

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

**IMPACTO DAS VARIÁVEIS LOCAIS DE DEZ
CAPITAIS BRASILEIRAS NO
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL**

**Caio Silva Nogueira
Luis Fernando Teles Pereira**

GOIÂNIA
DEZEMBRO/17

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Caio Silva Nogueira
Luis Fernando Teles Pereira

**IMPACTO DAS VARIÁVEIS LOCAIS DE DEZ
CAPITAIS BRASILEIRAS NO
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL**

Monografia final apresentada na disciplina Trabalho de
Conclusão de Curso II em Engenharia Ambiental e
Sanitária da Universidade Federal de Goiás.

Orientador: Prof. Dr. Saulo Bruno Silveira e Souza.

GOIÂNIA

DEZEMBRO/17

CAIO SILVA NOGUEIRA

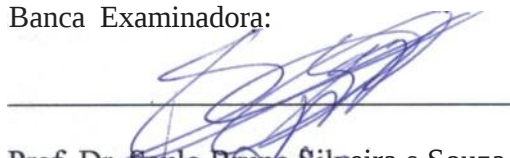
LUIS FERNANDO TELES PEREIRA

IMPACTOS VARIÁVEIS LOCAIS DE DEZ CIDADES BRASILEIRAS NO
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Monografia apresentada no Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Graduação em
Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás.

Aprovado em: 01 / 12 / 2017

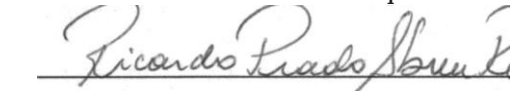
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Saulo Bruno Silveira e Souza



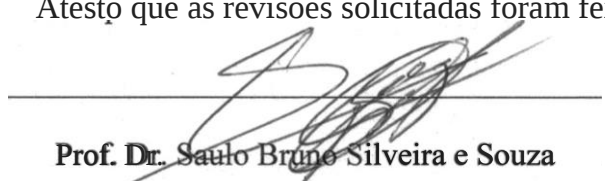
Prof. Dr. Marcus Andre Siqueira Campos



Prof. MSc. Ricardo Prado Abreu Reis

Prof. MSc. Ricardo Prado Abreu Reis

Atesto que as revisões solicitadas foram feitas:



Prof. Dr. Saulo Bruno Silveira e Souza

Em: 07/12/17

AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos a todos os colaboradores deste trabalho, em especial:

À nossa família, em especial nossos pais, irmãos, por estarem sempre ao nosso lado, além dos grandes amigos que fizemos ao longo desta caminhada.

Ao nosso orientador e amigo Prof. Dr. Saulo Bruno, que ao longo desta jornada sempre nos estendeu a mão para ajudar, além de conselhos, paciência e transparência.

Ao Prof. Dr. Marcos Campos, pelos esclarecimentos, e paciência, sendo um verdadeiro co-orientador deste trabalho.

Ao Prof. MSc. Ricardo Prado Abreu Reis por todo o apoio e atenção na banca e auxílio na correção do presente trabalho.

RESUMO

Desde 2014, a capital do Estado de Goiás enfrenta uma redução de 25% nos índices de chuva acumulada. Neste mesmo ano a cidade de São Paulo enfrentou uma crise hídrica que afetou todo o sistema de abastecimento público, desencadeando os níveis críticos nos reservatórios. O aproveitamento de água pluvial surge como uma das alternativas sustentáveis para o uso racional da água. O presente trabalho aborda o aproveitamento de água pluvial, para fins não potáveis, em dez capitais brasileiras relacionando o impacto das variáveis locais no custo, operação e manutenção do reservatório. As cidades são: Goiânia, Fortaleza, Salvador, Rio de Janeiro, Manaus, Cuiabá, Florianópolis, Vitória, Porto Alegre e Belém. O delineamento da área de estudo possibilita a caracterização do comportamento pluviométrico na extensão do território brasileiro. O dimensionamento do reservatório foi realizado através de séries históricas de chuvas, a área de captação, a demanda de água, o número de usuários, o coeficiente de escoamento, a demanda suprida, possibilitando o cálculo do potencial de economia de água e assim é determinado o volume ótimo. O programa computacional utilizado foi o Netuno para o dimensionamento do reservatório. Para a análise de viabilidade econômica tomou-se por base o VPL, valor presente líquido que leva em consideração o investimento inicial e apresenta uma função de custos de operação e manutenção do reservatório e o índice de lucratividade (IL). Desta forma tornando possível observar qual a melhor cidade para investimento, no seu respectivo cenário e volume ótimo.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial, VPL, dimensionamento de reservatório, potencial de economia de água.

ABSTRACT

Since 2014, a capital of the state of Goiás faces a reduction of 25% in the ratios of accumulated rain. In the same year a city of São Paulo faced a crisis throughout the public supply system, triggering critical levels in the reservoirs. The use of rainwater appears as one of the sustainable alternatives for the rational use of water. The present work deals with the use of rainwater for non potable purposes in ten Brazilian capitals, relating the impact of local variables on the cost, operation and maintenance of the reservoir. The cities are: Goiânia, Fortaleza, Salvador, Rio de Janeiro, Manaus, Cuiabá, Florianópolis, Vitória, Porto Alegre and Belém. The design of the study area allows a characterization of the pluviometric behavior in the Brazilian territory. The sizing of the reservoir was carried out through historical rainfall series, a catchment area, a water demand, the number of users, the flow coefficient, a demand supplied, making possible the calculation of the water saving potential and thus determined the optimum volume. The computational program used for Neptune for the sizing of the reservoir. For an economic feasibility analysis, NPV was considered as the net present value that takes into account initial investment considerations and presents a reservoir operation and maintenance custody and profitability (IL) function. In this way making, observes a better quality for investment, its destination and optimal volume.

Keywords: Use of rainwater, VPL, reservoir, water saving potential.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.2.1: Algoritmo do programa Netuno para obtenção do volume de água pluvial armazenado no reservatório.....	10
Figura 2.2.2: Algoritmo do programa Netuno para obtenção do volume de água pluvial consumido.....	10
Figura 4.1: Gráfico representativo da precipitação média para das dez capitais.....	21
Figura 4.2: Função custo do reservatório para cidade de Belém.....	25
Figura 4.3: Função custo do reservatório para cidade de Porto Alegre.....	25
Figura 4.4: Função custo do reservatório para cidade de Fortaleza.	25
Figura 4.5: Função custo do reservatório para cidade de Manaus.....	26
Figura 4.6: Função custo do reservatório para cidade de Florianópolis.....	26
Figura 4.7: Função custo do reservatório para cidade de Goiânia.....	26
Figura 4.8: Função custo do reservatório para cidade do Rio de Janeiro.....	27
Figura 4.9: Função custo do reservatório para cidade de Cuiabá.....	27
Figura 4.10: Função custo do reservatório para cidade de Vitória.....	27
Figura 4.11: Função custo do reservatório para cidade de Salvador.....	28
Figura 5.1: Investimento para construir o reservatório x diferença de potencial.	38
Figura 5.2: Custos de manutenção e operação x diferença de potencial.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Médias mensais de precipitação para cada cidade.....	14
Continuação da Tabela 3.2: Médias mensais de precipitação para cada cidade.....	14
Tabela 3.3: Quantitativo da demanda de água pluvial por atividade.....	15
Tabela 3.4: Composição dos serviços de construção do reservatório.	17
Tabela 3.5: Histórico de reajustes das dez cidades e médias.....	20
Tabela 4.1: Demanda de água pluvial diária para as dez cidades.....	22
Tabela 4.2: Custos de manutenção e operação para as dez cidades.	29
Tabela 4.3: Custo de operação e manutenção total.	31
Tabela 4.4: Estrutura tarifária de água/esgoto para as dez cidades.	32
Tabela 4.5: Índice de lucratividade para coeficiente 0,1.	33
Tabela 4.6: Índice de lucratividade para coeficiente 0,2.	33
Tabela 4.7: Índice de lucratividade para coeficiente 0,3.	34
Tabela 4.8: Índice de lucratividade para coeficiente 0,4.	34
Tabela 4.9: Índice de lucratividade para coeficiente 0,5.	34
Tabela 5.1: Volume aproveitado (m ³) para Cuiabá.	36
Tabela 5.2: Volume aproveitado (m ³) para Florianópolis	36
Tabela 5.3: Volume aproveitado (m ³) para Goiânia.	36
Tabela 5.4: Volume aproveitado (m ³) para Fortaleza.....	36
Tabela 5.5: Volume aproveitado (m ³) para Manaus.....	37
Tabela 5.6: Volume aproveitado (m ³) para Belém.	37
Tabela 5.7: Volume aproveitado (m ³) para Rio de Janeiro.	37
Tabela 5.8: Volume aproveitado (m ³) para Porto Alegre.	37
Tabela 5.10: Volume aproveitado (m ³) para Vitória.	37
Tabela 5.9: Volume aproveitado (m ³) para Salvador.	37

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IL	Índice de Lucratividade
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NBR	Norma Brasileira
PSO	Particle Swarm Optimization
SECIMA	Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SPAAP	Sistemas Prediais de Aproveitamento de Água Pluvial
TIR	Taxa Interna de Retorno
UFG	Universidade Federal de Goiás
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	4
1 INTRODUÇÃO	4
1.1 Objetivos	5
CAPÍTULO 2	6
2 REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 Elementos do SPAAP	6
2.2 Oferta de água pluvial	7
2.3 Demanda de água pluvial	8
2.4 Dimensionamento do reservatório	8
2.5 Viabilidade Econômica	11
CAPÍTULO 3	12
3 METODOLOGIA	12
3.1 Delineamento de pesquisa	12
3.1.1 Mapeamento dos pontos de estudo	12
3.1.2 Escolha e caracterização da edificação	12
3.2 Dimensionamento do reservatório	13
3.2.1 Determinação da oferta de água pluvial	13
3.2.2 Determinação da demanda de água pluvial	14
3.3 Análise Econômica dos SPAAP	15
3.3.1 Determinação da função custo do reservatório	16
3.3.2 Determinação dos custos de manutenção e operação	17
3.3.3 Estrutura tarifária de água	19
3.3.4 Determinação da taxa mínima de atratividade	19
3.3.5 Histórico de reajustes tarifários	19
CAPÍTULO 4	21
4 REsultados	21
4.1 Dimensionamento do reservatório	21
4.1.1 Oferta de água pluvial	21
4.1.2 Demanda de água pluvial	21
4.1.3 Função custo do reservatório	24
4.1.4 Custos de manutenção e operação	28
4.1.5 Estrutura tarifária de água	32
4.1.6 Histórico de reajustes tarifários do serviço de água e esgoto	Erro! Indicador não definido.
4.2 Determinação do volume ótimo	33
CAPÍTULO 5	36
5 Conclusões	36

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento fundamental à geração e manutenção da vida. Sua relação com o homem é de várias dimensões. Possui valor econômico, ambiental e social. Em um período da história do homem onde se há grandes alterações no ambiente que o cerca, os recursos hídricos ficam vulneráveis à impactos permanentes.

O aproveitamento de água pluvial surge como uma alternativa para o uso racional da água. A captação direta de águas pluviais nas edificações pode ser considerada como uma fonte alternativa, reduzindo a demanda dos sistemas públicos de abastecimento. Porém sua utilização necessita de estudos acerca da viabilidade e eficiência no atendimento dos usos a que será destinada, avaliação dos possíveis riscos sanitários, adequação das instalações hidráulicas prediais, dimensionamento do sistema de captação, coleta e reservação, observando as características locais, evitando a implantação de projetos inadequados que comprometam os aspectos positivos da alternativa (COHIM, GARCIA e KIPERSTOK, 2007)

Para um estudo adequado de aproveitamento de água pluvial de uma região necessita-se buscar os dados de demanda e oferta além do volume a ser armazenado. Para estimativa de oferta os dados de precipitação locais em séries históricas são considerados. A demanda advém da quantidade de pessoas que irão fazer uso da água e seus hábitos e costumes são características que influenciam na quantificação do volume do reservatório. E por fim o volume a ser armazenado é determinado através do balanceamento da oferta e demanda.

Os usos finais da água devem ser bem definidos para determinar a demanda de água pluvial no dimensionamento do sistema. Em edificações residenciais, esses usos se distribuem em atividades onde a potabilidade da água é indispensável e em fins onde essa condição não é necessária (ROCHA, 2009). Importante destacar que o uso de fontes de água não potável pressupõe a existência de um sistema de gestão da água na fase de uso, de modo a garantir a qualidade da água disponibilizada, preservando a saúde dos usuários (CAMPOS, 2012).

É notável destacar que há um consenso entre pesquisadores que o dimensionamento adequado do reservatório de armazenamento de água pluvial é essencial porque afeta os custos

de implantação do sistema (COELHO FILHO, 2005; FEWKES; BUTLER, 1999; HERNANDES et al., 2004; MAY; PRADO, 2004). Ghisi (2006b) propõe um método em que relaciona a área de captação, números de moradores e demandas de água potável e pluvial no dimensionamento de reservatórios para fins de aproveitamento de água pluvial em residências. O software de análise dos dados utilizado é o Netuno.

O Netuno é um programa computacional, um modelo comportamental, desenvolvido para fazer estimativas do potencial econômico de água potável, para um ou mais volumes de reservatório (GHISI, 2006b). Onde através de uma planilha eletrônica analisa as demandas de água potável e pluvial, e precipitação para cada cidade a ser estudada, gerando resultados específicos para cada uma.

Toda a implementação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais depende do fator econômico de todo o seu processo, e sua viabilidade, podendo variar de capital para capital. Esta viabilidade está ligada diretamente no dimensionamento do reservatório, de acordo com Roebuck e Ashe (2006). Para a análise de viabilidade econômica é necessário fazer o ponderamento de uma série de fatores econômicos, como o custo de implementação, custo de manutenção, e operação em geral.

A viabilidade econômica deve ser também incorporada à avaliação da sustentabilidade ambiental, de forma a tornar os investimentos na redução dos impactos ambientais atrativos sob o ponto de vista de investidores (CAMPOS, 2012). Uma das técnicas de fluxo de caixa descontado é o VPL, que permite quantificar a vantagem econômica do investimento podendo ajudar nas ações de sustentabilidade. Permitindo também a melhor tomada de decisão entre as alternativas simuladas no Netuno.

1.1 Objetivos

Neste contexto inserido, o objetivo deste trabalho é verificar o impacto das variáveis locais de 10 cidades brasileiras na viabilidade econômica de reservatórios de aproveitamento de água pluvial.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Elementos do SPAAP

O sistema de aproveitamento de água pluvial é composto basicamente pelo sistema de captação, transporte, armazenamento e tratamento.

O sistema de captação de forma simplificada é o próprio telhado, onde toda a água precipitada escoará para uma tubulação de captação. Esta água captada entrará em contato com a superfície de coleta, o telhado, e assim a mesma poderá sofrer com a perda de qualidade, já que o telhado poderá conter resíduos da mais variada composição.

Outro aspecto importante no que tange a qualidade da água, são as impurezas contidas no telhado, que durante o período de estiagem aumentam significativamente devido ao seu acúmulo apresentando elevados valores de suas propriedades físico químicas.

A composição física do telhado também pode afetar na qualidade da água coletada, onde telhados feitos por metal e pvc apresentam qualidades semelhantes de acordo com Farrenu et al. (2011), devido a sua baixa porosidade, dificultando assim o acúmulo de partículas. Entretanto tanto os telhados compostos por cerâmica (mais porosos), quanto os metálicos podem apresentar qualidade que satisfaça os parâmetros definidos pela legislação brasileira, ABNT NBR 15310, de acordo com Rocha (2010).

Por fim existe o coeficiente de escoamento superficial (C_e), que é definido pela relação entre o volume total de água que foi captado e o volume de água precipitado. Este coeficiente ainda pode variar de acordo com os ventos, umidade, intensidade e duração da chuva, além da própria característica construtiva da edificação, como a inclinação do telhado, e material pelo qual o mesmo é formado (FARRENY et al., 2011)

O sistema de transporte (condutores verticais e horizontais) é encarregado de conduzir a água captada através de calhas para o reservatório e em seguida para os pontos de consumo. Este sistema deve ser dimensionado de forma que consiga transportar e suportar uma vazão da

estação chuvosa. O dimensionamento destes condutores devem atender aos critérios estabelecidos pela NBR 10.844 (ABNT, 1998).

O tratamento deste processo está diretamente ligado na qualidade da água coletada e a sua finalidade (CAMPOS, 2012), além da composição da superfície de contribuição na qual a água irá escoar. O sistema de desinfecção ainda visa o descarte dos primeiros 2mm de água escoado, proveniente da primeira precipitação, já que esta efetua a limpeza do telhado, apresentando assim uma baixa qualidade (HAGEMANN, 2009). O sistema de desinfecção tem a finalidade de elevar a qualidade da água escoada e coletada, podendo ser utilizado o cloro, ultravioleta, sulfato de prata ou até ionização como principal medida de redução de bactérias (MAY, 2004). Antes deve-se adotar um sistema de filtração: filtros de celulose, filtro de areia para remover a carga orgânica mais pesada.

2.2 Oferta de água pluvial

Através da NBR 15527 foi definido o volume aproveitável de água pluvial, onde a mesma é composta pela relação entre a precipitação média, área de captação, coeficiente de escoamento superficial da cobertura e a eficiência do sistema, como mostra o formulário abaixo:

$$V_{\text{aproveitável}} = P \cdot A \cdot C_e \cdot n \quad (\text{Equação 1})$$

Onde :

P, é a precipitação média, mm;

A, é a área de captação, m²;

C_e, é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura, adimensional;

N, é a eficiência do sistema, %;

O histórico de precipitação pode ser obtido por meio do banco de dados do INMET, determinando o intervalo da série histórica de cada capital. Cidades com grandes estiagens necessitam de grandes reservatórios afim de vencer o período de seca (CAIN, 2010).

2.3 Demanda de água pluvial

A demanda de água pluvial é obtida através dos indicadores de consumo, levando em consideração o número de usuários, a época do ano, a frequência de uso, duração, e a tipologia dos instrumentos hidráulicos, áreas de lavagem e irrigação. Uma vez definido os indicadores, os mesmos serão ampliados em função do número de usuários, ou pela área que receberá a lavagem ou a irrigação.

É necessário avaliar os hábitos das pessoas que farão uso da água, uma vez que o uso está relacionado à uma atividade, influenciando na quantificação da demanda. O volume consumido em cada uso varia com o padrão de utilização (frequência, duração e vazão), com os equipamentos sanitários existentes (economizadores ou não) e com propriedades do sistema predial como a pressão (CAMPOS, 2012).

2.4 Dimensionamento do reservatório

O correto dimensionamento do reservatório assume um dos principais papéis deste estudo, já que os limites que definem o superdimensionamento e o sub dimensionamento é muito tênue, sendo que ambos os casos levam ao desequilíbrio financeiro. O superdimensionamento ocorre quando o reservatório não armazena a água até o seu limite em nenhuma época do ano, ocupando um espaço desnecessário, elevando os custos de implantação e manutenção. Ao contrário o sub dimensionamento não supre a demanda desejada, forçando assim o reservatório a atuar sempre no limite, desgastando o reservatório devido a falta de água e ainda assim trabalhando abaixo o esperado.

O dimensionamento implicará na observação do volume a ser armazenado, assim como a demanda a ser suprida, além do horizonte de abastecimento. Para isso se torna indispensável a análise de precipitação, já que a pluviosidade pode variar consideravelmente ao longo de todo o território brasileiro.

Para o dimensionamento do reservatório para armazenamento de de água no sistema de aproveitamento de água pluvial, existem várias metodologias disponíveis que varia em complexidade e grau de sofisticação, que podem ser classificadas como: métodos gráfico; prático; baseado no diagrama de massa (Rippl); método baseado em modelos estatísticos e método de simulação (LIAW & TSAI, 2004).

Entretanto todos estes métodos, incluindo o método de Rippl, tendem para cálculos que levam à ineficiência dimensionamento do volume ótimo do reservatório de armazenamento de água da chuva, seja para o sub dimensionamento ou para o superdimensionamento. Tendo em vista os problemas citados chega-se a conclusão de que a metodologia apresentada por Ghisi et al (2009) , utilizando o programa computacional NETUNO seja uma metodologia mais ajustada para o cálculo desta tipologia de reservatório.

Para a utilização do modelo de dimensionamento de reservatórios, previamente aos cálculos deve-se fazer o levantamento do volume total de água demandado para o consumo, podendo variar ao longo do ano, e da região ou ser fixa. Em seguida é avaliado a porcentagem da substituição da água a ser coletada pelo sistema pela fonte de abastecimento convencional. Por último ocorre a entrada dos dados pluviométricos e da área total de coleta da água pluvial no software, gerando assim o volume do reservatório em relação a diferença de potencial de economia de água. Pode-se visualizar o algoritmo utilizado para dimensionamento do reservatório na (Figura 2.2.1 e Figura 2.2.2).

Sendo:

VR: é o volume de água pluvial armazenado no reservatório, em L;

VC: é o volume de água pluvial consumido, em L;

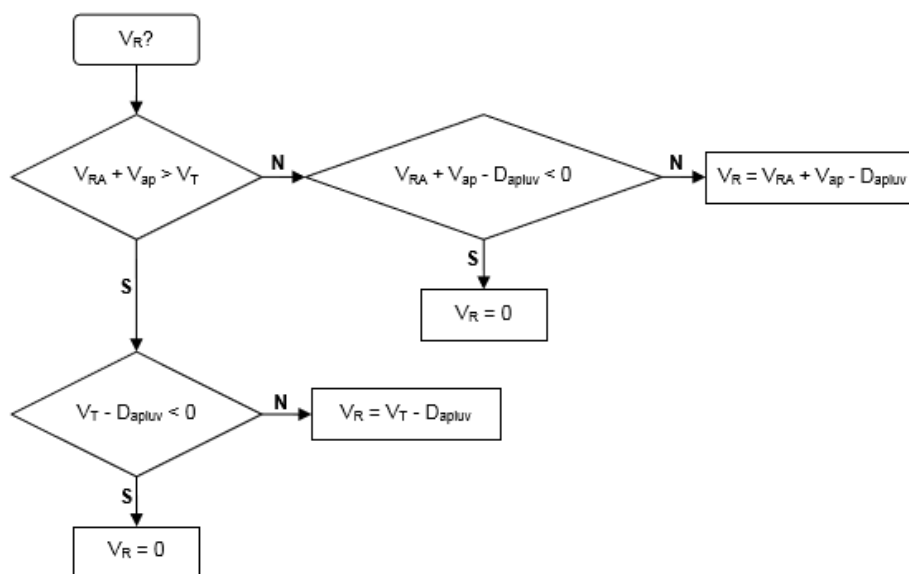
VT: é o volume útil do reservatório, em L;

VAP: é o volume aproveitável de água pluvial, em L;

VRA: é o volume de água pluvial armazenado no reservatório no intervalo de tempo imediatamente anterior, em L;

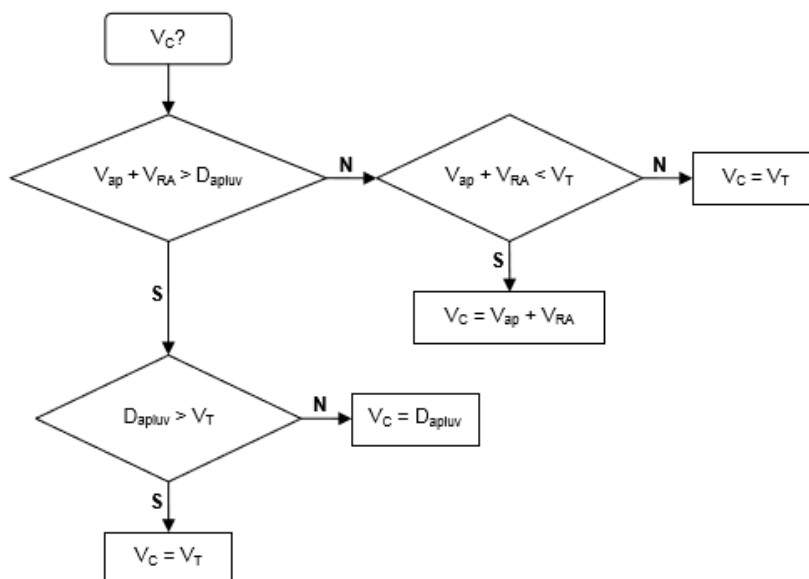
DAPLU: é a demanda de água pluvial, em L.

Figura 2.2.1: Algoritmo do programa Netuno para obtenção do volume de água pluvial armazenado no reservatório.



Fonte: ROCHA (2009)

Figura 2.2.2: Algoritmo do programa Netuno para obtenção do volume de água pluvial consumido.



Fonte: ROCHA (2009)

2.5 Viabilidade Econômica

Quando se toma iniciativa de tornar realidade um investimento, a tomada de decisão é um processo a ser avaliado. Todas as ferramentas disponíveis irão determinar a dificuldade de se avaliar a melhor opção de investimento. E como citado anteriormente, a água é dotada de valor econômico, então o seu desperdício ou sub dimensionamento do reservatório significa o mesmo que um mau investimento.

No Brasil a principal análise de qualidade de investimentos é o payback atualizado que aborda a recuperação dos investimentos através do tempo. É de fácil compreensão e de determinação, o que justifica a popularidade do método. Monteiro (2003) argumenta que o payback atualizado não serve como indicador de lucratividade, já que não considera as entradas e saídas do fluxo de caixa após o período de recuperação.

Ywashima (2005) e Campos et al (2007b) apresentam as desvantagens de se utilizar somente o payback atualizado para a análise da qualidade de investimentos e propõem complementar essa avaliação com outros indicadores econômicos: taxa interna de retorno (TIR) e valor presente líquido (VPL).

A TIR é definida como a taxa de desconto que deverá ser utilizada para igualar os valores presentes de entradas e saídas de um determinado fluxo, ou seja, a taxa de atratividade para que o VPL seja igual a zero. Para que este valor seja aceitável, esta taxa deve ser comparada com uma taxa de atratividade usual do mercado, normalmente estabelecida pelo investidor, em função do risco e do perfil de investimento (ROCHA LIMA JÚNIOR, 1998).

O VPL, por sua vez, corresponde à diferença entre os valores presentes das entradas e saídas de um determinado fluxo de caixa, por meio da consideração de uma taxa de desconto mínima. O VPL foi selecionado como o principal indicador, pois permite a comparação de opções que são excludentes entre si, além de determinar o valor final do investimento.

A qualidade do investimento em questão depende da determinação da relação que traga o maior benefício (aproveitamento de água pluvial) com o menor investimento. Para tanto, são utilizadas técnicas de otimização para a solução de problemas, as quais permitem, de forma rápida e eficiente, o encontro deste valor.

CAPÍTULO 3

3 METODOLOGIA

3.1 Delineamento de pesquisa

3.1.1 Mapeamento dos pontos de estudo

O território nacional brasileiro apresenta um regime pluviométrico variável em sua extensão. Logo a escolha das cidades de estudo baseou-se na disponibilidade de dados pluviométricos no INMET, e na disponibilidade de dados dos preços de construção no SINAPI.

Uma vez que houve previamente um estudo, (MUNIZ, 2016) com cinco capitais brasileiras, sendo elas: Natal, Brasília, Curitiba, Belo Horizonte e Palmas, o presente trabalho realizou o estudo em outras 10 capitais brasileiras, divididas em duas por região, Florianópolis e Porto Alegre (Sul), Vitória e Rio de Janeiro (Sudoeste), Goiânia e Cuiabá (Centro Oeste), Manaus e Belém (Norte), Salvador e Fortaleza (Nordeste).

Um dos pontos de estudo deste trabalho é explanar os diferentes comportamentos pluviométricos ao longo de todo o território brasileiro, observando que as cidades escolhidas estão localizadas em isoietas distintas.

3.1.2 Escolha e caracterização da edificação

Primeiramente, considerou-se que a edificação existe em cada uma das cidades estudadas. O tipo da edificação é classificado como institucional educacional pública. O edifício escolhido foi o prédio da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás, em Jataí, ao qual já houve um estudo de SAAP anterior (PACHECO 2016).

Um dos motivos de se escolher uma edificação pública é a facilidade de se obter o projeto arquitetônico que através dele é possível extrair as áreas de interesse as quais serão essenciais para se determinar o consumo de água pluvial do edifício.

As tipologias de uso vão desde salas de aula até laboratórios e clínicas para atendimento à sociedade. Com salas de aula, laboratórios de informática e específicos, consultórios experimentais, três auditórios, centro acadêmico, lanchonete e copiadora.

A área que total construída é de 5337,40 m² sendo 1488,02 m² de cobertura. Possui quatro pavimentos, sendo que o térreo possui 1335 m², o primeiro pavimento, 1309 m² e o segundo e terceiro pavimentos 1296,40 m² cada um, além de 100,60 m² do pavimento técnico.

3.2 Dimensionamento do reservatório

O método de dimensionamento escolhido para o dimensionamento do reservatório vem da otimização da função VPL, através da técnica de otimização PSO (particle swarm optimization – Otimização por enxames de partículas), apresentada por Campos (2012). O método consiste em utilizar coeficientes de entrada com valores diferentes para estimativa do volume do reservatório, alcançando assim vários volumes. O volume procurado será aquele que trará o maior VPL.

Para o sucesso da técnica algumas condições devem ser fixadas inicialmente. Para dar início às simulações considera-se a profundidade máxima do reservatório de 2 metros e o seu material de construção é o concreto armado e vida útil de 20 anos. Desta forma o VPL será determinado a partir deste tempo de vida.

3.2.1 Determinação da oferta de água pluvial

O regime pluviométrico da localidade, com base em séries históricas de 15 anos, como citado no item 3.3.1, é a função que irá reger a oferta de água. Sabe-se que cada cidade possui um regime próprio devido às características de relevo, clima, vegetação e localização geográfica.

A série de dados foi obtida a partir da data inicial de 01/01/2000 até 31/12/2016. Entretanto foi notado que havia algumas falhas ou erros de medição em alguns períodos. As falhas foram assim preenchidas com o valor de grandeza zero.

Entende-se por oferta a capacidade do ambiente de fornecer água ao sistema. A precipitação é o dado de entrada para a estimativa da oferta de água. Logo há a importância de adquirir dados de precipitações diárias em séries históricas de no mínimo 15 anos.

A partir da série de dados, calcula-se a média e máxima de chuvas, bem como a estiagem. De forma que localidades onde os períodos de estiagem são longos necessitam de maiores quantidades de água armazenada. O banco de dados utilizado foi o INMET.

Tabela 3.1: Médias mensais de precipitação para cada cidade.

CUIABÁ (mm)	FLORIANÓPOLIS (mm)	BELÉM (mm)	FORTALEZA (mm)	GOIÂNIA (mm)	
230,3	211,6	366,4	179,3	273,6	jan
233,3	179,5	446,8	188,9	244,1	fev
222,8	196,6	515,7	337,6	271,1	mar
79,9	137,8	450,6	386,9	125,3	abr
47,6	127,5	314,1	220,4	27,4	mai
17,9	85,5	235,8	139,7	4,1	jun
21,7	116,6	179,5	93,1	2,1	jul
25,9	111,4	129,1	28,9	10,1	ago
51,3	164,7	123,7	14,9	54,0	set
130,9	146,3	137,0	8,6	135,3	out
183,6	159,7	127,0	9,0	231,8	nov
200,1	157,5	292,5	35,1	293,5	dez

Continuação da Tabela 3.2: Médias mensais de precipitação para cada cidade.

MANAUS (mm)	PORTO ALEGRE (mm)	RIO DE JANEIRO (mm)	SALVADOR (mm)	VITÓRIA (mm)	
266,7	107,0	171,9	98,7	174,1	jan
306,6	115,7	91,5	112,7	75,6	fev
330,9	112,7	145,7	126,2	155,7	mar
311,0	93,7	120,5	273,0	111,7	abr
231,4	115,6	73,9	308,4	79,4	mai
110,6	127,4	54,8	246,5	65,5	jun
70,3	156,2	56,4	185,7	56,3	jul
57,1	131,2	35,6	124,3	60,9	ago
73,4	161,6	66,5	96,1	51,5	set
114,4	152,2	97,8	100,5	109,6	out
180,2	106,9	130,3	86,1	201,0	nov
255,06	109,1	145,6	68,8	173,0	dez

Fonte: Os Autores.

3.2.2 Determinação da demanda de água pluvial

A quantidade de água que é retirada de um sistema de aproveitamento de água pluvial destinada ao consumo na edificação é definida como demanda. Lembrando que para atividades que não exijam o uso de água potável. A tipologia da edificação, institucional educacional pública, abrange os seguintes usos para água pluvial: descargas de bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de piso. A quantidade de água para cada atividade é quantificada na tabela abaixo:

Tabela 3.3: Quantitativo da demanda de água pluvial por atividade

Demanda	
Bacias sanitárias	0,9 descarga/aluno/dia, 25% com volume total (6,8 L/descarga) e 75% com volume parcial (3,4 L/descarga). Número médio para dias da semana e aos sábados
Lavagem	0,5 L/m ² , com pano e balde nos dias úteis e 1,0 L/m ² , com balde e rodo nos sábados
Irrigação	3 vezes por semana (segundas, quartas e sextas) com vazão de 2,4 L/m ² , em toda a área de jardim

Fonte: Campos (2012)

Considerou-se a relação entre o número de usuários e os dias de semana, sendo que os dias letivos, de segunda à sexta, foram frequentados por funcionários e estudantes, e nos finais de semana apenas por funcionários. Os dias letivos considerados abrangiam o período entre março a junho, e outro período de agosto a novembro.

A irrigação ocorreu três vezes por semana, segunda, quarta e sexta, durante todo o ano. Sendo que em meses onde a precipitação atingiu mais do que 200 mm, não havia necessidade de irrigação. A área de irrigação foi obtida nos projetos construtivos da edificação.

No que tange a lavagem dos pavimentos sábado e domingo há o dobro do consumo de água e durante a semana a limpeza ocorre apenas com pano úmido.

3.3 Análise Econômica dos SPAAP

A análise de viabilidade econômica é uma ferramenta utilizada para verificar se determinado investimento é rentável ou não. Esta ferramenta é o principal objeto de pesquisa a ser ponderado por uma pessoa ou empresário, uma vez que a pesquisa só progredirá se a mesma for rentável. Outra questão relevante quando se diz respeito a investimento é em quanto tempo o capital inicial investido será amortizado, e a partir de qual período a ferramenta, neste caso SAAP, começará a dar ganho ao investidor.

Como exposto anteriormente, foi determinado o volume ótimo para cada capital e para cada panorama ou cenário, e em seguida realizado o cálculo do valor presente líquido, utilizando os cenários descritos.

O VPL é determinado pelo formulário apresentado a seguir, onde o mesmo é simulado através do fluxo de caixa.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+i)^{j+1}} = FC1 + \frac{FC2}{(1+i)^{j+1}} + \frac{FC2}{(1+j)^{j+2}} + \dots$$

Onde:

FC, é o fluxo de caixa (R\$);

I, é a taxa de desconto (%);

J, é uma grandeza definida em um (1);

T, representa o ano correspondente;

Em seguida foi calculado o índice de lucratividade, através do formulário abaixo:

$$IL = \frac{VPL}{I_0} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

I, representa o investimento inicial (R\$);

Para este projeto ser rentável e atrativo o índice de lucratividade (IL) deverá ser maior que um, quanto maior for a grandeza obtida através da equação de “IL” mais rentável será o sistema como um todo. Para valores inferiores a um, não é indicado a instalação no SAAP na localidade, descartando assim o projeto.

3.3.1 Determinação da função custo do reservatório

A função custo do reservatório está relacionada com o volume a ser armazenado e os custos de implementação do mesmo. Ao qual estão inseridas atividades, materiais de construção, mão de obra diária, sendo necessário o levantamento do quantitativo e preços de cada etapa.

Cabe salientar que cada cidade possui suas tarifas locais para cada serviço, mas a composição destes é a mesma, como descrita na tabela abaixo:

Tabela 3.4: Composição dos serviços de construção do reservatório.

LOCAÇÃO CONVENCIONAL DA OBRA
ESCAVAÇÃO MANUAL EM SOLO ATÉ 2M DE PROFUNDIDADE
ESCAVAÇÃO MANUAL EM SOLO DE 2M ATÉ 4M DE PROFUNDIDADE
REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO MANUAL DE TERRENO COM SOQUETE
REA TERRO INTERNO (EDIFICAÇÕES) COMPACTADO MANUALMENTE
LASTRO DE BITRA
CONCRETO USINADO BOMBEADO FCK=15 MPA (INCLUI LANÇAMENTO E ADENSAMENTO)
ARMAÇÃO AÇO CA 50 PARA 1M³ DE CONCRETO
FORMA TÁBUA PARA CONCRETO, 05 UTILIZAÇÕES
IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA TRAÇO 1:3 E=2,5CM

Fonte: Os autores.

Após o levantamento dos dados é possível gerar um gráfico, no qual o valor de execução do reservatório varia de acordo com o volume do mesmo. Em seguida, é acrescentada uma linha de tendência polinomial de segundo grau ao gráfico, e gerada uma função que somente é considerada válida se o valor de R^2 estiver entre 0,90 e 1,00.

3.3.2 Determinação dos custos de manutenção e operação

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, SINAPI, foi o banco de dados utilizado para a pesquisa de preços de materiais construção, mão de obra e serviços aplicados ao dimensionamento do reservatório. É um banco de dados confiável devido aos seus órgãos gestores federais, Caixa Econômica Federal e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além de possuir registros de mais de quinze anos. Desta forma tornou-se possível a aplicabilidade dos dados devido a sua coerência e tornando possível a comparação dos diferentes valores para cada cidade.

O levantamento de dados para custos de operação e manutenção do reservatório foi obtido através da categoria “Desonerado” na tabela SINAPI. O levantamento de horas trabalhadas do servente foi obtido através da categoria “Insumos”.

Os custos de operação e manutenção podem ser mensais, bimestrais, semestrais ou anuais. Dentre eles estão: o consumo de energia pela bomba e a realização de ensaios para verificação da qualidade da água, conforme norma ABNT NBR 15527 (ABNT, 2007). Os custos de

manutenção são: os produtos de desinfecção, limpeza do filtro e manutenção geral do reservatório, calhas e bomba.

Segundo Muniz (2016), a periodicidade adotada para os produtos de desinfecção deve ser mensal, a de limpeza do filtro, bimestral e a de manutenção geral, anual. Para obtenção dos custos com a limpeza do filtro e manutenção geral do reservatório, foi retirado da tabela SINAPI de agosto de 2017 o preço da mão de obra de um servente com encargos para cada cidade. No caso da limpeza do filtro foi considerada a mão de obra de meia diária de um servente, já no caso da manutenção geral, uma diária. Para os testes de qualidade da água a frequência está determinada na norma.

Para o consumo de energia advindo da bomba foi utilizada a tarifa de energia de cada concessionária de cada cidade, ou seja, o preço por kWh. Tendo todas as especificações da bomba tornou-se possível calcular seu gasto mensal.

A determinação do valor a ser pago pelo consumo mensal de energia da bomba, a fórmula utilizada é a mostrada na Equação abaixo:

$$CM = P.t.N.V \quad \text{(Equação 3)}$$

Em que:

CM – é o consumo mensal de energia pela bomba, em R\$/mês;

P – potência da bomba escolhida, em kWh;

t – tempo de funcionamento da bomba em h/dia;

N – número de dias em que a bomba funciona no mês, em dias;

V – valor do kWh praticado pela concessionária de energia elétrica, em R\$/kWh.

Sendo que a bomba escolhida para esta determinação é uma bomba submersa vibratória para reservatório ou cisterna, com potência de 450 kW e elevação máxima de 50 metros, seu tempo de funcionamento é de 6 horas por dia, e o número médio de dias em funcionamento é de 25 dias por mês.

3.3.3 Estrutura tarifária de água

Através da consulta na concessionária de água/esgoto de cada cidade foi possível obter os valores atuais praticados de tarifas. Estas estão em função do volume, variando de preço de acordo com faixas de consumo.

3.3.4 Determinação da taxa mínima de atratividade

A taxa mínima de atratividade é o parâmetro relacionado com o retorno do investimento. Caso este retorno seja maior que a taxa, o projeto é considerado viável. Neste trabalho, foi adotado 0,83% ao mês para a taxa de atratividade, os mesmos valores utilizados por Campos (2012).

3.3.5 Histórico de reajustes tarifários

Para se determinar o valor presente líquido (VPL) foi necessário obter os históricos de reajustes das tarifas praticadas em cada uma das cidades. Esta medida foi necessária devido que em cada capital é praticado uma tarifa diferente, já que existe uma concessionária de abastecimento diferente em cada uma delas.

A variação da tarifa se deve a realidade vivida em cada localidade, como a variação de impostos, por exemplo, não apresentando assim uma linearidade dos custos. Outra consideração feita neste trabalho é referente a tarifa de esgoto. Para que a mesma não interferisse nos resultados foi considerado que ela seria 100% da tarifa de água em todas as localidades.

Observando a tabela abaixo, vemos que em datas mais atuais Manaus, Porto Alegre e Goiânia apresentam as maiores tarifas, com destaque para Porto Alegre, apresentando um valor máximo de 6,11 reais a cada metro cubico, no ano de 2014, no outro extremo observamos Belém, que no ano de 2015 apresentou uma tarifa de 0,72 reais por metro cubico. Quando observamos os anos de 1996 até 2005 vemos uma linearidade maior nos custo, apresentando uma variação menor em todas as capitais.

Na obtenção dos dados foi verificado ainda a ausência de medições para duas localidades, e foi adotado o valor nulo para o preenchimento da mesma. Esta metodologia não causaria interferência no resultado final do trabalho.

Tabela 3.5: Histórico de reajustes das dez cidades e médias.

	PA	MT	SC	CE	GO	MA	RS	RJ	BA	ES
1	9,23%	90,70%	18,56%	11,32%	12,68%	36,90%	19,53%	10,26%	8,57%	19,05%
2	39,44%	4,88%	3,48%	-5,08%	10,00%	-9,57%	-7,84%	11,63%	13,16%	0,00%
3	2,02%	0,00%	1,68%	12,50%	0,00%	6,73%	-51,06%	-2,08%	-13,95%	5,33%
4	6,93%	0,00%	6,61%	1,59%	6,82%	-25,23%	175,36%	11,70%	17,57%	15,19%
5	21,30%	0,00%	6,20%	21,88%	7,45%	-2,41%	-41,16%	2,86%	5,75%	7,69%
6	8,40%	0,00%	10,22%	8,97%	20,79%	0,00%	99,46%	11,11%	5,43%	14,29%
7	0,70%	0,00%	6,62%	15,29%	28,69%	0,00%	18,39%	19,17%	13,40%	15,18%
8	-1,40%	0,00%	11,80%	17,35%	11,46%	0,00%	16,67%	7,69%	10,00%	13,95%
9	10,64%	0,00%	16,67%	8,70%	0,57%	6,17%	-23,70%	33,77%	9,92%	1,36%
10	1,16%	7,18%	11,53%	4,33%	1,86%	4,05%	0,66%	22,15%	6,07%	9,36%
	9,84%	10,28%	9,34%	9,68%	10,03%	1,67%	20,63%	12,82%	7,59%	10,14%

Fonte: Biblioteca digital da câmara dos deputados.

CAPÍTULO 4

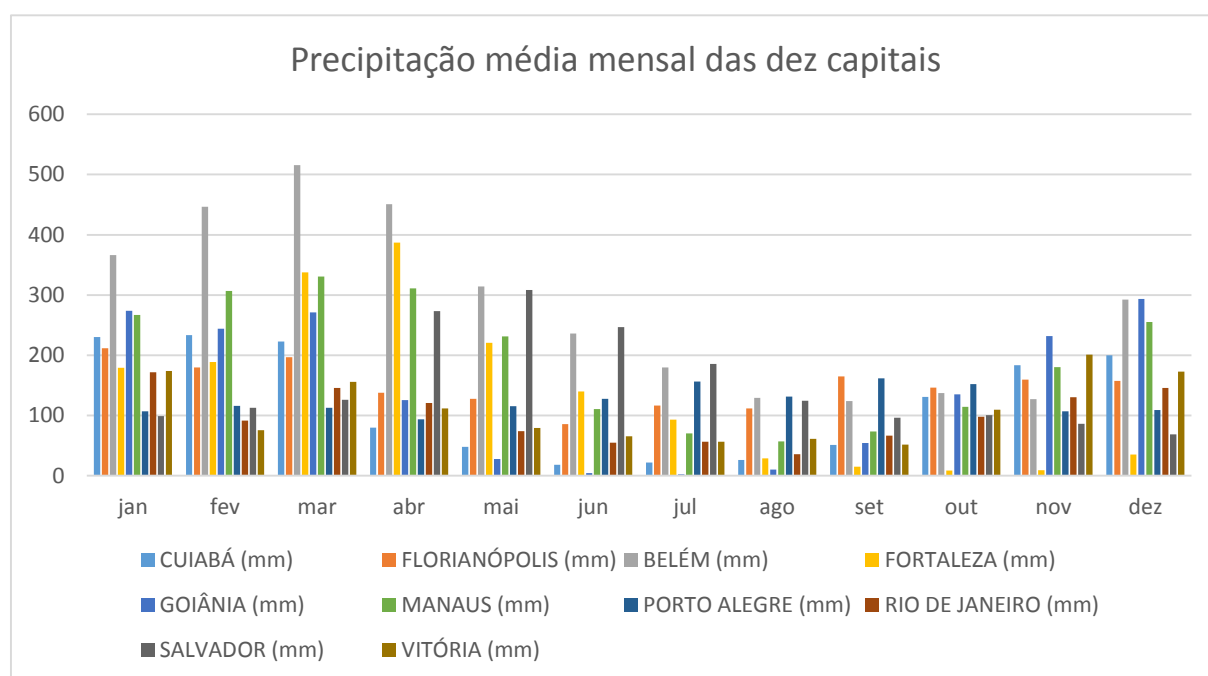
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Dimensionamento do reservatório

4.1.1 Oferta de água pluvial

As séries históricas foram obtidas pelo bando de dados do INMET dentro do período de 01/01/2000 à 31/12/2016. Os dados de precipitação estavam com frequência diária de medição, em milímetros. Verifica-se as médias mensais de cada cidade na tabela abaixo:

Figura 4.1: Gráfico representativo da precipitação média para das dez capitais.



Fonte: Os Autores.

A cidade com maior precipitação é Manaus com 330,98 mm no mês de Março, em contrapartida a menor pluviometria encontra-se em Goiânia com 2,11 mm no mês de Julho.

4.1.2 Demanda de água pluvial

Considerou-se componentes da demanda as áreas de irrigação e lavagem, a quantidade de usuários que variou de acordo com os meses letivos e não letivos. Nos dias de recesso de aula e finais de semana considerou-se uma frequência de 20% dos usuários no edifício. A área de lavagem é de 5281,71 m², área de irrigação de 153,41 m² e de irrigação interna de 18 m². O

número de usuários em período letivo é de 763 e nos períodos de recesso e finais de semana é de 153, sendo que estas quantidades seguem previsões estabelecidas nos projetos da edificação. A tabela abaixo mostra a demanda para cada uma das cidades estudadas.

Tabela 4.1: Demanda de água pluvial diária para as dez cidades.

Mês		Demanda Diária Estimada (m³)						
		Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab
Belém	Jan/Fev	0	3,3	3,2	3,3	3,2	3,3	5,9
	Mar/Abr	0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	8,2
	Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	8,2
	Jul (16 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Ago/Set/Out	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	5,9
	Nov/Dez (1 a 20)	0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	8,2
	Dez (21 a 31)	0	3,3	3,2	3,3	3,2	3,3	5,9
Porto Alegre	Jan/Fev	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Mar/Abr	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Jul (16 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Ago/Set/Out	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Nov/Dez (1 a 20)	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Dez (21 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
Fortaleza	Jan/Fev	0	3,3	3,2	3,3	3,2	3,3	5,9
	Mar/Abr	0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	8,2
	Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	8,2
	Jul (16 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Ago/Set/Out	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Nov/Dez (1 a 20)	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Dez (21 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
Manaus	Jan/Fev	0	3,3	3,2	3,3	3,2	3,3	5,9
	Mar/Abr	0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	8,2
	Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Jul (16 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Ago/Set/Out	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Nov/Dez (1 a 20)	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Dez (21 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9

Fonte: Os Autores

Tabela 4.1 (continuação): Demanda de água pluvial diária para as dez cidades.

Mês		Demanda Diária Estimada (m³)						
		Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab
Goiânia	Jan/Fev	0	3,3	3,2	3,3	3,2	3,3	5,9
	Mar/Abr	0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	8,2
	Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Jul (16 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Ago/Set/Out	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Nov/Dez (1 a 20)	0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	8,2
	Dez (21 a 31)	0	3,3	3,2	3,3	3,2	3,3	5,9
Rio de Janeiro	Jan/Fev	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Mar/Abr	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Jul (16 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Ago/Set/Out	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Nov/Dez (1 a 20)	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Dez (21 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
Cuiabá	Jan/Fev	0	3,3	3,2	3,3	3,2	3,3	5,9
	Mar/Abr	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Jul (16 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Ago/Set/Out	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Nov/Dez (1 a 20)	0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	8,2
	Dez (21 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
Vitória	Jan/Fev	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Mar/Abr	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Jul (16 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Ago/Set/Out	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Nov/Dez (1 a 20)	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Dez (21 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9

Fonte: Os Autores.

Tabela 4.1 (continuação): Demanda de água pluvial diária para as dez cidades.:

Mês		Demanda Diária Estimada (m ³)						
		Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab
Salvador	Jan/Fev	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Mar/Abr	0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	8,2
	Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	8,2
	Jul (16 a 31)	0	3,3	3,2	3,3	3,2	3,3	5,9
	Ago/Set/Out	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Nov/Dez (1 a 20)	0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	8,2
	Dez (21 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
Florianópolis	Jan/Fev	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Mar/Abr	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Jul (16 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9
	Ago/Set/Out	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Nov/Dez (1 a 20)	0	5,9	5,6	5,9	5,6	5,9	8,2
	Dez (21 a 31)	0	3,6	3,2	3,6	3,2	3,6	5,9

Fonte: Os Autores.

Nota-se que as cidades que obtiveram precipitação mensal acumulada maior do que 200mm não precisou realizar a atividade de irrigação, diminuindo a demanda diária como por exemplo: Goiânia em Nov/Dez.

Os valores de demanda apresentam uma uniformidade de dados para a grande maioria das cidades pois os valores de entrada estão levando em conta a quantidade de usuários em relação aos dias letivos. Para as cidades que não apresentam os mesmos valores é verificado que a precipitação é maior do que 200mm mensal, logo não há necessidade de irrigação, alterando o valor da demanda.

4.1.3 Função custo do reservatório

Após a determinação de todos os elementos que envolvem a construção do reservatório, os gráficos do preço dos materiais e serviços pelo volume do reservatório foram construídos e adicionados a eles linhas de tendência que mais se ajustavam aos valores calculados, que neste caso foram do tipo polinomiais do segundo grau. É importante ressaltar que para todas as cidades foi obtido um R^2 entre 0,90 e 1,00. As Figuras 4.1 à 4.11 abaixo mostram os gráficos

da função custo do reservatório para cada cidade, com as linhas de tendência inseridas a eles. Abaixo de cada figura se encontram as equações referentes aos gráficos expostos.

Figura 4.2: Função custo do reservatório para cidade de Belém.

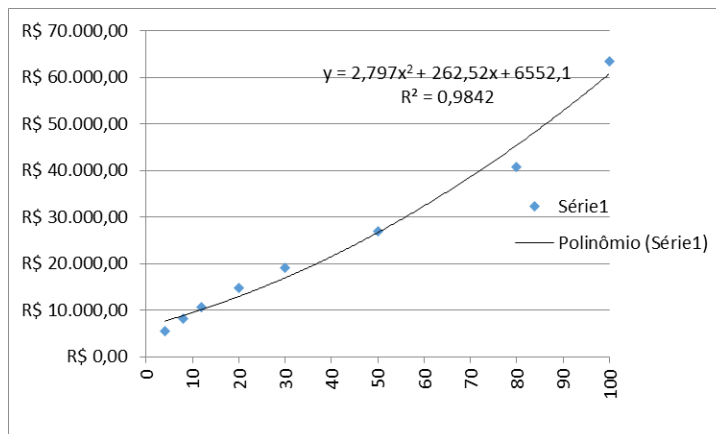


Figura 4.3: Função custo do reservatório para cidade de Porto Alegre.

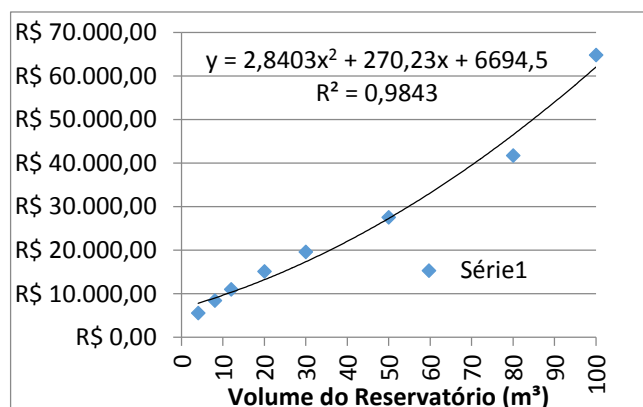


Figura 4.4: Função custo do reservatório para cidade de Fortaleza.

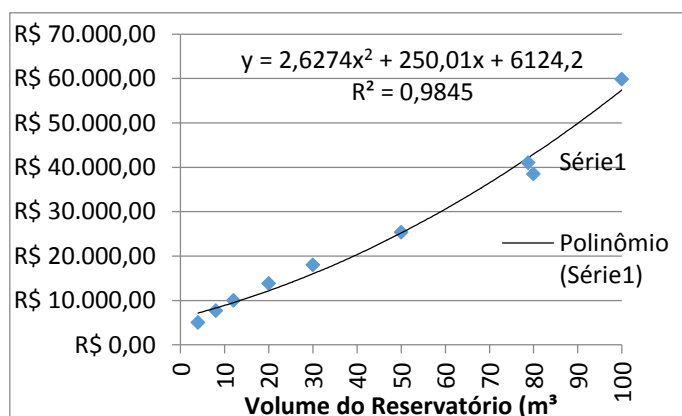


Figura 4.5: Função custo do reservatório para cidade de Manaus.

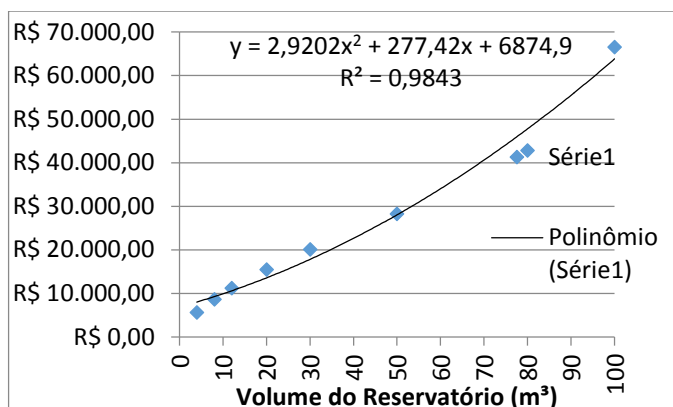


Figura 4.6: Função custo do reservatório para cidade de Florianópolis.

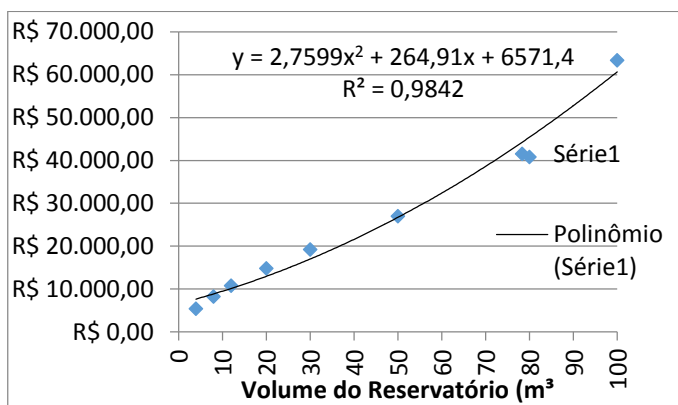


Figura 4.7: Função custo do reservatório para cidade de Goiânia.

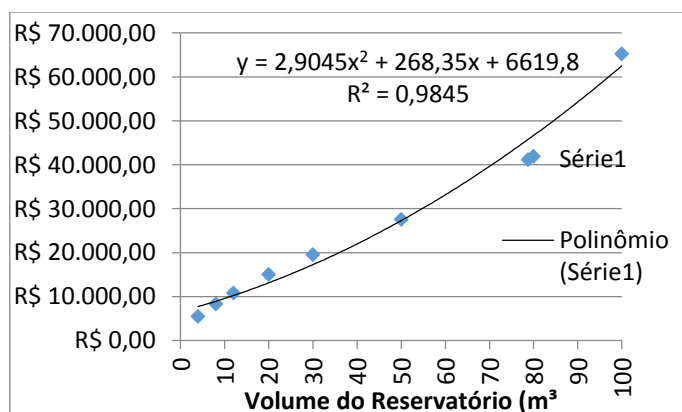


Figura 4.8: Função custo do reservatório para cidade do Rio de Janeiro

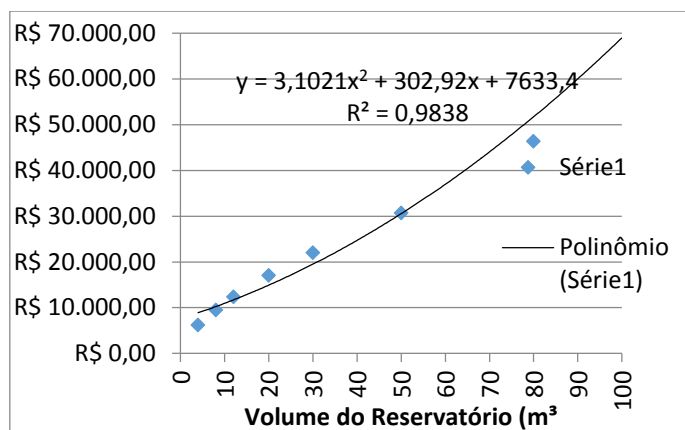


Figura 4.9: Função custo do reservatório para cidade de Cuiabá.

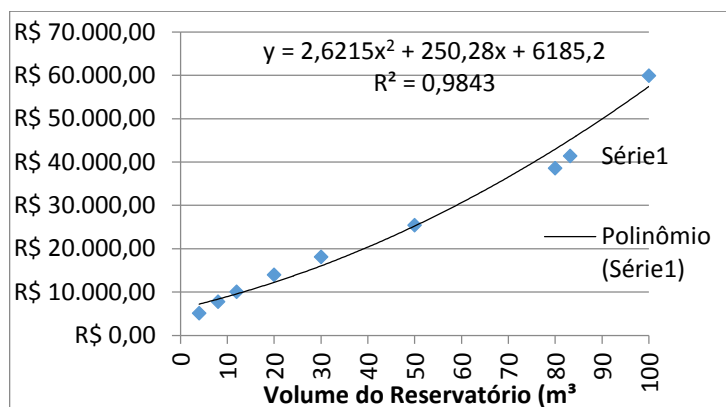


Figura 4.10: Função custo do reservatório para cidade de Vitória.

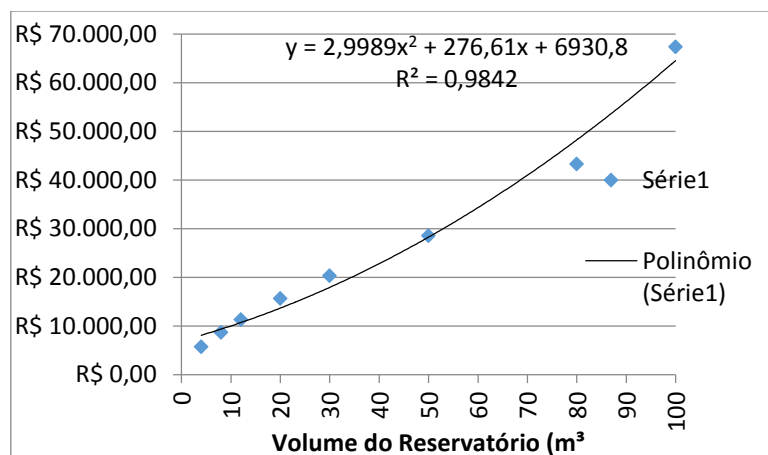
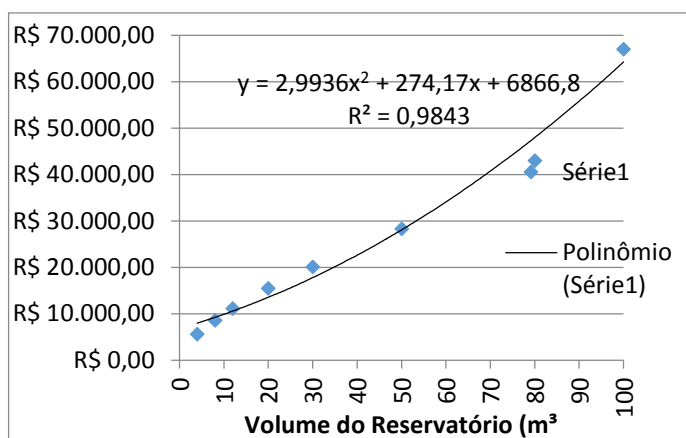


Figura 4.11: Função custo do reservatório para cidade de Salvador.



Fonte: Os Autores.

4.1.4 Custos de manutenção e operação

Para obtenção dos custos dos ensaios foi realizado a cotação de preço para cada ensaio. Optou-se por realizar todos os ensaios das 10 cidades em um laboratório na cidade de Goiânia, sendo necessário o envio das amostras. Esta escolha teve por base a necessidade de assertividade na comparação dos resultados, sendo que ao serem realizados em um mesmo local, torna esta variável com maior confiança. Como pode ser visto na Tabela 4.2. Em sequência foi calculado o custo de operação total para cada cidade, para a variação entre os diferentes potenciais. Como pode ser visto na Tabela 4.3.

Tabela 4.2: Custos de manutenção e operação para as dez cidades.

Descrição	Prioridade	Crítérios	Unidade	Belém		Goiânia		Rio de Janeiro		Vitória	
Consumo de energia	Mensal	Conjunto motor bomba com 6h de funcionamento	-	Custo Unitário	Custo Total	Custo Unitário	Custo Total	Custo Unitário	Custo Total	Custo Unitário	Custo Total
Consumo de produto de	Mensal	4g para 1m³ de água - Balde de 1L de cloro	R\$/m³	0,04	0,17424	0,04996	0,19984	0,04996	0,19984	0,050876	0,203504
Realização de ensaios previstos pela ABNT (2007)	Mensal	Cloro	R\$/ensaio	20,00	R\$90,00	20	R\$90,00	20	R\$90,00	20	R\$90,00
		pH		20,00		20		20		20	
		Turbidez		25,00		25		25		25	
		Cor		25,00		25		25		25	
Realizaçaõ de ensaios previstos pela ABNT	Mensal	Coliformes totais e termotolerantes	R\$/ensaio	25,00		25		25		25	
Limpeza do filtro	Bimestral	Mão de obra (meia diária de um servente)	R\$/hora	8,80	R\$35,20	8,04	R\$32,16	11,65	R\$46,60	8,56	R\$34,24
Envio das amostras para a cidade	Mensal	PAC	R\$/pacote	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9
Manutenção em geral (limpeza do reservatório, calahas e verificação da bomba)	Anual	Mão de obra (diária de um servente)	R\$/hora	8,80	R\$70,40	8,04	R\$64,32	11,65	R\$93,20	8,56	R\$68,48

Tabela 4.2 (continuação): Custos de manutenção e operação para as dez cidades.

Descrição	Prioridade	Crítérios	Unidade	Salvador		Fortaleza		Porto Alegre		Florianópolis	
Consumo de energia	Mensal	Conjunto motor bomba com 6h de funcionamento	-	Custo Unitário	Custo Total	Custo Unitário	Custo Total	Custo Unitário	Custo Total	Custo Unitário	Custo Total
Consumo de produto de	Mensal	4g para 1m³ de água - Balde de 1L de cloro	R\$/m³	0,4425	29,205	0,474	31,284	0,434	28,644	0,46	30,36
Realização de ensaios previstos pela ABNT (2007)	Mensal	Cloro	R\$/ensaio	20	R\$90,00	20	R\$90,00	20	R\$90,00	20,00	R\$90,00
		pH		20		20		20		20,00	
		Turbidez		25		25		25		25,00	
		Cor		25		25		25		25,00	
Realizaçaõ de ensaios previstos pela ABNT	Mensal	Coliformes totais e termotolerantes	R\$/ensaio	25		25		25		25,00	
Limpeza do filtro	Bimestral	Mão de obra (meia diária de um servente)	R\$/hora	8,27	R\$33,08	8,03	R\$32,12	9,39	R\$37,56	11,23	R\$44,92
Envio das amostras para a cidade	Mensal	PAC	R\$/pacote	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9
Manutenção em geral (limpeza do reservatório, calahas e verificação da bomba)	Anual	Mão de obra (diária de um servente)	R\$/hora	8,27	R\$66,16	8,03	R\$64,24	9,39	R\$75,12	11,23	R\$89,84

Tabela 4.2 (continuação): Custos de manutenção e operação para as dez cidades.

Descrição	Prioridade	Critérios	Unidade	Cuiabá		Manaus	
				Custo Unitário	Custo Total	Custo Unitário	Custo Total
Consumo de energia	Mensal	Conjunto motor bomba com 6h de funcionamento	-				
			R\$/KWH	0,50	32,868	0,54	35,376
Consumo de produto de	Mensal	4g para 1m ³ de água - Balde de 1L de cloro	R\$/m ³	0,06	0,22384	0,07	0,2704
Realização de ensaios previstos pela ABNT (2007)	Mensal	Cloro	R\$/ensaio	20,00	R\$90,00	20,00	R\$90,00
		pH		20,00		20,00	
		Turbidez		25,00		25,00	
		Cor					
Realização de ensaios previstos pela ABNT	Mensal	Coliformes totais e termotolerantes	R\$/ensaio	25,00		25,00	
Limpeza do filtro	Bimestral	Mão de obra (meia diária de um servente)	R\$/hora	9,12	R\$36,48	8,37	R\$33,48
Envio das amostras para a cidade	Mensal	PAC	R\$/pacote	16,9	16,9	16,9	16,9
Manutenção em geral (limpeza do reservatório, calahas e verificação da bomba)	Anual	Mão de obra (diária de um servente)	R\$/hora	9,12	R\$72,96	8,37	R\$66,96

Fonte: SINAPI e cotações de preços.

Tabela 4.3: Custo de operação e manutenção total.

Diferença entre potenciais de economia de água potável por água pluvial (%/m³)	Belém		Goiânia		Rio de Janeiro		Vitória		Salvador	
	Volume ideal para o reservatório inferior (m³)	Custo do Reservatório (R\$)	Volume ideal para o reservatório inferior (m³)	Custo do Reservatório (R\$)	Volume ideal para o reservatório inferior (m³)	Custo do Reservatório (R\$)	Volume ideal para o reservatório inferior (m³)	Custo do Reservatório (R\$)	Volume ideal para o reservatório inferior (m³)	Custo do Reservatório (R\$)
0,1	72,00	40.875,18	55,50	30.459,81	83,00	54.146,13	90,50	56.525,75	84,50	51.409,22
0,2	45,50	24.870,10	47,50	25.919,70	55,50	34.000,70	58,00	33.062,48	49,50	27.773,28
0,3	35,50	19.867,15	41,00	22.504,61	45,00	27.546,55	41,50	23.574,97	41,00	23.140,01
0,4	30,50	17.578,70	38,00	21.011,20	37,00	23.088,21	30,50	18.157,13	32,50	18.939,32
0,5	26,00	15.640,52	35,50	19.806,62	31,50	20.253,44	29,50	17.700,59	27,50	16.670,39

Tabela 4.3 (continuação): Custo de operação e manutenção total.

Diferença entre potenciais de economia de água potável por água pluvial (%/m³)	Fortaleza		Porto Alegre		Florianópolis		Cuiabá		Manaus	
	Volume ideal para o reservatório inferior (m³)	Custo do Reservatório (R\$)	Volume ideal para o reservatório inferior (m³)	Custo do Reservatório (R\$)	Volume ideal para o reservatório inferior (m³)	Custo do Reservatório (R\$)	Volume ideal para o reservatório inferior (m³)	Custo do Reservatório (R\$)	Volume ideal para o reservatório inferior (m³)	Custo do Reservatório (R\$)
0,1	69,50	36.190,89	127,00	86.824,91	108,00	67.373,15	72,00	37.795,22	78,50	46.647,37
0,2	40,50	20.559,20	77,00	44.342,35	61,50	33.302,00	46,50	23.491,56	54,50	30.668,01
0,3	30,00	15.989,16	61,50	34.056,37	45,50	24.338,49	35,00	18.156,34	41,00	23.157,98
0,4	23,50	13.450,42	47,50	25.938,85	39,00	21.100,70	30,50	16.257,39	35,00	20.161,85
0,5	19,50	11.998,46	39,50	21.800,16	34,00	18.768,78	28,00	15.248,30	30,50	18.052,73

Fonte: SINAPI e cotações de preços.

4.1.5 Estrutura tarifária de água

É lembrado que para cada cidade há uma tarifa de água a ser cobrada de acordo com a concessionária de água e esgoto. Aqui foi-se considerado que a água e esgoto possuem o mesmo valor de tarifa. E há valores cobrados por faixa de consumo, podendo ser visualizado na tabela 4.4:

Tabela 4.4: Estrutura tarifária de água/esgoto para as dez cidades.

CATEGORIA PÚBLICA		
CIDADE	FAIXA (m³)	VALOR (R\$/m³)
Goiânia	0 - 10	7,68
	> 10	8,68
Rio de Janeiro	0 - 15	4,84
	> 15	10,72
Vitória	0 - 10	4,96
	11 - 15	5,61
	16 - 20	7,2
	21 - 30	7,44
	31 - 50	7,54
	> 50	7,64
Fortaleza	0 - 15	2,47
	16 - 50	3,63
	> 50	5,75
Salvador	0 - 10	3,05
	11 - 50	17,47
	> 50	20,6
Porto Alegre	1 - 10	10,27/mês
	> 10	6,5
Florianópolis	1 - 10	62,27/mês
	> 10	10,33
Cuiabá	1 - 10	1,8
	11 - 20	2,2
	21 - 30	3,67
	31 - 40	4,49
	> 40	5,95
Manaus	0 - 12	15,152
	> 12	20,78
Belém	0 - 10	5,89
	> 10	7,35

Fonte: Concessionária de água de cada cidade.

4.2 Determinação do volume ótimo

Para avaliação do volume ótimo de cada cidade calculou-se o VPL para cada investimento inicial. O investimento inicial variou de acordo com o volume do reservatório dimensionado. Este variou de acordo com os coeficientes 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 que demonstra a diferença entre o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial. A fim de comparar cada situação, calculou-se o índice de lucratividade (IL). Desta forma foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 4.5: Índice de lucratividade para coeficiente 0,1.

CIDADE	VPL	INVESTIMENTO INICIAL	IL	VOLUME (m ³)
BELÉM	86393,1	40875,2	2,1	72,0
CUIABÁ	94467,5	37795,2	2,5	72,0
FLORIANÓPOLIS	153402,8	67373,2	2,3	108,0
FORTALEZA	90716,0	36190,9	2,5	69,5
GOIÂNIA	286618,6	30459,8	9,4	55,5
MANAUS	157701,3	46647,4	3,4	78,5
PORTO ALEGRE	107049,4	86824,9	1,2	127,0
RIO DE JANEIRO	330450,4	54146,1	6,1	83,0
SALVADOR	191850,0	51409,2	3,7	84,5
VITÓRIA	185258,3	56525,7	3,3	90,5

Fonte: Os Autores.

Tabela 4.6: Índice de lucratividade para coeficiente 0,2.

CIDADE	VPL	INVESTIMENTO INICIAL	IL	VOLUME (m ³)
BELÉM	93065,9	24870,1	3,7	45,5
CUIABÁ	100698,8	23491,6	4,3	46,5
FLORIANÓPOLIS	170035,3	33302,0	5,1	61,5
FORTALEZA	92779,4	20559,2	4,5	69,5
GOIÂNIA	288787,4	25919,7	11,1	47,5
MANAUS	162657,2	30668,0	5,3	78,5
PORTO ALEGRE	139291,6	86824,9	1,6	77,0
RIO DE JANEIRO	329510,7	34000,7	9,7	55,5
SALVADOR	208388,5	27773,3	7,5	49,5
VITÓRIA	182995,0	33062,5	5,5	58,0

Fonte: Os Autores.

Tabela 4.7: Índice de lucratividade para coeficiente 0,3.

CIDADE	VPL	INVESTIMENTO INICIAL	IL	VOLUME (m³)
BELÉM	92932,1	19867,2	4,7	35,5
CUIABÁ	100260,5	18156,3	5,5	35,0
FLORIANÓPOLIS	167996,3	24338,5	6,9	45,5
FORTALEZA	91726,5	15989,2	5,7	30,0
GOIÂNIA	287338,9	22504,6	12,8	41,0
MANAUS	164580,3	23158,0	7,1	41,0
PORTO ALEGRE	143356,3	34056,4	4,2	61,5
RIO DE JANEIRO	322761,3	27546,6	11,7	45,0
SALVADOR	200282,9	23140,0	8,7	41,0
VITÓRIA	176424,4	23575,0	7,5	41,5

Fonte: Os Autores.

Tabela 4.8: Índice de lucratividade para coeficiente 0,4.

CIDADE	VPL	INVESTIMENTO INICIAL	IL	VOLUME (m³)
BELÉM	91437,7	17578,7	5,2	30,5
CUIABÁ	98581,6	16257,4	6,1	30,5
FLORIANÓPOLIS	165562,1	21100,7	7,8	39,0
FORTALEZA	89674,0	13450,4	6,7	23,5
GOIÂNIA	285456,5	21011,2	13,6	38,0
MANAUS	162037,1	20161,8	8,0	35,0
PORTO ALEGRE	143618,3	25938,9	5,5	47,5
RIO DE JANEIRO	312543,6	23088,2	13,5	37,0
SALVADOR	195750,4	18939,3	10,3	32,5
VITÓRIA	165653,3	18157,1	9,1	30,5

Fonte: Os Autores.

Tabela 4.9: Índice de lucratividade para coeficiente 0,5.

CIDADE	VPL	INVESTIMENTO INICIAL (R\$)	IL	VOLUME (m³)
BELÉM	89486,1	15640,5	5,7	26,0
CUIABÁ	96470,7	15248,3	6,3	28,0
FLORIANÓPOLIS	161195,2	18768,8	8,6	34,0
FORTALEZA	86766,3	11998,5	7,2	19,5
GOIÂNIA	282971,9	19806,6	14,3	35,5
MANAUS	158550,9	18052,7	8,8	30,5
PORTO ALEGRE	141755,7	21800,2	6,5	39,5
RIO DE JANEIRO	302167,9	20253,4	14,9	31,5
SALVADOR	191850,0	16670,4	11,5	27,5
VITÓRIA	158852,7	17700,6	9,0	29,5

Fonte: Os Autores.

Verifica-se que para o coeficiente 0,5 os índices de lucratividade são os maiores para todas as cidades, além de que o tempo de retorno financeiro e investimento inicial serem menores. Todavia neste cenário os reservatórios apresentam os menores volumes de reservação, lembrando que cada cidade apresenta regime de chuvas diferentes ao longo do ano, e nem sempre bem distribuídas ao longo do tempo, sendo necessário uma avaliação além da econômica para determinar o volume ótimo.

A cidade de Rio de Janeiro apresenta um regime de chuvas diferente do regime de chuvas da cidade de Goiânia, mas os seus VPLs são bastante próximos ao variar os coeficientes, sendo que para 0,5 a melhor opção do reservatório com o volume de maior índice de lucratividade, é para a cidade do Rio de Janeiro. Porém o investimento inicial do reservatório é muito maior para a cidade do Rio de Janeiro.

Já a cidade de Fortaleza que apresenta dois períodos durante o ano, um bastante chuvoso e outro com uma estiagem prolongada, um reservatório com maior capacidade seria a melhor escolha, para armazenar a água no período chuvoso e assim suprir a demanda no período de seca. Logo para Fortaleza a melhor opção de reservatório é a da tabela 4.8.

Ao mesmo tempo observa-se que para volumes ótimos de valores similares, como por exemplo Belém e Salvador, na tabela 4.12, há índices de lucratividade com uma grande margem de diferença. Isto se dá devido a diferença entre os VPL, uma vez que esta variável depende das tarifas de água praticadas em cada cidade além dos custos dos materiais e mão de obra para construção da estrutura do reservatório.

Com o maior VPL obtido, Rio de Janeiro seria a cidade que possui a maior viabilidade econômica quando analisado o VPL isoladamente, com um VPL aproximadamente 3,482 vezes maior que o menor VPL obtido, que é da cidade de Fortaleza. Isso significa que, analisando todos os fatores como os custos de manutenção e operação do reservatório, tarifa de água e o próprio regime pluviométrico de cada uma das cidades, a situação do Rio de Janeiro, quando comparada com as outras, é mais adequada para implantação destes tipos de sistemas.

Porém do ponto de vista da lucratividade torna-se necessário avaliar a cidade com maior IL. Esta também seria a cidade do Rio de Janeiro com $IL = 14,919$. Mas é pontual lembrar que nem sempre o maior VPL representa grandes IL.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho cumpriu com sua proposta de analisar o impacto das diferentes variáveis locais no dimensionamento do volume do reservatório de água pluvial. Mostrando que a escolha do volume ótimo depende de vários fatores e não apenas a lucratividade. Observou-se a influência dos dados de entrada, como o regime pluviométrico de cada região e as tarifas aplicadas em cada cidade assim como os seus reajustes anuais.

O volume aproveitado por cidade por exemplo é influenciado pelo regime de chuvas, diferença de potencial e demanda de água pluvial. Verifica-se que para todas as cidades o comportamento é o mesmo: o volume aproveitado se reduz com o aumento da diferença de potencial. Isto se dá diretamente proporcional ao volume total do reservatório que também reduz com o aumento da diferença de potencial. As tabelas 5.2 a 5.10 demonstram este comportamento.

Tabela 5.2: Volume aproveitado (m³) para Florianópolis

mês	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%
1	3268	3246	3196	3166	3148
2	3271	3266	3219	3184	3132
3	5175	4925	4666	4542	4390
4	4796	4101	3789,00	3654	3526
5	4186	3700	3464	3361	3231
6	3582	3265	3031	2939	2810
7	2887	2685	2571	2508	2450
8	4046	3540	3267	3137	2996
9	4330	3980	3788	3679	3544
10	4867	4597	4384	4252	4097
11	4520	4097	3904	3793	3680
12	4288	4076	3946	3858	3726

Tabela 5.1: Volume aproveitado (m³) para Cuiabá.

mês	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%
1	2527,29	2527,29	2517,26	2514,75	2503,36
2	2528,34	2505,81	2462,16	2443,44	2430,97
3	4062,7	3987,82	3906,98	3845,32	3783,72
4	3745,14	3162,92	2845,78	2690,95	2566,2
5	2033,07	1657,35	1509,75	1424,81	1348,65
6	813,84	747,51	706,33	680,84	662,98
7	661,69	635,62	595,77	576,77	565,38
8	871,59	871,59	871,59	858,66	841,39
9	1644,47	1520,3	1437,18	1389,93	1349,92
10	2845,31	2701,42	2554,26	2480,61	2426,92
11	3882,61	3778,58	3658,9	3547,59	3464,17
12	3497,82	3409,16	3329,21	3268,46	3201,25

Tabela 5.4: Volume aproveitado (m³) para Fortaleza.

mês	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%
1	1943	1908	1871	1834	1784
2	2324	2204	2164	2120	2079
3	4011	3817	3697	3593	3499
4	4057	4033	3947,00	3864	3782
5	4058	3798	3596	3430	3284
6	3861	3227	3046	2905	2764
7	2489	2126	1953	1842	1748
8	1778	1105	954	876	817
9	596	482	482	463	441
10	454	371	348	327	312
11	334	334	334	334	334
12	1006	981	963	938	908

Tabela 5.3: Volume aproveitado (m³) para Goiânia.

mês	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%
1	5683	5622	5536	5485	5432
2	5863	5795	5687	5620	5558
3	5854	5816	5752	5698	5623
4	2938	2887	2829,00	2778	2733
5	622	622	622	622	622
6	129	129	129	129	129
7	46	46	46	46	46
8	199	199	199	199	199
9	1128	1109	1086	1074	1064
10	2972	2959	2934	2917	2903
11	5237	5305	5238	5191	5124
12	6288	6191	6082	6012	5937

Fonte: Os Autores.

Tabela 5.6: Volume aproveitado (m³) para Belém.

mês	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%
1	3166	3166	3166	3166	3166
2	3155	3155	3155	3155	3155
3	5151	5151	5151	5151	5118
4	5144	5144	174	5144	5137
5	5156	5121	5090	5068	5018
6	5163	5046	4921	4803	4663
7	4123	3860	3765	3710	3638
8	4933	4403	4092	3901	3693
9	4633	4204	3934	3756	3567
10	4610	4228	3981	3797	3607
11	4421	4042	3805	3652	3477
12	4171	4122	4055	3998	3941

Tabela 5.5: Volume aproveitado (m³) para Manaus.

mês	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%
1	2530	2530	2530	2530	2524
2	2528	2527	2506	2492	2480
3	4062	4061	4035	4011	3977
4	4057	4057	4042,00	3998	3957
5	4058	4028	3950	3864	3776
6	4010	3748	3596	3417	3229
7	2920	2356	2193	2070	1966
8	2613	2175	2003	1880	1771
9	2232	1952	1849	1772	1700
10	3028	2767	2627	2514	2414
11	3533	3472	3348	3221	3081
12	3351	3220	3178	3118	3044

Tabela 5.8: Volume aproveitado (m³) para Porto Alegre.

mês	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%
1	2351	2293	2258	2214	2179
2	2457	2456	2417	2379	2367
3	3960	3728	3577	3375	3232
4	3718	3304	3172,00	3011	2896
5	3447	3189	3091	2990	2891
6	3650	3470	3373	3244	3135
7	3053	2966	2904	2827	2766
8	4003	3808	3698	3547	3429
9	3992	3861	3711	3528	3387
10	3916	3752	3592	3402	3269
11	3758	3463	3361	3235	3131
12	3259	3070	2958	2819	2729

Tabela 5.7: Volume aproveitado (m³) para Rio de Janeiro.

mês	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%
1	2359	2331	2299	2258	2207
2	2422	2311	2214	2116	2042
3	3738	3467	3321	3180	3053
4	3406	3119	2975,00	2804	2659
5	3194	2881	2740	2621	2486
6	2595	2309	2176	2058	1972
7	1838	1789	1742	1668	1606
8	1592	1512	1470	1412	1371
9	2391	2341	2288	2241	2194
10	2834	2737	2659	2561	2460
11	3738	3640	3536	3413	3306
12	3252	3179	3118	3012	2918

Tabela 5.10: Volume aproveitado (m³) para Salvador.

mês	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%
1	1875	1784	1684	1613	1588
2	2134	2043	1915	1808	1737
3	3647	3281	3019	2864	2754
4	3741	3564	3448,00	3341	3276
5	3981	3966	3927	3878	3825
6	4057	4057	4007	3977	3940
7	3267	3267	3243	3190	3150
8	4060	4011	3874	3749	3652
9	3802	3174	2921	2780	2669
10	2997	2548	2222	2064	1968
11	2603	2298	2118	1971	1879
12	2114	1843	1679	1594	1527

Tabela 5.9: Volume aproveitado (m³) para Vitória.

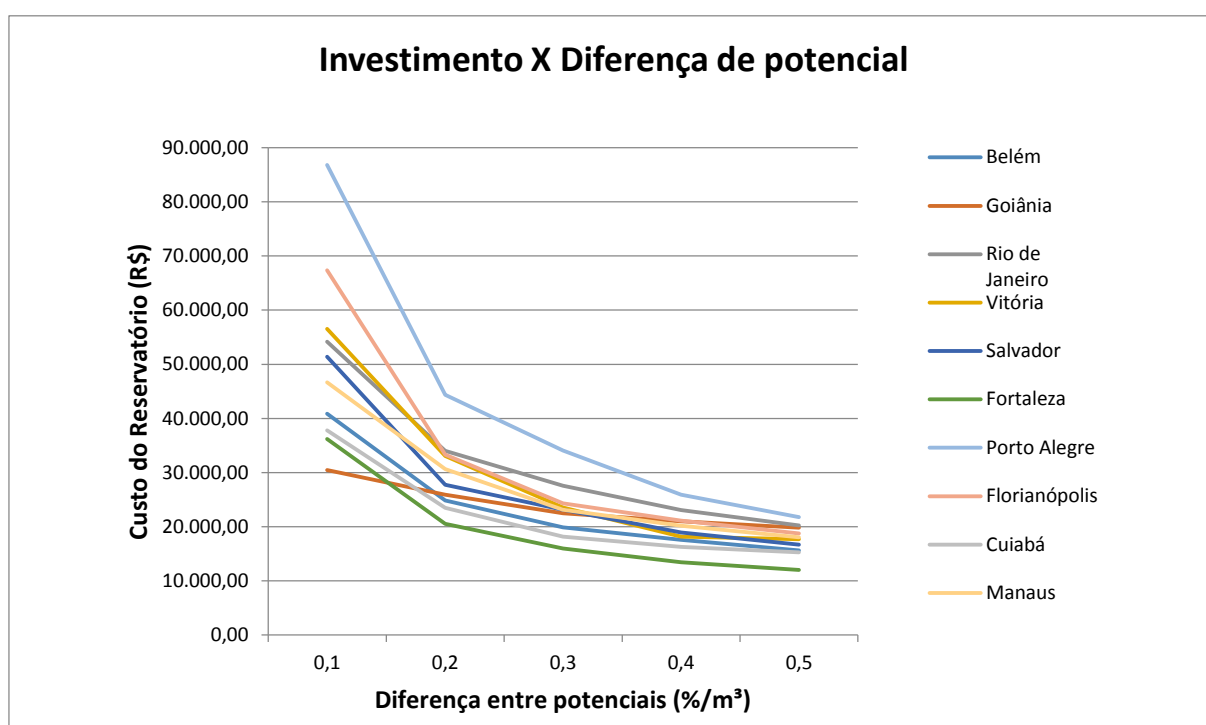
mês	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%
1	2175	2000	1933	1873	1841
2	2187	2118	1947	1742	1654
3	3606	3165	2899	2687	2603
4	3248	2815	2626,00	2396	2303
5	3193	2572	2298	2131	2035
6	2798	2397	2183	1956	1879
7	2132	1924	1777	1667	1601
8	2251	2096	1968	1755	1688
9	2294	2065	1935	1863	1828
10	2147	1983	1911	1822	1780
11	3572	3447	3196	2931	2833
12	2984	2795	2713	2572	2471

Fonte: Os Autores.

A cidade com maior volume aproveitado, 5305 m³, é Goiânia no mês de novembro, momento em que a precipitação alcança níveis maiores que 200mm mensais. Por outro lado, Goiânia também apresenta o menor volume aproveitado, 46 m³, no mês de julho. Pode-se concluir que a variável que mais interfere no volume aproveitado é o regime de chuvas local.

Com relação à viabilidade econômica é necessário uma análise multidimensional. São muitas variáveis a se observar para realizar a melhor decisão. Do ponto de vista do investimento inicial, pode-se comparar o desempenho das dez cidades com relação aos diferentes potenciais de dimensionamento do reservatório. A Figura 5.1 demonstra este comparativo:

Figura 5.1: Investimento para construir o reservatório x diferença de potencial.



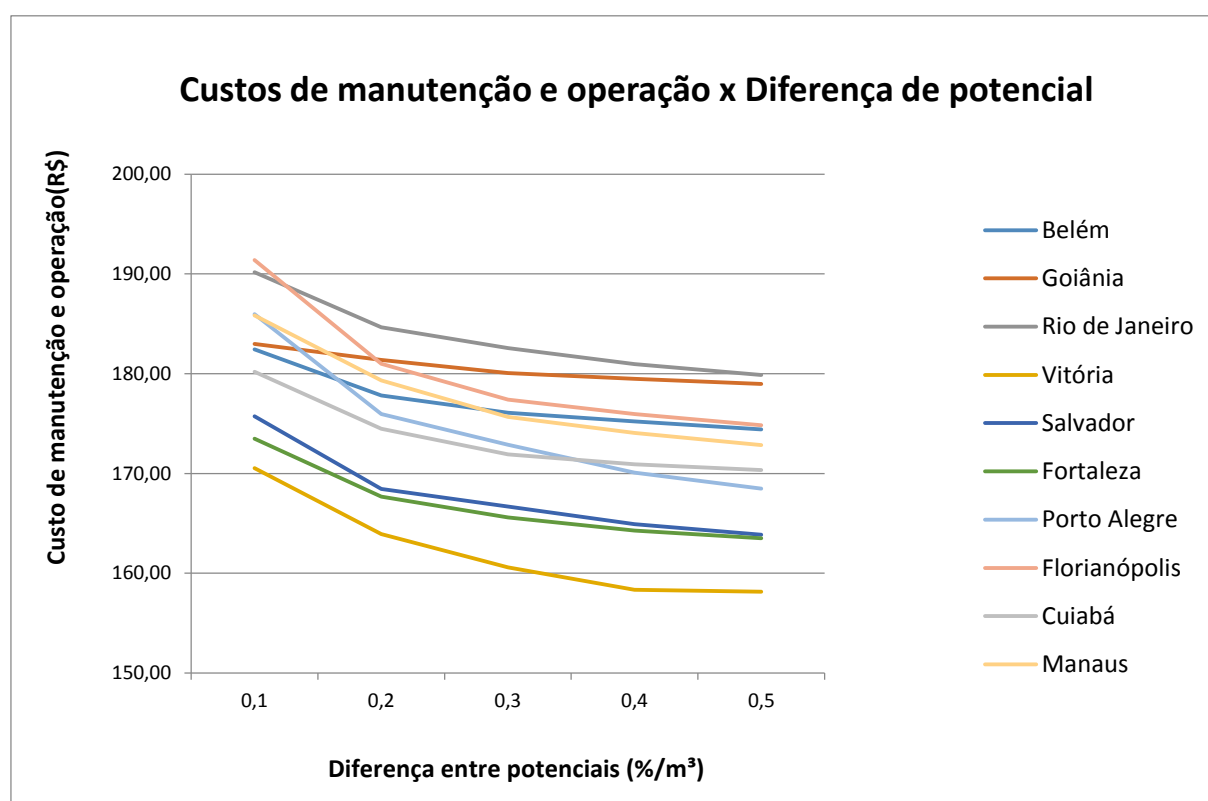
Fonte: Os Autores.

Observa-se que para 0,1 obtém o maior custo para construção do reservatório, caindo exponencialmente para 0,2. Este comportamento se repete para todas as cidades. Quando comparado ao VPL, tabelas 4.5 a 4.9, nota-se que devido a este comportamento o potencial 0,1 apresenta os menores VPL apresentados além de reservatórios maiores, com custos iniciais de construção elevados. Inviabilizando a escolha para este cenário.

Por outro lado os investimentos para construção do reservatório são menores para coeficiente 0,5 em todas as capitais. Mesmo com tarifas praticadas diferentes em cada região do território brasileiro e seus reajustes, há uma tendência em todas as cidades em reduzir os custos ao aumentar a diferença de potencial. Nota-se que o VPL, tabela 4.9, são baixos e custos iniciais menores ainda, tornando os índices de lucratividade mais elevados neste cenário.

As tarifas e insumos praticados em cada cidade são as variáveis que incidem diretamente com os custos de manutenção e operação do reservatório. Cidades com tarifas mais elevadas apresentam custos maiores mensais, figura 5.2, porém também apresentam os maiores índices de lucratividade, tabelas 4.5 a 4.9.

Figura 5.2: Custos de manutenção e operação x diferença de potencial.



Fonte: Os Autores.

Nota-se que mesmo com as escolhas realizadas a fim de minimizar as diferentes situações econômicas das cidades, como por exemplo, a padronização da edificação, um mesmo laboratório para realização dos testes de qualidade da água, um mesmo fornecedor de cloro, ainda sim verificou-se uma margem elevada entre lucratividade das cidades. Tendo regiões onde são mais favoráveis à construção do reservatório com lucratividades maiores.

Foi comprovado, assim, que a estrutura tarifária é o fator local que mais influencia nos retornos financeiros. As situações em que a tarifa de água ou seus reajustes são maiores caracterizam um ganho de oportunidade, já que resultarão em economias de água potável mais consideráveis com a possibilidade de implantação de reservatórios maiores, e consequentemente maiores retornos financeiros.

A cidade com maior VPL e maior IL simultaneamente foi Rio de Janeiro, representando uma combinação de regime pluviométrico, custo de operação e manutenção do reservatório e tarifas de água e esgoto elevadas. Por outro lado Belém apresentou a menor taxa de reajuste aplicada, tornando o seu valor de VPL menor mas com investimento inicial de valor similar ao de outras regiões do Brasil, resultando em no mais baixo IL.

O VPL isoladamente pode não ser a ferramenta mais precisa para determinar o volume ótimo do reservatório. Pois observou-se valores de VPL iguais chegando a IL diferentes.

Verificou-se que cada cidade possui uma realidade econômica ao qual está inserida e assim diferentes as variáveis locais. Estas influenciam nos custos de construção, operação e manutenção do reservatório além de determinar o volume ótimo de acordo com a demanda e regime pluviométrico. Cabe ao empreendedor escolher qual a alternativa mais viável. Do ponto de vista da lucratividade têm-se o VPL e o IL para auxiliar na escolha. Do ponto de vista social, para suprir a carência de água durante o período de estiagem de cada cidade há as tabelas 5.2 a 5.10 para orientar quanto aos volumes aproveitados.

Do ponto de vista ambiental a proposta do presente trabalho foi atendida precisamente. Ressaltando a importância dos estudos de alternativas sustentáveis do uso da água para o desenvolvimento do país e sustento do povo, e minimização dos impactos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br>> Acesso em: 10 de junho de 2017.

APPAN, A. Trends in water demands and the role of rainwater catchment systems in the next millenium. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 9th, 1999, Petrolina, Brazil. **Proceedings...** Petrolina: IRCSA, 1999a.

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 23-40, 2008.

BARRETO, D.; MEDEIROS, O. Caracterização da vazão e frequência de uso de aparelhos sanitários. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 4, p. 137-149, 2008.

CAMPOS, M.A.S. **Qualidade de investimentos em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial: uso de particles swarm optimization**. 2012. 13p. Dissertação (Pós-graduação Concentração de Edificações) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2012.

CARDOSO, M. Disponível em: <<http://murilocardoso.com>> Acesso em: 15 de junho de 2017.

COELHO FILHO, J.M. **Análise do desempenho de reservatório de armazenamento de água da chuva no suprimento domiciliar e controle do escoamento nas cidades de Natal e Caicó**. 2005. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2005.

COHIM, E; GARCIA, A. P. A; KIPERSTOK, A.(2007). **Captação direta de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis**. In: Anais do 24º Congresso de Engenharia Saitária e Ambiental, 24, Belo Horizonte. Rio de Janeiro: ABES, 2007. 13p

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Resolução n. 357 do CONAMA, 17 de março de 2005. Brasília.

FEWKES, A.; BUTLER, D. The Sizing of Rainwater Stores Using Behavioural Models. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 9th, 1999, Petrolina, Brazil. **Proceedings...** Petrolina: IRCSA, 1999.

HERNANDES, A.T.; CAMPOS, M.A.S.; AMORIM, S.V. **Análise de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 2004 e CONFERENCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1, 2004, São Paulo, Brasil. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2004.

INPE. Disponível em: <<http://clima1.cptec.inpe.br/spi/pt>> Acesso em: 15 de junho de 2017.

GHISI, E.; Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v.41, n. 11, p. 1544-1550, 2006a.

GHISI, E.; **Influência da precipitação pluviométrica, área de captação, número de moradores e demandas de água potável e pluvial no dimensionamento de reservatórios para fins de aproveitamento de água pluvial em residências unifamiliares.** 2006. 63p. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil como requisito parcial para participação em concurso público – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006b.

GHISI, E.; BRESSAN, D.L.; MARTINI, M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. **Building and Environment**, v.42, n. 4, p. 1654 – 1666, 2007.

GHISI, E.; FERREIRA, D.F.; Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in Southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 7, p. 2512 – 2522, 2007.

GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHIMIDT, R.W. Potential for potable water savings by using rainwater: an analysis over 62 cities in Southern Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 2, p.204 – 210, 2006.

LIAW, C-H; TSAI, Y-L. Optimum Storage Volume of rooftop rainwater harvesting systems for domestic use. Journal of the American Water Resources Association, Estados Unidos, V. 40, n. 4, p. 901-912, 2004.

MAY, S.; PRADO, R.T.A **Estudo da qualidade da água de chuva para consumo não potável em edificações.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 2004 e CONFERENCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1, 2004, São Paulo, Brasil. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2004.

MIELI, J.C. de A. **Reuso de água domiciliar.** 2001. 126p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001.

MORAES, D.S.L.; JORDÃO, B.Q.; **Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana.** 371p. 2002.

PACHECO, G.C.R.; **Análise de opções reais como método de avaliação econômica de sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial.** 2016. Dissertação (Pós-Graduação em Geotecnia – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

PORTARIA MS (Ministério da Saúde). nº 518 de 25 de março de 2004. União.

PROENÇA, L. C.; GHISI, E. Estimativa de usos finais de água em quatro edifícios de escritórios localizados em Florianópolis. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 3, p. 95-108, 2009.

ROCHA, V.L. **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações.** 2009. 13p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2009.

SANEAGO. Disponível em: <<https://www.saneago.com.br/site/agencia/tabela.php>> Acesso em: 03 de junho de 2017.

UFG (Universidade Federal de Goiás). Disponível em: <<http://www.ufg.br>> Acesso em: 21 de junho de 2017.