



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE AGUA DA CHUVA

Ahmed HassanWaked<sup>1</sup>, Elisandro Pires Frigo<sup>2</sup>, Eliane Hermes<sup>3</sup>, Edna Possan<sup>4</sup>,  
Juliana Pires Frigo<sup>5</sup>, Jian Pires Frigo<sup>6</sup>

---

### RESUMO

O aproveitamento de água da chuva é uma das fontes alternativas de água, e está ganhando ênfase nos últimos anos, contribuindo com a redução do consumo de água potável nas residências. Hoje o uso de cisternas para captação de águas pluviais para uso não potável provém de iniciativa própria e é de suma importância para conservação da água potável por não utilizar da rede de distribuição para estes fins. Este estudo simulou um sistema de armazenamento da água pluvial objetivando avaliar o efeito das áreas coletoras e o volume de reservatório na sua eficiência para as demandas de 15 e 30 m<sup>3</sup> mensais. Observa-se uma relação direta entre a área coletora e o volume de reservatório na eficiência do sistema, sendo que a primeira é a variável de maior influência. Recomenda-se para uma área de 50 m<sup>2</sup> um reservatório de 2000L. Observa-se que o uso de cisternas é tecnicamente viável para utilização de águas pluviais na cidade de Foz do Iguaçu.

**Palavras-chave:** captação de água, cisterna, economia de água.

### SIMULATION OF A SYSTEM FOR STORING RAINWATER

#### ABSTRACT

The use of rainwater is one alternative water sources, and is gaining emphasis in recent years, contributing to the reduced consumption of potable water in homes. The use cisterns today to rainwater capture for not-potable uses comes from his own initiative and is so important to conservation of potable water by not using the distribution network for these purposes. This study simulated a storage system of rainwater to evaluate the effect of collecting areas and the volume of reservoir in its efficiency to the demands of 15 and 30 m<sup>3</sup> per month. There is a direct relationship between the collecting area and volume of reservoir in its system efficiency, while the first is the variable of greatest influence. It is recommended for an area of 50 m<sup>2</sup> a 2000L reservoir. It is observed that the use of tanks is technically feasible to use rainwater in the city of Foz do Iguaçu.

**Keywords:** water catchment, tank, water saving.

---

Trabalho recebido em 23/02/2012 e aceito para publicação em 09/01/2013.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Civil. União Dinâmica de Faculdades Cataratas (UDC)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola. Professor Adjunto I. Universidade Federal do Paraná (UFPR)

<sup>3</sup> Tecnóloga Ambiental. Professora Assistente I. Universidade Federal do Paraná (UFPR). e-mail: eliane.hermes@ufpr.br

<sup>4</sup> Engenheira Civil. Professora Adjunta. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UFPR)

<sup>5</sup> Arquiteta. Professora Assistente. União Dinâmica de Faculdades Cataratas (UDC)

<sup>6</sup> Engenheiro Agrícola. Doutorando em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais, a água doce, fundamental para vida no planeta, hoje é o mais ameaçado recurso, tanto devido à escassez como também a qualidade. As intensas e crescentes agressões ao meio ambiente vêm comprometendo cada vez mais a qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis. Ao mesmo tempo, os recursos hídricos vêm sendo desperdiçados de diferentes formas em todo o mundo, sobretudo nos grandes centros urbanos. Esse quadro é uma crescente preocupação mundial, considerando que a água potável é um recurso natural finito, cada vez mais caro e escasso (MARINOSKI, 2007).

A utilização da água da chuva nas edificações é uma prática antiga que perdeu força quanto da implementação nos sistemas públicos de abastecimento, entretanto atualmente a sua utilização voltou a ser realidade fazendo parte da gestão moderna de grandes cidades e de países desenvolvidos. Vários países europeus e asiáticos utilizam amplamente a água da chuva nas residências, pois sabe-se que a mesma possui qualidade compatível com usos importantes como a descarga de vasos sanitários, a lavagem de roupas, calçadas e carros e a rega de jardins (VACCARI *et al.*, 2006).

Em vista disso, a tendência global é buscar ações de conservação da água no intuito de garantir a sustentabilidade deste insumo natural, seja por reúso (reaproveitamento) de efluentes ou por aproveitamento de água de chuva. De acordo com Gnadlinger (2005), a captação de água da chuva é uma prática muito difundida em países como Austrália e Alemanha, permitindo a captação de água de boa qualidade de maneira simples e bastante efetiva em termos de custo-benefício.

Dentre as vantagens da utilização das águas pluviais podem-se citar a economia do usuário, diminuição de enchentes e diminuição da escassez. Já entre as utilizações principais estão: serviços de empresas em geral, irrigação de jardins e hortas, uso no vaso sanitário e em lavagens veículos e/ ou máquinas agrícolas (JAQUES *et al.*, 2006).

O presente estudo tem por objetivo a simulação de um sistema de armazenamento de água de chuva para uso doméstico, levando em consideração aspectos relacionados a análise do efeito da área coletora, efeito do volume do reservatório e eficiência do sistema.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As simulações foram feitas para o município de Foz do Iguaçu, situada na região Oeste do Paraná. Para o cálculo do reservatório de acúmulo e eficiência do abastecimento, foram consideradas vazões de entrada e demandas diárias, de acordo com área de cobertura estipulada e com índice pluviométrico de uma série histórica de 36 anos de coleta da Estação do Parque Nacional do Iguaçu, em Foz do Iguaçu, provenientes do Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SnirH, 2010). Foram utilizados os programas Netuno versão 2.2 e MINITAB 15.

Para cálculo do reservatório de acúmulo foi utilizada uma simulação de vazões de entrada e de demandas diárias, de acordo com área de cobertura e com índice pluviométrico da região estudada.

O volume de precipitação diária, vazão de entrada, pode ser calculado com base na equação 1.

$$Vp = \frac{A \times p}{1000} \quad (1)$$

em que,

Vp - volume de precipitação interceptado (m<sup>3</sup>);

p - precipitação (mm);

A - área de captação (m<sup>2</sup>).

O volume de água potencialmente aproveitado em função da capacidade do

reservatório e da demanda de água, com base no balanço diário de vazões no reservatório é obtido através da equação 2.

$$\frac{dV}{dt} = Vp \times C_e - Demanda \quad (2)$$

em que,

$\frac{dV}{dt}$  - variação do volume no reservatório

de armazenagem com o tempo;

Vp - volume de precipitação diário interceptado;

C<sub>e</sub> - coeficiente de aproveitamento da água interceptada (adimensional);

Demanda - demanda de água exercida (m<sup>3</sup>).

O coeficiente de aproveitamento de água interceptada leva em consideração as perdas de água por absorção, infiltração, espalhamento e descarte. Uma vez estabelecidos os dados de entrada são obtidos os volumes de água potencialmente aproveitados em função da capacidade do reservatório e da demanda a ser atendida.

Pelo balanço de vazões de entrada e saída foi possível obter a variação do volume de água no interior do reservatório, enquanto o volume coletado no ano é obtido pela soma das demandas atendidas pelo reservatório, ou seja, para a condição na qual o volume acumulado no reservatório é maior ou igual à demanda de água exercida.

Para viabilizar o aproveitamento da água pluvial é necessário ainda o descarte do que é chamado de “primeira chuva”, ou “água de lavagem do telhado”, para a eliminação da maior carga de sólidos e contaminantes possivelmente aderidos ao telhado.

Para isso, o sistema deve ser munido de um reservatório auxiliar, com dreno de fundo, que terá a função de descartar essa água contaminada durante um período de tempo pré-estabelecido, os primeiros 10 minutos de cada chuva é suficiente para o sistema de drenagem pluvial, impedindo que a mesma siga para o reservatório principal. Outra função para este reservatório é a de impedir que a água resultante de precipitações abaixo de um valor limite seja conduzida ao reservatório de armazenagem, afim de não poluir a água contida no reservatório.

Para realizar os cálculos foi utilizado o programa Netuno, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Por meio desse programa é possível determinar o percentual de economia de água tratada, relativo ao consumo de água estimado para o aproveitamento de água pluvial (no setor residencial) para um dado volume do reservatório, em usos onde a água não necessita de tratamento. Assim, é possível testar a economia oferecida para diversos

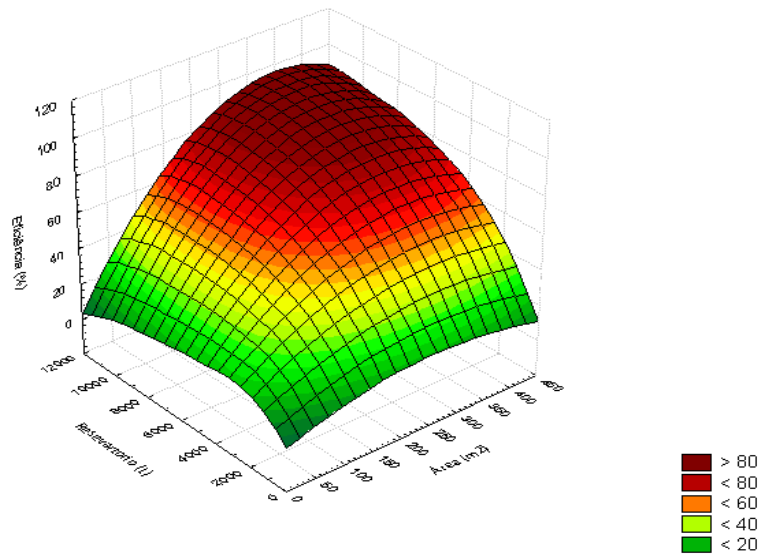
volumes de reservatório até se obter aquele que apresenta o maior percentual de economia com menor custo.

Apresentam-se também, como resultados da simulação, os percentuais de números de dias do ano em que a água pluvial foi coletada: a) atende completamente às necessidades diárias de água pluvial; b) atende parcialmente a essas necessidades; e c) não atende às necessidades diárias. Para efeitos comparativos, apresenta-se também o volume de água pluvial extravasado (não aproveitado) ao longo do ano.

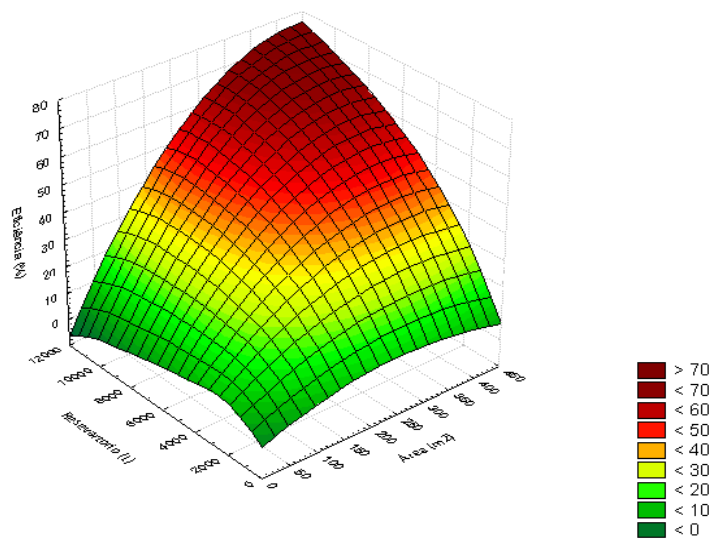
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro cenário foi simulado uma demanda mensal de  $15\text{m}^3$ , o que resulta num consumo diário de 500L. O segundo cenário simulado foi para uma demanda de  $30\text{m}^3$  mensais ou  $1000\text{L dia}^{-1}$ .

As variáveis usadas nas simulações foram: área coletora e volume do reservatório de armazenagem. Para a área foram usados os seguintes valores: 50, 100, 200 e  $400\text{m}^2$ . Para volume de reservatório foram testados os seguintes valores: 500, 1000, 2000, 5000, 7500 e 10000 L (Volumes comerciais). O coeficiente de aproveitamento da água de chuva usado foi de 70%. As Figuras 1 e 2 mostram a eficiência do sistema em função da área coletora e do volume do reservatório.



**Figura 1.** Eficiência do sistema de armazenamento da água da chuva em função da área coletora e do volume do reservatório para a demanda de  $15\text{m}^3/\text{mês}$ .

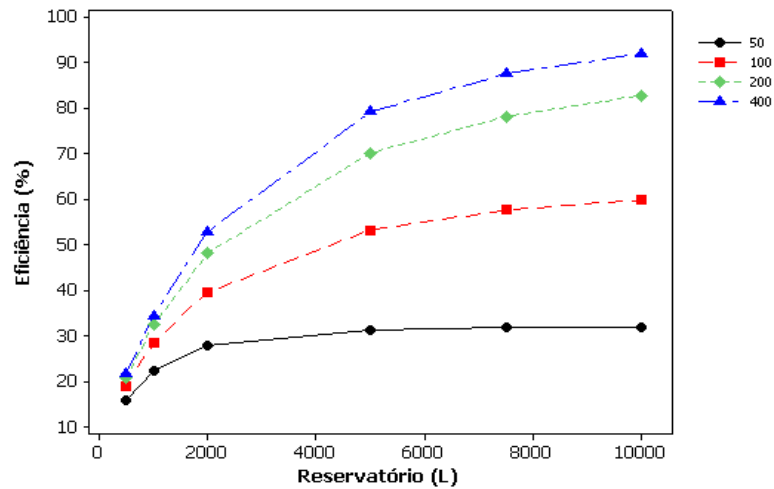


**Figura 2.** Eficiência do sistema de armazenamento da água da chuva em função da área coletora e do volume do reservatório para a demanda de  $30\text{m}^3/\text{mês}$ .

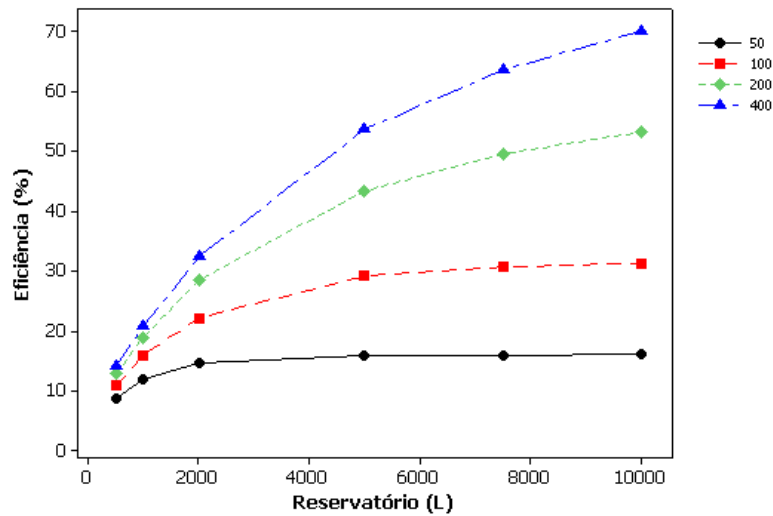
Verifica-se que em ambas as simulações a eficiência é diretamente proporcional ao aumento da área coletora (telhado) e do volume do reservatório. Para a demanda de  $15\text{m}^3$  mensais obtém-se uma

eficiência do sistema de armazenamento de água de aproximadamente 90%, enquanto isso para a demanda de  $30\text{m}^3$  mensais obtém-se eficiência de aproximadamente 80%.

As Figuras 3 e 4 mostram a eficiência do sistema em função do volume do reservatório e as isolinhas de área coletora.



**Figura 3.** Eficiência do sistema de armazenamento de água da chuva em função do volume do reservatório para demanda de 15m<sup>3</sup> mensais.



**Figura 4.** Eficiência do sistema de armazenamento de água da chuva em função do volume do reservatório para demanda de 30m<sup>3</sup> mensais.

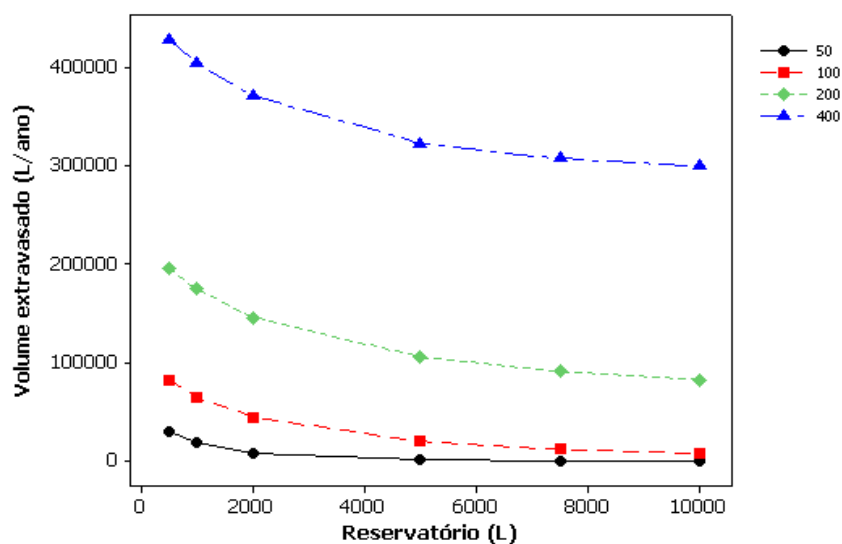
A maior eficiência do sistema de armazenamento de água pluvial ocorreu com a área coletora de 400 m<sup>2</sup>, seguida pela área coletora de 200, 100 e 50 m<sup>2</sup>, independente do volume do reservatório para os consumos mensais de 15 e 30 m<sup>3</sup>.

Observa-se que há um limite de eficiência para cada área, mesmo com o aumento do volume do reservatório, principalmente as áreas de 50 e 100m<sup>2</sup>. Para a demanda de 15m<sup>3</sup> mensais a área de 50m<sup>2</sup> tem um limite de eficiência de

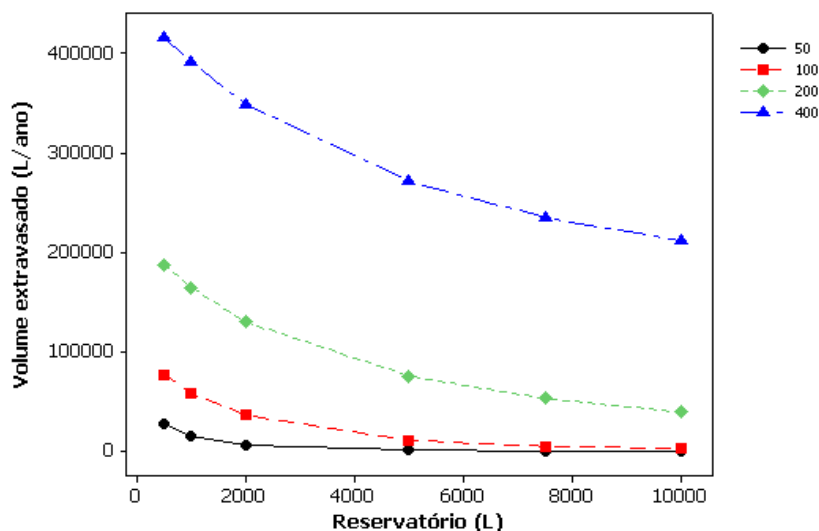
aproximadamente 30%, já com uma demanda de 30m<sup>3</sup> mensais esta eficiência cai para aproximadamente 15%. Para área de 100m<sup>2</sup> para a demanda de 15m<sup>3</sup> mensais tem um limite de eficiência de aproximadamente 60%, já para a demanda de 30m<sup>3</sup> mensais o limite de eficiência é de aproximadamente 12%.

As Figuras 5 e 6 mostram o volume extravasado em função do volume do reservatório e das isolinhas de área coletoras. O observado para os consumos

mensais de 15 e 30 m<sup>3</sup> foi que quanto maior a área coletora combinado com um volume de reservatório menor foi o volume extravasado, porém, a partir de 6000L de reservatório para 50 e 100 m<sup>2</sup> de área coletora os volumes extravasados foram praticamente iguais. Para a área coletora de 400 m<sup>2</sup>, mesmo com um volume de reservatório de 10000L, os volumes extravasados foram acima de 2000L.



**Figura 5.** Volume extravasado em função do volume do reservatório para a demanda de 15m<sup>3</sup> mensais.



**Figura 6.** Volume extravasado em função do volume do reservatório para a demanda de 30m<sup>3</sup> mensais.

#### 4. CONCLUSÕES

A eficiência de um sistema de armazenamento de água da chuva é limitada pela área coletora quando esta é menor que 100m<sup>2</sup> e para áreas acima de 100m<sup>2</sup> a limitação passa a ser o volume do reservatório.

O uso de cisternas é tecnicamente viável para utilização de águas pluviais na cidade de Foz do Iguaçu.

#### 5. REFERÊNCIAS

JAQUES, R. C.; RIBEIRO, L. F.; LAPOLLI, F. R. Avaliação da qualidade da água de chuva da cidade de Florianópolis - SC. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: ABES, 2003.

MARINOSKI, A. K. Aproveitamento de Água Pluvial para fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de

Caso em Florianópolis- SC. 2007. 108 f. **Monografia** (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MINITAB. **Minitab for Windows** – version 15.0. PA, USA: State College: Programa estatístico. 2008.

PMFI. Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu. Disponível em: <http://http://www.pmfi.pr.gov.br/porta2/home/>. Acesso em outubro de 2010.

SNIRH. **Portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/portalsnirh/>. Acesso em novembro de 2010.

VACCARI, K. P.; REBOUÇAS, T. C.; BOLSONI, P.; BASTOS, F.; GONÇALVES, R. F. Aproveitamento em edificações como fonte alternativa de água para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: ABES, 2005.