,77
2010 a 2017	1.335,81	122,41	8,18

Fonte: Os autores

Para a aplicação do Método Prático Australiano foram atribuídos quatro volumes de reservação, iniciando com um reservatório de 35 m³ e variando em 5 m³, nas três situações propostas. Observa-se que, para a confiança do sistema permanecer entre 90% e 99%, o volume do reservatório deve ser de 45 m³ em todos os cenários (confiança de 91,67%). A tabela 9 apresenta os resultados da aplicação deste método com seus respectivos valores de confiança obtidos.

Tabela 9 – Resultados da aplicação do Método Prático Australiano.

Período	Volume do reservatório (m ³)	Confiança (%)
1997 a 2017	45,00	91,67
2002 a 2009	45,00	91,67
2010 a 2017	45,00	91,67

Fonte: Os autores

A amplitude dos resultados obtidos foi muito elevada, com reservatórios variando de 7,39 m³ até 54,28 m³, o que dificulta o projetista na escolha do mais adequado para as suas necessidades. Eles podem ser visualizados, de forma gráfica e resumida, na figura 2.

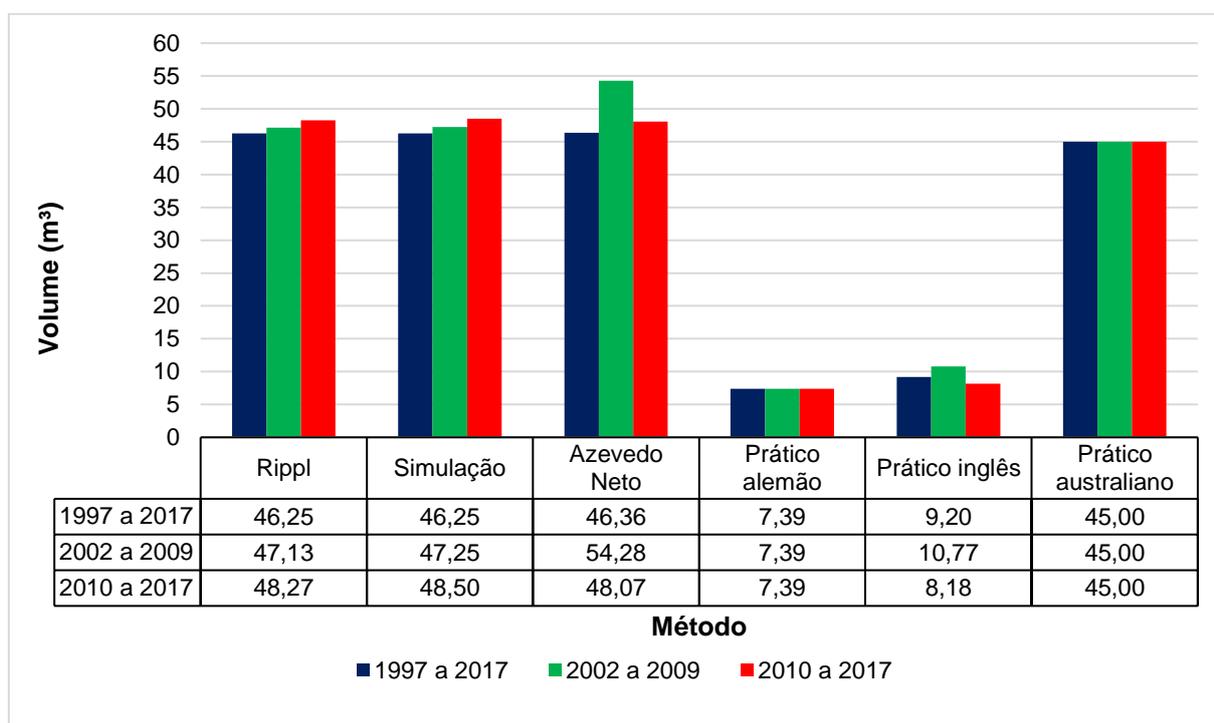


Figura 2 – Resultados dos métodos de dimensionamento de reservatório de águas pluviais – Os autores.

Foi constatado que os valores dos reservatórios sofreram pouca ou nenhuma variação nas três situações sugeridas, porém obtiveram valores significativos, evidenciando que os métodos apresentados na NBR 15527/2007 são aplicáveis em qualquer situação.

Os volumes dos reservatórios se mantiveram constantes no Método Prático Alemão e Método Prático Australiano nas três situações sugeridas, enquanto que nos demais métodos a variação dos índices pluviométricos anuais não refletiu num padrão de variação nos volumes encontrados.

O Método de Rippl, o Método da simulação e o Método Prático Australiano levam em consideração a distribuição pluviométrica média mensal, a demanda de utilização de água e a área de captação, enquanto que o Método Prático Inglês, por exemplo, considera apenas a média anual de precipitação e a área de captação, desconsiderando a demanda.

Os Métodos Práticos Inglês e Alemão não levam em consideração a variação pluviométrica ao longo dos meses. Portanto, estes métodos não são indicados para regiões que apresentam grandes variações pluviométricas, como é o caso da região onde está inserida a cidade de Fortaleza. Além disso, os reservatórios obtidos por estes métodos têm valores inferiores à demanda média de água, sendo necessária uma fonte externa de suprimento de água para garantir o abastecimento durante boa parte dos meses do ano, tornando o sistema ineficiente.

Através da aplicação do Método da simulação podem ser analisados vários volumes de reservatórios, com suas respectivas eficiências e com relativa simplicidade. Assim, pode-se realizar a simulação dos volumes evitando a construção de reservatórios pequenos, que não apresente atendimento satisfatório, ou a construção de reservatórios grandes e onerosos, sem necessidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, constatou-se que os métodos sugeridos na NBR 15527/2007 apresentam grande dispersão nos resultados e tal fato pode ser justificado pela diferença conceitual dos métodos.

Pode-se concluir que a escolha do método de dimensionamento mais adequado deve ocorrer de acordo com os interesses do proprietário, em função da destinação final que se dará à água armazenada e também em função da região de implantação.

No entanto, dentre os métodos analisados, chegou-se à conclusão que o Método da simulação é o que fornece mais informações para o dimensionamento do reservatório e o que fornece resultados mais confiáveis para a instalação do sistema de aproveitamento de águas pluviais em edificações residenciais na região do estudo.

Vale ressaltar que a NBR 15527/2007 é inegavelmente importante para o fornecimento de informações para o aproveitamento de água pluvial. No entanto, os métodos de dimensionamento sugeridos na mesma se apresentam de forma resumida e insuficientes, faltando informações importantes para a compreensão e aplicabilidade dos mesmos, e nenhum dos métodos fornece o potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório.

Além disso, alguns dos métodos recomendados pela norma foram concebidos em outros países, que apresentam características climáticas e populacionais distintas da brasileira, dificultando a sua utilização no Brasil.

Assim, faz-se necessário revisar a NBR 15527/2007 e desenvolver estudos de novas metodologias de dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água da chuva que sejam apropriados para as particularidades de cada região brasileira.

Da mesma forma, e não menos importante, é recomendável o desenvolvimento de novas pesquisas que busquem obter os custos atualizados do material e da mão de obra que irão compor o orçamento da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, para que assim possamos

calcular com precisão qual será o tempo de retorno do investimento e, conseqüentemente, a real economia alcançada.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: *Instalações prediais de águas pluviais*. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12721: *Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios*. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: *Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*. Rio de Janeiro, 2007.

ALT, R. *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis* - estudo baseado no curso ABNT de 11-02-2009 SP/SP do Eng.º Plínio Tomaz.

ANNECCHINI, K. P. V. *Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)*. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2005. 150 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. Vitória, 2005.

DORNELLES, F. *Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. 138 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, IPH. Porto Alegre, 2012.

GOMES, J.; WEBER, D. C.; DELONG, C. M. (2010). “*Dimensionamento de reservatórios de armazenamento de águas pluviais, usando um critério financeiro.*” *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 15, n. 1, pp. 89-100.

GOMES, U. A. F., DOMENECH, L. PENNA, J. L., HELLER, L., PALMIER, L. R. (2014). “*A captação de água de chuva no Brasil: novos aportes a partir de um olhar internacional.*” *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 19, n. 1, pp. 7-16.

KRISHNA, H. J.; PHILIPS, A.; POPE, T. “*Rainwater Harvesting and Stormwater Recycling.*” ASLA (American Society Landscape Architects) Annual Meeting, 2002.

LIBÂNIO, P. A. C. *Avaliação qualitativa do modelo de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos: interfaces com o Sistema Ambiental e com o Setor de Saneamento*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. 318 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006.

TOMAZ, P. “*Previsão de consumo de água não potável*”, in *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. São Paulo: Navegar, 2009. cap. 3, pp. 67-68.

TOMAZ, P. “*Coefficiente de runoff*”, in *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. São Paulo: Navegar, 2009. cap. 5, pp. 103.