

## **DIMENSIONAMENTO E SIMULAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE UM RESERVATÓRIO PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA USO NÃO POTÁVEL EM SANTA MARIA - RS**

*Pedro Henrique Bürger Pozzebon<sup>1</sup> & Maria do Carmo Cauduro Gastaldini<sup>2</sup>*

**Resumo** – Neste artigo é apresentado o dimensionamento de um reservatório para o aproveitamento de água da chuva para um edifício residencial multifamiliar na cidade de Santa Maria/RS, com a finalidade de dar subsídio para que o legislativo municipal aprecie o Projeto de Lei Complementar Nº. 7504. Foram adotados dois métodos para o dimensionamento para fins de comparação, o Método da Simulação e o Método Prático Inglês, ambos propostos pela NBR 15527: ABNT (2007). Para tanto, foram utilizados os dados do posto pluviométrico 2953017, com uma série de 59 anos de dados de precipitação.

**Palavras-Chave** – Água da chuva; dimensionamento de reservatório; viabilidade técnica.

### **SIZING AND SIMULATION OF BEHAVIOR OF A RESERVOIR FOR USE OF RAIN WATER FOR NOT DRINKING IN SANTA MARIA - RS**

**Abstract** – This paper presents the sizing of a reservoir for the use of rainwater for a multifamily residential building in Santa Maria city, with the purpose of giving subsidy to the municipal legislative enjoy the Complementary Law Project no. 7504. There were adopted two methods for sizing for comparison purposes, the Method of Simulation and the Practical English Method, both proposed by NBR 15527: ABNT (2007). For this purpose, there was used data from the rainfall station 2953017, with a series of 59 years of rainfall data.

**Keywords** – Rain water; reservoir sizing; technical feasibility.

### **INTRODUÇÃO**

A água é fundamental para a sobrevivência dos seres vivos, desempenhando as funções de reguladora de temperatura e diluidora de sólidos, dentre outras. O ciclo hidrológico é responsável pela transformação da água nos seus vários estados e pela continuação e conservação da mesma, através principalmente da evapotranspiração e precipitação.

Segundo Christofidis (2006), a agricultura consome dois terços da água potável disponível no mundo. O terço restante compreende os demais usos, tais como o industrial, dessedentação de animais, geração de energia elétrica, abastecimento humano, recreação, etc. Quando nos referimos à parcela da água disponível para consumo humano, apenas 0,29% está nos rios, lagos e lençóis subterrâneos, o restante é constituído por águas salgadas e geleiras, conforme Shubo (2003).

Diante do cenário exposto, torna-se imprescindível o aproveitamento da água da chuva, principalmente no que se refere aos usos não potáveis, que não envolvem maiores necessidades de qualidade.

Vários países se destacam quando o assunto é aproveitamento da água de chuva, como é o caso do Japão, Alemanha e alguns países do sul da África, de acordo com Hagemann (2009). Em se tratando de Brasil, Campos *et al.* (2004) citam a construção de uma casa em Ribeirão Preto, com aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: pedropozzebon@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: mcarmocg@gmail.com

No estado do Paraná, segundo Frenndrich e Oliynik (2002), a detenção de águas pluviais teve início em 1982, no estudo realizado no reservatório de detenção das águas pluviais na cidade de Planaltina do Paraná, o qual tinha capacidade máxima de 9.700 m<sup>3</sup> e era utilizado com o objetivo de amortecer as vazões máximas de uma área de drenagem de 0,5 km<sup>2</sup>.

De acordo com Peters (2006), no estado de Santa Catarina, a primeira utilização da água de chuva comprovada é datada do século XVIII, na Fortaleza de Ratonés, situada na ilha de Ratonés. Como a ilha era desprovida de fontes de água, foi construída uma cisterna que coletava a água dos telhados, a qual era utilizada para diversos fins, inclusive para consumo humano.

Em algumas cidades brasileiras, como São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba, o armazenamento de água da chuva é previsto em Lei e tem sido usado com o objetivo de retardar o escoamento superficial. A retenção destas águas contribui para o controle de inundações, em função dos altos índices de impermeabilização destas áreas.

A NBR 15527: ABNT (2007) veio normatizar o aproveitamento de água da chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

Embora muitos já utilizem os benefícios da água da chuva para economizar, visando estratégia de mercado ou mesmo para promover a sustentabilidade, recentemente, no Brasil, algumas cidades estão pondo em prática legislações que tornam obrigatória a captação de água da chuva. Este é o caso da cidade de São Paulo, que tornou obrigatória a construção de reservatórios para armazenar as águas de chuva coletadas por coberturas e pavimentos, em lotes edificados ou não, com área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup>. A Lei traz uma equação para cálculo do volume do reservatório. A cidade de Curitiba criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações e Porto Alegre instituiu o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas.

O Município de Santa Maria já prevê no seu plano diretor o índice verde de 18% *non aedificandi* obrigatório para todos os lotes. Não suficiente, ainda assim, tramita na Câmara Municipal o Projeto de Lei Complementar n.º 7504, que faculta a instalação de cisternas para a captação de água da chuva em construções novas no município. A proposta altera o parágrafo segundo do artigo n.º 250 do Código de Posturas do Município, que atualmente proíbe este tipo de instalação em prédios servidos pela rede pública de abastecimento de água, mesmo que para outros fins que não o consumo humano.

Em audiência no plenário da Câmara, o Sindicato da Indústria da Construção Civil de Santa Maria (SINDUSCON/SM), embora não se declarando frontalmente contrário à modificação proposta, teme pelo impacto da medida nos custos da indústria da construção civil do município. Durante a reunião, um dos participantes afirmou que para Santa Maria a média mensal histórica de chuvas de 22 dias permitiria o abastecimento de uma cisterna de pouco menos de 10 metros cúbicos, o suficiente para o consumo de uma família de cinco pessoas durante 38 dias, deixando claro que o uso desta água coletada não incluiria o consumo humano.

No entanto, é necessário um estudo acerca da viabilidade técnica do sistema. É com este propósito que este artigo procura o dimensionamento de um reservatório para aproveitamento de água da chuva para uso não potável para um edifício residencial multifamiliar na cidade de Santa Maria/RS. Para isso, considerou-se o posto pluviométrico 2953017, com uma série de 59 anos de dados de precipitação.

## LOCAL DE ESTUDO

Os estudos foram desenvolvidos no bairro de Camobi. Para este local, Hagemann (2009) já analisou a qualidade da água da chuva, observando que ela é alterada após sua passagem pela área de captação, sendo que no estado bruto elas podem ser utilizadas para fins não-potáveis, como

recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, de plantas frutíferas, de parques, jardins, campos de esporte e lazer, após o descarte de 2 mm iniciais.

Para o dimensionamento do reservatório, considerou-se um edifício residencial multifamiliar com 4 pavimentos, contendo 4 apartamentos de 2 quartos por pavimento.

As razões de se ter escolhido esta tipologia de edificação advém do fato da UFSM pertencer ao bairro, com a maioria dos apartamentos sendo de dois dormitórios, voltados aos estudantes. A altura limitada em 4 pavimentos decorre de o local pertencer à Zona de Proteção do Aeródromo de Santa Maria, com a altitude das edificações limitada ao ângulo do cone de aproximação com a cabeceira da pista da Base Aérea de Santa Maria. Além disso, o código de obras municipal exige as edificações de até quatro lajes de possuir elevador, o que viabiliza a aquisição das unidades pelos estudantes.

A área de captação, coberta com telhas de fibrocimento sem amianto, em projeção horizontal, que conduz a água da chuva para as calhas, possui uma área de 300 m<sup>2</sup> e o lote possui 365,00 m<sup>2</sup>, onde o índice verde é de 18%, ou seja, aproximadamente 65,00 m<sup>2</sup>.

## METODOLOGIA

Para o dimensionamento do reservatório, estimou-se o volume de água consumida a partir de parâmetros propostos por Tomaz (2011), na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros para estimativa de consumo de água não potável.

Uso	Unidade	Valores		
		Inferior	Superior	Provável
Bacia sanitária - volume de descarga	Litro/descarga	6,8	18	9
Bacia sanitária - frequência de uso	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Vazamento de bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Rega de gramado ou jardins	Litro/dia/m <sup>2</sup>			2
Lavagem de carros – volume de água	Litros/lavagem/carro			150
Lavagem de carros – frequência	Lavagem/mês			4
Mangueira de jardim ½” x 20m	Lavagem/dia			50

Fonte: Adaptado de Tomaz (2011).

Em relação ao prédio em estudo, foi considerado o que segue:

- 16 apartamentos com três pessoas cada um;
- Cada pessoa utiliza aciona a descarga (caixa acoplada) de seis litros quatro vezes ao dia;
- Não foram consideradas perdas nas bacias\*;
- O jardim possui 65m<sup>2</sup>, onde se utilizam 2 L/m<sup>2</sup>/dia, quatro dias por mês;
- A limpeza geral do condomínio é feita duas vezes por semana;
- Cada morador possui um veículo, que é lavado uma vez a cada quinze dias.

\* Os edifícios novos em Santa Maria devem ser dotados de hidrômetros individuais, incentivando a redução dos vazamentos.

A partir da demanda estimada, o dimensionamento do reservatório se deu pelo Método da Simulação e o volume obtido foi comparado com o obtido pelo Método Prático Inglês, ambos propostos pela NBR 15527: ABNT (2007).

Os postos pluviométricos pesquisados para a cidade de Santa Maria no sítio da Agência Nacional de Águas: ANA (2001) foram os seguintes: 2953017, 2953027, 2953034 e 2954002. Destes, somente o poço 2953017, com série de 59 anos, continha dados de chuva disponível.

## Método da Simulação

A evaporação da água não é levada em conta. A equação da continuidade é aplicada para um reservatório finito para um determinado mês.

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

Sendo:

$0 \leq S(t) \leq V$  e  $Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$ ;  
 $S(t)$  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.

O método da simulação considera que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “ $t$ ” e que os dados históricos são representativos para as condições futuras.

## Método Prático Inglês

Segundo a NBR 15527: ABNT (2007), o Método Prático Inglês considera que o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (2)$$

Sendo:

$P$  é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);  
 $A$  é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

O coeficiente de escoamento superficial  $C$  é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores do coeficiente de escoamento superficial para diferentes tipos de cobertura.

Material da cobertura	Coeficiente de escoamento
Cerâmico	0,80 - 0,90
Cimento	0,62 - 0,69
Metálico	0,80 - 0,85
Corrugado de Metal	0,70 - 0,90
Aço Galvanizado	> 0,90
Vidro	0,60 - 0,90
Plástico	0,94
Asbesto	0,80 - 0,90
Telhados Verdes	0,27

Fonte: Adaptado de Hagemann (2009)

Como pode ser observado na Tabela 3, Santa Maria é classificada com de muito bom potencial pluviométrico, entre 1.500 e 2.000 mm, de acordo com Azevedo Neto (1991). Foi realizada uma simulação diária para toda a série de dados. No entanto, foram considerados dois períodos, por serem mais representativos, devido ao grande número de falhas nos demais períodos da série.

Os períodos compreendem o início e fim da série, uma vez que as falhas se concentram no meio da mesma. Eles são:

- Período 1: de 01/01/1939 a 31/10/1947, compreendendo 3226 dias;
- Período 2: 26/01/1996 a 31/12/1998, compreendendo 1071 dias.

Tabela 3 - Médias mensais de precipitação e volume de água aproveitável para o posto pluviométrico e prédio considerados.

Mês	Média mensal da precipitação (mm)	Volume de água aproveitável Q(t) (m <sup>3</sup> )
Janeiro	152,79	55,20
Fevereiro	130,52	47,15
Março	122,98	44,43
Abril	144,36	52,15
Maio	147,90	53,43
Junho	157,83	57,02
Julho	147,04	53,12
Agosto	128,75	46,51
Setembro	142,41	51,45
Outubro	166,82	60,26
Novembro	117,86	42,58
Dezembro	133,37	48,18
Média	1755,51	50,95

O período 1 corresponde ao período com o maior número de dados sem falhas, representado na Figura 1, e o período 2 foi considerado por ser o período mais recente da série. Na simulação, foram descontados da precipitação de cada evento 2 mm iniciais, de acordo com Hagemann(2009).

As simulações foram feitas considerando a demanda para o abastecimento de todos os usos não potáveis (1,34m<sup>3</sup>/dia) e a demanda considerando somente o abastecimento de vasos sanitários (1,15m<sup>3</sup>/dia). Foram adotados três volumes para reservatório, 10, 25 e 40 m<sup>3</sup>. Além disso, considerou-se também o volume do reservatório inicialmente cheio e vazio.

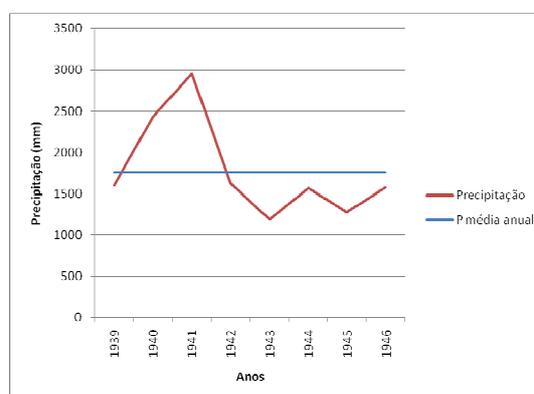


Figura 1 - Totais anuais do período mais representativo da série

Foram obtidos o número de dias em que o reservatório encontra-se extravasando, o número de dias que ele não atende à demanda diária e a garantia de abastecimento, que é o número de dias de atendimento à demanda dividido pelo número de dias total da simulação.

## RESULTADOS

São demandados 1,34 m<sup>3</sup>/dia de água não potável para abastecer todos usos não potáveis e 1,15 m<sup>3</sup>/dia considerando somente os vasos sanitários. O coeficiente de escoamento superficial C foi retirado da tabela 2, considerando o asbesto, mais conhecido como amianto, como material de cobertura, apesar de a cobertura ser de fibrocimento sem amianto. Considerou-se C = 0,90 para uma cobertura nova. A partir da simulação, representada nas Tabelas 4 e 5, pode-se inferir que das doze simulações realizadas, o segundo período, ou seja, o mais recente, apresenta garantia de abastecimento maior para todos os volumes adotados, todos volumes iniciais considerados e para as duas demandas consideradas, com pode ser visto também nas Figuras 2 e 3.

Tabela 4 - Simulação para o período 1

Demanda (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume inicial no reservatório (m <sup>3</sup> )	Nº dias extravasando	Nº dias de não atendimento à demanda	Garantia de abastecimento (%)
1,34	10	0	180	1704	47,18
		10	182	1686	47,74
	25	0	83	1116	65,41
		25	86	1072	66,77
	40	0	57	961	70,21
		40	60	892	72,35
1,15	10	0	197	1433	55,58
		10	200	1413	56,20
	25	0	122	813	74,80
		25	126	769	76,16
	40	0	90	658	79,60
		40	95	584	81,90

Tabela 5 - Simulação para o período 2

Demanda (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume inicial no reservatório (m <sup>3</sup> )	Nº dias extravasando	Nº dias de não atendimento à demanda	Garantia de abastecimento (%)
1,34	10	0	78	496	53,69
		10	79	493	53,97
	25	0	38	328	69,37
		25	43	319	70,21
	40	0	26	295	72,46
		40	34	271	74,70
1,15	10	0	90	416	61,16
		10	91	414	61,34
	25	0	52	240	77,59
		25	57	235	78,06
	40	0	41	197	81,61
		40	49	175	83,66

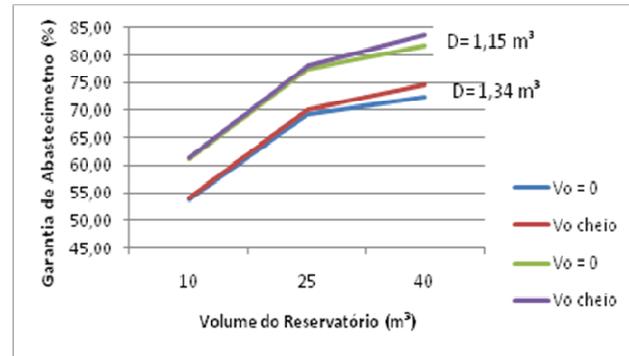
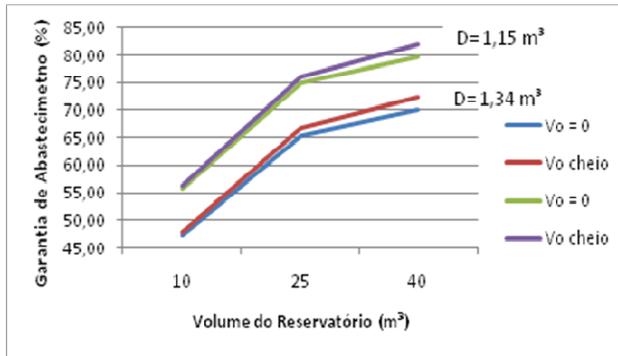


Figura 2 - Volume reservatório x garantia (período 1)      Figura 3 - Volume reservatório x garantia (período 2)

No entanto, não se pode comparar os períodos simulados, pois eles possuem diferentes durações e ocorrem em intervalos com quase 50 anos de diferença.

O volume final do reservatório depende da demanda a ser considerada, se seu volume inicial está zerado ou cheio no início da simulação e do risco de desabastecimento que se deseja assumir. A favor da segurança, considerando o período mais antigo, uma vez que as garantias são menores, com reservatório vazio no início da simulação e demanda atendida para vasos sanitários e demais usos não potáveis explicitados acima, e assumindo o risco de falhas em 34,59% do tempo, o volume do reservatório fica dimensionado em 25 m³, necessitando, portanto, de um sistema de apoio para abastecimento com água potável da rede pública, ou de outras fontes.

Para este caso, simulando uma área de captação de 600 m², as falhas no abastecimento caem para 14,60%. Percebe-se que, quanto mais pavimentos contiver o prédio, maior será a demanda para uma mesma área de captação, aumentando as falhas no abastecimento.

Considerando o Método Prático Inglês, e para o período de dados disponíveis,  $P = 1755,51$  mm e  $A = 300$  m², o volume do reservatório resulta em 26,33 m³.

## CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

O volume dimensionado para o reservatório de aproveitamento de água da chuva pelo Método da Simulação foi de 25 m³, assumindo risco de 34,59% de falhas, uma vez que, adotando o volume em 40 m³, corresponderia a uma elevação de 62,5% no mesmo, enquanto que a garantia de abastecimento aumentaria somente 4,47%.

Embora a NBR 15527: ABNT (2007) traga nos seus anexos seis maneiras de se calcular reservatório para aproveitamento de água da chuva, percebem-se discrepâncias entre os resultados obtidos. No caso em tela, a discrepância foi pequena, se comparado ao dimensionamento pelo Método Prático Inglês, cujo volume ficou em 26,33 m³, ou seja, 5,05% superior.

No entanto, o Método Prático Inglês considera o coeficiente 0,05 absorvendo todas as perdas e hipóteses consideradas, além de analisar somente a precipitação média anual e a área de coleta. Tal método se presta para cálculo de grandes volumes, como volumes de água para irrigação, por exemplo, em esfera anual.

Para reservatórios com finalidade residencial, o Método da Simulação é adequado, uma vez que considera as variações sazonais dentro do período analisado, refletindo o real comportamento diário do reservatório.

A intenção do Legislativo de Santa Maria, ao propor o Projeto de Lei Complementar nº. 7504, é interessante principalmente considerando a ótica da sustentabilidade dos recursos hídricos, bem como a atenuação de cheias.

Porém, antes de colocar em prática a nova Lei, ainda é necessário maior estudo, haja vista o caso estudado. A crítica que fica ao Projeto de Lei Complementar é a ausência neste, de algum método de dimensionamento do volume da cisterna, como o apresentado para a cidade de Flores da Cunha, pelo PDDrU: IPH (2005). Fica aqui registrada, como sugestão ao PLC nº. 7504, a adoção do Método da Simulação, proposto pela NBR 15527: ABNT (2007), para o dimensionamento do volume do reservatório de água da chuva.

## REFERÊNCIAS

- ABNT (2007). NBR 15527: *Água de Chuva-Aproveitamento de áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos* - Rio de Janeiro - RJ, 12 p.
- ANA (2001). *Hidroweb*. Disponível em <[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br)>. Acesso em: 10 jul. 2011.
- AZEVEDO NETTO, J. M. (1991). Aproveitamento de águas de chuva para abastecimento. *Revista Bio*. ABES. Rio de Janeiro - RJ, Ano III, n. 2, pg. 44-48, abr./jun. 1991.
- CAMPOS, M. A. S.; HERNANDES, A. T.; AMORIN, S. V. de A. (2004). Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto. In *Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável*. São Paulo - SP.
- CHRISTOFÍDIS, D. (2006). *Água: gênese, gênero e sustentabilidade alimentar no Brasil*. Brasília - DF, p.18.
- FRENDRICH, R.; OLIYNIK, R. (2002). *Manual de utilização de águas pluviais: 100 maneiras práticas*. Ed. Curitiba: Livraria do Chain, Curitiba – PR, 190 p.
- HAGEMANN, S. E. (2009). *Avaliação da Qualidade da Água da Chuva e da Viabilidade de sua Captação e Uso*. Dissertação de mestrado. UFSM. Santa Maria - RS, 141 p.
- IPH (2005). *Plano Diretor de Drenagem Urbana e Esgotamento Sanitário da Cidade de Flores da Cunha*. IPH – UFRGS e Prefeitura Municipal de Flores da Cunha. Porto Alegre – RS, 120 p.
- PETERS, M.R. (2006). *Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial*. Dissertação de mestrado. UFSC, Florianópolis – SC, 109 p.
- SHUBO, T. (2003). *Sustentabilidade do Abastecimento e da Qualidade da Água Potável Urbana*. Dissertação de mestrado. Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro - RJ, 126 p.
- TOMAZ, P. (2011). *Aproveitamento da Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins Não Potáveis*. Ed. Navegar. São Paulo - SP, 208 p.