

Eixo Temático ET-05-009 - Recursos Hídricos

**DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO DE RESERVATÓRIO PARA
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM RESIDÊNCIA:
DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE**

Karolyne Aquino Alexandre Breckenfeld, Gilson Barbosa Athayde Júnior,
Francisco Jácome Sarmento

Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. João Pessoa-PB.

RESUMO

A disponibilidade de água potável no mundo vem diminuindo de maneira preocupante, seja pelo crescente aumento populacional e desenvolvimento econômico ou pelo desperdício e poluição dos recursos hídricos, resultando na necessidade de fontes alternativas. O reuso de águas provenientes de esgoto tratado, bem como o aproveitamento de águas pluviais, surgem como técnicas sustentáveis para amenizar a crise hídrica no mundo. Isto significa que até mesmo em locais com água potável em abundância, medidas de conscientização sobre a preservação dos recursos naturais são necessárias assim como nas localidades onde a água tratada muitas vezes não consegue chegar. No presente estudo será abordado o processo de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em residências. Serão descritos metodologias de dimensionamento de reservatórios previstas pela norma regulamentadora ABNT 15527/2007, e uma adaptação destes métodos para que seja encontrado um sistema de aproveitamento ideal, ou seja, aquele que trabalha de maneira eficiente, maximizando o volume de água aproveitado e minimizando os custos com água tratada. Como objetivo deste estudo, foi elaborado um programa computacional de fácil utilização denominado “AcquaDrop” visando incorporar coeficientes estudados por Lacerda (2015) e Sales (2016) afim de se obter uma maior precisão no cálculo do volume de águas de chuva aproveitável em um ciclo anual. O AcquaDrop aponta o volume de reservatório que resulta em uma relação custo benefício mais elevada.

Palavras-chave: Água Pluvial; Cisternas; Programação; VisualBasic; AcquaDrop.

INTRODUÇÃO

Devido ao acelerado crescimento populacional e desenvolvimento econômico, o recurso mais precioso à vida humana – a água – vem tornando-se cada vez mais escasso. De acordo com a ONU - Organização das Nações Unidas – cada pessoa necessita de um volume de água de 3,3 m³/mês, resultando em um consumo diário de 110 litros. Porém segundo a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), o brasileiro consome cerca de 200 litros/dia com ingestão, higiene pessoal, limpeza de ambientes e preparação de alimentos (SÃO PAULO, 2017).

Segundo a UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciências e a Cultura – a crise hídrica está diretamente relacionada à má gestão dos recursos naturais, o que ocasionará de acordo com projeções da ONU, falta de água potável em 2050 para mais de 45% da população mundial (OLIVEIRA, 2014).

Com a poluição e escassez cada vez maior desses recursos naturais, surgem alternativas e atitudes sustentáveis que buscam amenizar o problema. Além de uma política de conscientização da população a respeito da importância da economia de água potável, também deve ser despertado o interesse para a utilização de sistemas que substituam parcialmente o uso da água potável por técnicas de aproveitamento de águas pluviais ou reuso de água.

A construção de cisternas para a reserva de água de chuva ainda é bastante utilizada, principalmente em regiões áridas e semiáridas que possuem longas épocas de estiagem. As

atuais possuem tecnologias mais modernas e são construídas de acordo com as necessidades dos moradores e características da região. Ainda em regiões com maior abundância de água tratada, o sistema de aproveitamento pode – e deve – ser utilizado de maneira complementar ao sistema convencional de distribuição de água.

Alguns estudos mostram a viabilidade da utilização de reservatórios para aproveitamento de água pluvial sob diversos aspectos. May (2004) verificou que para a desinfecção da água aproveitada, após o descarte dos primeiros milímetros, uma simples adição de cloro torna possível seu uso para fins não potáveis. Dias (2007) constatou que com a adoção de reservatórios de água de chuva, pode-se alcançar uma economia de água potável de até cerca de 300 m³ ao ano em residências. Tomaz (2010) estimou em 30% a economia com compra de água tratada ao se utilizar o sistema de aproveitamento. Andrade Neto (2013) ratificou estudos anteriores, ao concluir que o descarte dos primeiros milímetros de chuva, em especial o primeiro, é suficiente de maneira geral para garantir uma boa qualidade da água de chuva captada para diversos usos.

Deve-se observar que todo o procedimento de dimensionamento de um sistema de aproveitamento deve levar em consideração os usos finais da água, a quantidade de pessoas que serão beneficiadas, o regime pluviométrico local e período de retorno ou vida útil adotados.

Para um dimensionamento eficiente de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, o ponto principal é combinar os três fatores de maior relevância: captação, armazenamento e consumo.

Amorim e Pereira (2008) analisaram os principais métodos de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial existentes na bibliografia. Foi realizado um estudo comparativo, no qual pode-se concluir que alguns métodos superdimensionam os reservatórios, enquanto outros resultam em volumes menores.

A norma regulamentadora que apresenta os requisitos para o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis ABNT NBR 15527 (2007), considera os métodos de Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano à serem utilizados no dimensionamento do sistema. Embora todos contemplem os parâmetros mencionados anteriormente, realizar o dimensionamento para que se obtenha um maior potencial de economia só é possível quando se analisa a viabilidade econômica do projeto, encontrando desta forma o volume ideal do reservatório de acumulação.

Mays (2004) destaca a relevância de enfatizar os estudos quanto ao volume do reservatório de acumulação de água de chuva, visto que este é um dos componentes mais caros do sistema. Porém, quanto mais preciso for seu dimensionamento, geralmente mais complexa será a metodologia de cálculo utilizada.

Para encontrar o volume econômico do reservatório, deve ser realizado um dimensionamento preciso que avalie a viabilidade econômica do sistema, pois um reservatório superdimensionado terá um elevado custo de implantação, enquanto um sistema subdimensionado terá um volume aproveitado de água muito abaixo do que realmente poderia ser.

No presente estudo será aprofundado o conhecimento em sistemas de aproveitamento de águas pluviais em residências para fins não potáveis, pois vem se mostrando uma técnica eficiente, uma vez que traz não só benefícios ao meio ambiente, como às vezes, redução de gastos para os que fazem uso do sistema.

Baseando-se no princípio de dimensionamento econômico, serão considerados os custos totais de implantação, a demanda de água requerida, a capacidade de coleta de água de chuva, as características pluviométricas da região, bem como a incorporação de parâmetros de confiabilidade volumétrica definidos por Sales (2016), através de ferramentas de programação.

Dias (2007) definiu o coeficiente de confiabilidade volumétrica como a razão entre o volume de água aproveitado a partir de dados em base diária (V1) e o volume aproveitado a partir de dados em base mensal (V2), através da equação 01:

$$\text{Confiabilidade Volumétrica} = 100 \times \left(\frac{V_1}{V_2} \right) \quad (01)$$

De acordo com Lacerda (2015) o coeficiente possibilita o aumento na confiança do dimensionamento do reservatório de acumulação, visto que sua aplicação resulta em uma correção do volume que efetivamente será aproveitado, corrigindo-se o balanço hídrico na utilização de dados mensais.

Posteriormente Sales (2016) propôs correlacionar o coeficiente de extravasamento, nova nomenclatura em substituição ao coeficiente de confiabilidade volumétrica, com parâmetros pluviométricos em diferentes situações de municípios brasileiros. O referido autor concluiu que o valor de diferença D2 é o parâmetro mais adequado para estimar o coeficiente de extravasamento para uma determinada localidade, a partir da equação 02:

$$D2 = \bar{M} - \bar{m} \quad (02)$$

Onde,

\bar{M} é a média entre as três maiores precipitações médias mensais;

\bar{m} é a média entre as três menores precipitações médias mensais.

Para que o parâmetro D2 seja incorporado no dimensionamento, realizar o cálculo manualmente torna-se impraticável, devido ao grande número de operações matemáticas envolvidas. Neste estudo, será utilizada a linguagem computacional em Visual Basic, à fim de desenvolver um programa que utilize uma metodologia de dimensionamento econômico própria e obtenha volumes ideais para reservatórios de acumulação de água pluvial.

OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo desenvolver um software de fácil utilização para o dimensionamento econômico de um sistema de aproveitamento de água pluvial em residência, a partir da incorporação de parâmetros pluviométricos que visam corrigir os volumes de chuva aproveitáveis, aumentando a eficiência do dimensionamento.

METODOLOGIA

O dimensionamento segue uma metodologia de cálculo que busca aperfeiçoar os métodos descritos na norma ABNT 15527/2007, que regulamenta o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

O AcquaDrop é um software elaborado com a proposta de realizar dimensionamentos econômicos de reservatórios para aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em residências. Desenvolvido em programação orientada a objeto (POO) na linguagem Visual Basic, o programa traz uma interface simples e de fácil utilização, necessitando de dados de entrada facilmente obtidos pelo usuário. Desta maneira, tem-se o software como uma ferramenta a disposição para uso tanto de projetistas como de pessoas sem conhecimento da área, mas que desejam instalar um sistema de aproveitamento em suas casas, por exemplo.

O dimensionamento é feito a partir de médias mensais de precipitação pluviométrica e a utilização de parâmetros pluviométricos que realizem correções no volume aproveitável é incorporada. Estes parâmetros foram obtidos com base em estudos de Lacerda (2015) e Sales (2016) para volumes de reservatórios conhecidos, sendo eles: 5 m³, 10 m³, 15 m³, 20 m³, 30 m³ e 40 m³.

Os dados coletados para a análise da viabilidade econômica do sistema de aproveitamento são referentes à cidade de João Pessoa (PB) no ano de 2017, portanto são necessárias atualizações anuais no algoritmo do programa, bem como adaptações para utilização em outros municípios do Brasil.

Por fim, será obtido um gráfico em função do indicador econômico e dos volumes de reservatório estudados que fornecerá o volume ideal, ou seja, aquele com maior potencial de economia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O algoritmo é um conjunto de regras e procedimentos perfeitamente definidos para a solução de um determinado problema. Encontra-se aqui toda a sequência lógica utilizada no desenvolvimento do algoritmo para a obtenção do resultado final: o software AcquaDrop.

Para que seja determinado o consumo de água de chuva na residência, primeiro necessita-se encontrar o consumo per capita total de água. Este consumo per capita pode ser calculado de duas maneiras, sendo escolhido o método de acordo com os dados fornecidos pelo usuário.

I) A partir da média de consumo de água da residência dos últimos seis meses, pela equação 03:

$$C_{per\ capita} = \frac{C_A \times 1000}{hab \times 30} \quad (03)$$

Onde,

$C_{per\ capita}$ é o consumo per capita de água potável em l/hab.dia;

C_A é o consumo mensal de água na residência em m³/mês;

hab é o número de moradores.

II) A partir do padrão socioeconômico dos moradores da residência de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Taxa de consumo dos aparelhos hidrossanitários.

Padrão Socioeconômico	Consumo
A- Acima de 20 salários mínimos	300 L/hab.dia
B- 10 a 20 salários mínimos	250 L/hab.dia
C- 4 a 10 salários mínimos	200 L/hab.dia
D- 2 a 4 salários mínimos	150 L/hab.dia
E- até 2 salários mínimos	100 L/hab.dia

Fonte: Própria.

Com a obtenção do consumo per capita determina-se o padrão de consumo per capita de água potável, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Padrão de consumo de água potável.

Padrão Alto	Consumo > 250 l/hab.dia
Padrão Médio	150 l/hab.dia < Consumo ≤ 250 l/hab.dia
Padrão Popular	Consumo ≤ 150 l/hab.dia

Fonte: Própria.

A partir da pesquisa de Dias (2007), pode-se determinar a porcentagem de consumo de água de chuva e de água potável para os aparelhos hidrossanitários para os diferentes padrões de consumo.

Tabela 3. Distribuição de usos de água de chuva.

Pontos de consumo de água de chuva	Padrão Alto	Padrão Médio	Padrão Popular
Bacia Sanitária	14,29%	20,00%	23,33%
Chuveiro	19,64%	27,50%	33,33%
Ducha Higiênica	1,79%	2,50%	3,33%
Hidromassagem	14,29%	-	-
Lavatório	3,57%	5,00%	5,33%
Máquina de lavar louças	3,57%	4,00%	-
Máquina de lavar roupas	10,71%	13,00%	-
Piscina	7,14%	-	-
Tanque	1,79%	2,50%	13,33%
Torneira Externa (Rega de Jardim)	3,57%	2,50%	-
Torneira Externa (Lavagem de Carro)	1,79%	1,50%	-
Torneira Externa (Lavagem de Piso)	1,79%	1,50%	1,33%
TOTAL	84%	80%	80%

Fonte: Adaptado de Dias (2007).

Tabela 4. Distribuição de usos de água potável.

Pontos de consumo de água potável	Padrão Alto	Padrão Médio	Padrão Popular
Pia de Cozinha	14,30%	17,50%	16,70%
Filtro	1,80%	2,50%	3,30%
TOTAL	16%	20%	20%

Fonte: Adaptado de Dias (2007).

Para a determinação do consumo per capita de água de chuva, o usuário escolhe os pontos de utilização para fins não potáveis e o consumo é determinado a partir da equação 04.

$$C_{AC \text{ per capita}} = C_{per capita} \times \sum C_{AC} \quad (04)$$

Onde,

$C_{AC \text{ per capita}}$ é o consumo de água de chuva per capita em l/hab.dia;

$C_{per capita}$ é o consumo per capita de água potável em l/hab.dia;

C_{AC} é a taxa de consumo de água de chuva em %.

As médias mensais de precipitação pluviométrica serão fornecidas pelo usuário, a partir de um link disponível na interface do programa, que o encaminhará ao site do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. A equação 05 mostra como será calculada o volume de água pluvial a ser captada pelo sistema de aproveitamento.

$$V_{AC} = \frac{P}{1000} \times c \times A \quad (05)$$

Onde,

V_{AC} é a oferta de água de chuva em m³;

P é a precipitação pluviométrica em mm;

c é o coeficiente de Runoff;

A é a área de captação em m².

A demanda de água de chuva na residência foi estimada a partir da equação 06:

$$V_D = C_{AC \text{ per capita}} \times n \times \text{hab} \times 1000 \quad (06)$$

Onde,

V_D é o volume demandado de água pluvial na residência em m³;

$C_{AC \text{ per capita}}$ é o consumo de água de chuva per capita em l/hab.dia;

n é a quantidade de dias no mês;

hab é o número de moradores.

Sales (2016) adotou as seguintes considerações para a determinação do coeficiente de extravasamento (tabelas 5, 6 e 7):

- Padrões alto (PA), médio (PM) e popular (PP) em função da área de captação e consumo;

- Coeficientes Runoff de 0,85 e 0,90;

- Volumes fixos de reservatórios: 40 m³, 30 m³, 20 m³, 15 m³, 10 m³ e 5 m³.

Tabela 5. Coeficiente de Extravasamento para os volumes de 5 e 10 m³.

Padrão	Área (m ²)	Reservatório de 5 m ³	Reservatório de 10 m ³
		Coeficiente de Extravasamento (CE)	
PP	60	$y = -2 \times 10^{-5}x^2 - 0,0071x + 98,45$	$y = -4 \times 10^{-5}x^2 + 0,006x + 98,531$
	75	$y = 95,719 \times e^{-10^{-4}x}$	$y = -10^{-5}x^2 - 0,0082x + 99,488$
	100	$y = 89,858 \times e^{8 \times 10^{-5}x}$	$y = 96,85 \times e^{-8 \times 10^{-5}x}$
PM	75	$y = -3 \times 10^{-5}x^2 - 0,0032x + 98,354$	$y = -5 \times 10^{-5}x^2 + 0,0105x + 99,216$
	100	$y = 94,644 \times e^{-10^{-4}x}$	$y = -2 \times 10^{-5}x^2 - 0,0041x + 98,931$
	150	$y = -2 \times 10^{-5}x^2 + 0,0234x + 83,2$	$y = 2 \times 10^{-5}x^2 - 0,0134x + 94,785$
PA	150	$y = 8 \times 10^{-6}x^2 - 0,0126x + 90,284$	$y = -7 \times 10^{-6}x^2 - 0,0118x + 97,717$
	200	$y = 80,815 \times e^{0,0001x}$	$y = 92,101 \times e^{-4 \times 10^{-5}x}$
	300	$y = 71,108 \times e^{0,0005x}$	$y = -6 \times 10^{-5}x^2 + 0,0491x + 80,879$

Fonte: Adaptado de Sales (2016).

Tabela 6. Coeficiente de Extravasamento para os volumes de 15 e 20 m³.

Padrão	Área (m ²)	Reservatório de 15 m ³	Reservatório de 20 m ³
		Coeficiente de Extravasamento (CE)	
PP	60	$y = -4 \times 10^{-5}x^2 + 0,0095x + 99,548$	$y = -4 \times 10^{-5}x^2 + 0,0117x + 99,305$
	75	$y = -3 \times 10^{-5}x^2 + 0,0013x + 99,832$	$y = -4 \times 10^{-5}x^2 + 0,004x + 100,03$
	100	$y = 99,27 \times e^{-10^{-4}x}$	$y = 100,48 \times e^{-10^{-4}x}$
PM	75	$y = -5 \times 10^{-5}x^2 + 0,0142x + 99,097$	$y = -5 \times 10^{-5}x^2 + 0,0159x + 98,9$
	100	$y = -4 \times 10^{-5}x^2 + 0,0027x + 99,589$	$y = -4 \times 10^{-5}x^2 + 0,0072x + 99,631$
	150	$y = 3 \times 10^{-5}x^2 - 0,0217x + 98,567$	$y = 10^{-5}x^2 - 0,018x + 99,645$
PA	150	$y = -3 \times 10^{-5}x^2 - 0,0018x + 99,045$	$y = -4 \times 10^{-5}x^2 + 0,0038x + 99,409$
	200	$y = 96,65 \times e^{-10^{-4}x}$	$y = 98,743 \times e^{-10^{-4}x}$
	300	$y = 89,238 \times e^{0,0001x}$	$y = 92,442 \times e^{4 \times 10^{-5}x}$

Fonte: Adaptado de Sales (2016).

Tabela 7. Coeficiente de Extravasamento para os volumes de 30 e 40 m³.

Padrão	Área (m ²)	Reservatório de 30 m ³	Reservatório de 40 m ³
		Coeficiente de Extravasamento (CE)	
PP	60	$y = -4 \times 10^{-5}x^2 + 0,0141x + 99,012$	$y = -3 \times 10^{-5}x^2 + 0,0091x + 99,334$
	75	$y = -4 \times 10^{-5}x^2 + 0,0112x + 99,398$	$y = -4 \times 10^{-5}x^2 + 0,0102x + 99,379$
	100	$y = 101,7 \times e^{-10^{-4}x}$	$y = 101,77 \times e^{-10^{-4}x}$
PM	75	$y = -3 \times 10^{-5}x^2 + 0,0114x + 99,196$	$y = -2 \times 10^{-5}x^2 + 0,0052x + 99,631$
	100	$y = -4 \times 10^{-5}x^2 + 0,0112x + 99,368$	$y = -4 \times 10^{-5}x^2 + 0,0126x + 99,188$
	150	$y = -2 \times 10^{-5}x^2 - 0,0057x + 99,914$	$y = -3 \times 10^{-5}x^2 + 0,0023x + 99,864$
PA	150	$y = -5 \times 10^{-5}x^2 + 0,0114x + 99,4$	$y = -4 \times 10^{-5}x^2 + 0,0111x + 99,392$
	200	$y = 100,57 \times e^{-10^{-4}x}$	$y = 101,52 \times e^{-2 \times 10^{-4}x}$
	300	$y = 96,041 \times e^{-5 \times 10^{-5}x}$	$y = 2 \times 10^{-5}x^2 - 0,0174x + 98,884$

Fonte: Adaptado de Sales (2016).

Onde y é o coeficiente de extravasamento (CE) e x é o valor de diferença D2.

Desta forma pode-se calcular o volume de água de chuva que efetivamente será aproveitado, a partir da equação 07:

$$V_{AC'} = (\sum V_{AC} - \sum V_E) \times CE \quad (07)$$

Onde,

$V_{AC'}$ é o volume de água de chuva aproveitado corrigido em m³/ano;

V_{AC} é o volume de água de chuva captado sem correções em m³/mês;

V_E é o volume de água de chuva extravasado pelo reservatório em m³/mês;

CE é o coeficiente de extravasamento.

Os custos de investimento direto do sistema foram considerados para um sistema composto por: reservatórios inferior e superior, filtro de areia, conjunto motobomba e tubulações para recalque e distribuição de água. Os preços unitários foram estimados com base no banco de dados do SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil para a cidade de João Pessoa. Os valores não encontrados no sistema foram estimados por pesquisa de mercado, através de uma cotação de preços em lojas do ramo da construção civil em João Pessoa.

Os custos de exploração foram considerados aqueles necessários para a manutenção e operação do sistema através da energia de bombeamento. Para determinar o gasto com energia de bombeamento, tomou-se a tarifa de energia elétrica da ENERGISA (João Pessoa) como referência, custando atualmente 0,487 R\$/KWh. Desta forma, tem-se um custo de energia de bombeamento definido pela equação 08:

$$E_b = 0,000278 \times T_{EE} \times V_{AC'} \times \gamma \times g \times H_{man} \quad (08)$$

Onde,

E_b é valor da energia de bombeamento em R\$/ano;

T_{EE} é a tarifa de energia elétrica;

$V_{AC'}$ é o volume de água de chuva aproveitado corrigido em m³/ano;

γ é o peso específico da água, sendo $\gamma = 1000 \text{ Kg/m}^3$;

g é aceleração da gravidade, sendo $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$;

H_{man} é a altura manométrica;

0,000278 é o fator de conversão.

O indicador adotado para a análise econômica do sistema de aproveitamento foi o Benefício/Custo (B/C), para uma vida útil do sistema de 30 anos. O benefício econômico foi estimado pela economia de água potável fornecida pela concessionária, através da substituição parcial por água de chuva, e o custo, pelos gastos com a implantação do sistema.

Inicialmente, calculou-se o benefício bruto a partir da determinação do valor da economia de água potável num ciclo anual pela equação 09:

$$B_B = V_{ACI} \times T_{AP} \quad (09)$$

Onde,

B_B é o benefício bruto em R\$/ano;

V_{ACI} é o volume de água de chuva aproveitado corrigido em m³/ano;

T_{AP} é a tarifa de água potável fornecida pela concessionária R\$/m³.

O benefício líquido foi obtido ao descontar os custos de exploração do sistema, como mostra a equação 10:

$$B_L = B_B - M - E_b \quad (10)$$

Onde,

B_L é o benefício líquido em R\$/ano;

B_B é o benefício bruto em R\$/ano;

M é o custo de manutenção do sistema, sendo $M = 100 \frac{\text{R\$}}{\text{ano}}$;

E_b é o custo com energia de bombeamento em R\$/ano;

Para o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) foi adotada uma taxa de juros vigente de 14,15% ao ano. A equação 11 mostra a equação do VPL:

$$VPL = \frac{B_L}{\left(1 + \frac{Tx}{100}\right)^{i-1}} \quad (11)$$

Onde,

VPL é o valor presente líquido expresso em %;

B_L é o benefício líquido em R\$/ano;

Tx é a taxa de juros anual, sendo $Tx = 14,15\%$;

i é o ano de referência.

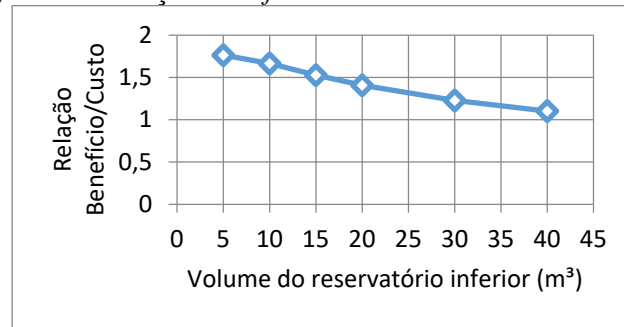
Por fim, obteve-se a relação B/C pela equação 12:

$$B/C = \frac{\sum_i^{30} VPL}{\text{Custo de implantação do sistema}} \quad (12)$$

Sendo os custos de implantação do sistema referentes a escavação, reservatórios inferior e superior, filtro de areia, conjunto motobomba e tubulações.

Então será gerado um gráfico B/C x Volumes de acumulação e, a partir da curva plotada, escolhe-se o volume ideal, ou seja, aquele que apresenta um melhor índice econômico. No exemplo da figura 01, tem-se o volume de 5 m³ como o ideal para um dado sistema de aproveitamento de água de chuva, pois apresenta a melhor relação benefício/custo.

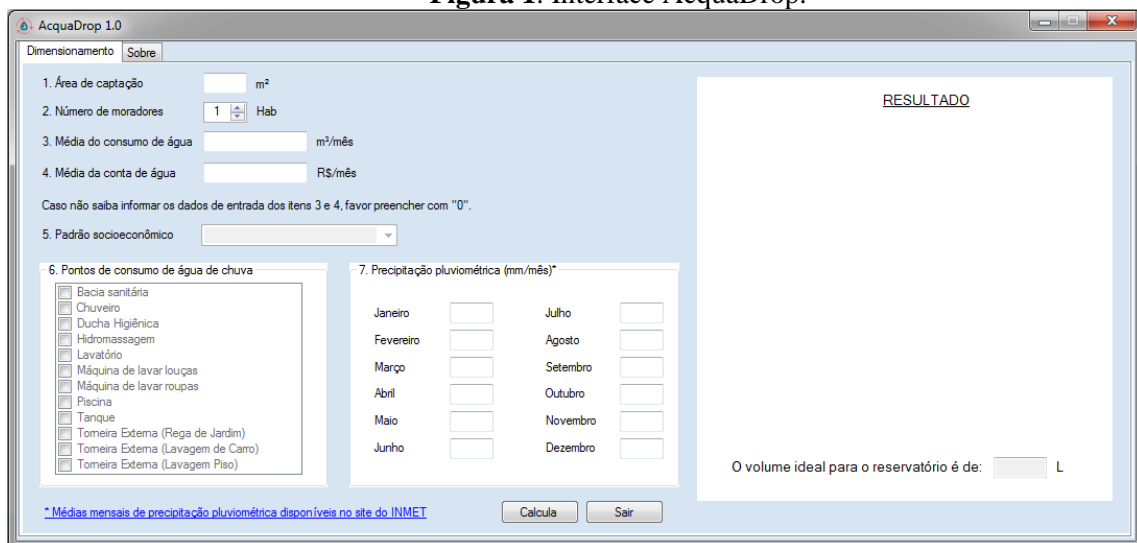
Gráfico 01 - Relação Benefício/Custo x Volume do reservatório



Fonte: Própria.

Por fim, com o algoritmo finalizado, tem-se a interface principal do AcquaDrop versão 1.0 podendo ser facilmente utilizada pelos seus usuários, como mostra a figura 1:

Figura 1. Interface AcquaDrop.



Fonte: Própria.

CONCLUSÕES

Este estudo propôs aplicar a alternativa de aproveitamento de águas pluviais em residências, incorporando parâmetros pluviométricos que visam aumentar a confiabilidade do sistema, pois a partir da determinação destes, pode-se calcular o volume de chuva efetivamente aproveitável com maior precisão.

A partir de diversas simulações realizadas com o programa “AcquaDrop”, foi verificado que para alguns cenários a implantação do projeto não traz grandes benefícios econômicos. Isto acontece devido à necessidade de reservatórios de grandes volumes, o que gera um aumento significativo ao custo de investimento direto. O custo elevado de implantação do sistema associado ao baixo valor de tarifa de água paga nos dias de hoje, contribuem para um sistema na maioria das vezes, inviável economicamente. Resultados semelhantes a estes já haviam sido obtidos por Dias (2007).

Por fim, o software AcquaDrop mostrou-se de fácil utilização e capaz de apontar o volume econômico para o reservatório. Porém deve-se observar que ao longo dos anos, o programa necessita passar por atualizações de custos, para garantir a eficiência do dimensionamento econômico.

REFERÊNCIAS

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.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. 2008, Fortaleza, Brasil. Anais do XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Fortaleza: ENTAC, 2008.

ANDRADE NETO, C. O. Aproveitamento imediato da água de chuva. **Gesta**, v. 1, n. 1, p. 73-86, 2013.

BC - Banco Central do Brasil. **Taxa Selic Diária**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

DIAS, I. C. S. **Estudo da Viabilidade Técnica, Econômica e Social do Aproveitamento de Água de Chuva em Residência na Cidade de João Pessoa**. 2007. 132 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

LACERDA, N. M. S. **Confiabilidade Volumétrica de Reservatórios para Armazenamento de Água de Chuva em Municípios Brasileiros**. 2015. 101 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para o consumo não potável em edificações**. 2004. 189 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

OLIVEIRA, M. H. C. **Aproveitamento da água de chuva**. 2014. 35 p. Monografia (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

SALES, E. T. **Relação entre o Coeficiente de Extravasamento em Reservatórios Domiciliares para Armazenamento de Água de Chuva e Parâmetros Pluviométricos em Municípios Brasileiros**. 2016. 70 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

SÃO PAULO. **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP**. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=140>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis: aproveitamento de água de chuva**. Guarulhos: 2010. v. 1. 530 p.