



**UFAM**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO

JERÔNIMO WALLAGE ARAÚJO MORAIS

VIABILIDADE TÉCNICA/ECONÔMICA NO  
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS  
NÃO POTÁVEIS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO DO  
AMAZONAS

MANAUS

2017

JERÔNIMO WALLAGE ARAÚJO MORAIS

**VIABILIDADE TÉCNICA/ECONÔMICA NO  
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS  
NÃO POTÁVEIS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO  
DO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração de Gestão de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Atlas Augusto Bacellar

MANAUS

2017

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M827v      Moraes, Jerônimo Wallage Araujo de  
Viabilidade Técnica/econômica no aproveitamento de água de  
chuva para fins não potáveis em uma instituição de ensino do  
amazonas / Jerônimo Wallage Araujo de Moraes. 2017  
124 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Atlas Augusto Bacellar  
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. Sustentabilidade. 2. Gestão ambiental. 3. Aproveitamento de  
água pluvial. 4. Viabilidade econômica. I. Bacellar, Atlas Augusto II.  
Universidade Federal do Amazonas III. Título

JERÔNIMO WALLAGE ARAUJO DE MORAIS

**VIABILIDADE TÉCNICA/ECONÔMICA NO APROVEITAMENTO  
DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA  
INSTITUIÇÃO DE ENSINO DO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração de Gestão de Produção.

Aprovado em \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Atlas Augusto Bacellar, Presidente

Universidade Federal do Amazonas

---

Prof. Dr. Armando Araújo de Souza Junior, Membro

Universidade Federal do Amazonas

---

Prof. Dr. Ricardo Jorge da Cunha Nogueira, Membro

Universidade Federal do Amazonas

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial de economia e de aproveitamento da água de chuva como fontes alternativas de água em três edificações padrões de uma Instituição de Ensino Superior no Estado do Amazonas. Neste sentido, a pesquisa tem por finalidade caracterizar os benefícios alcançados decorrentes da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais, para uso não potável, em meio urbano. Assim sendo, procurou-se sintetizar e contextualizar alguns aspectos alusivos à viabilidade técnica e econômica desse sistema, retratando a problemática do consumo de água no mundo e no país, até as questões de aproveitamento e economias geradas. A fim de ilustrar e corroborar a pesquisa, um estudo experimental foi realizado nos três modelos de edificações construído na Universidade Federal do Amazonas. Com base no levantamento de dados pluviométricos da região, além de outras informações obtidas por meio da soma dos percentuais de consumo da água potável que podem ser substituídos por água da chuva, realizou-se uma investigação sobre o potencial de captação e de economia antes e depois da implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva. No que concerne aos aspectos quantitativos, a investigação se fundamentou na comparação entre os volumes captados por cada uma das estruturas, visando definir o potencial de redução do volume de água que seria destinado ao uso nas descargas de vasos sanitários, na lavagem de roupas, tanques, irrigação de jardins e lavagem de carros. Os resultados indicam que a captação de água de chuva proporcionou uma economia significativa com a redução de gastos com água potável, além de constituir uma alternativa viável em termos de ganhos ambientais para as futuras gerações. Assim sendo, foi constatado que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial nas três edificações padrões da Instituição de Ensino estudada demonstra-se economicamente viável, apresentando períodos de retorno do capital investido relativamente curto e proporcionando notável potencial de economia de água potável.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, aproveitamento de água pluvial, viabilidade econômica.

## ABSTRACT

The follow study aims to evaluate the potential of saving and exploit rainwater as alternative sources of water in three standard buildings of a Higher Education Institution located in the State of Amazonas. In this sense, the goal of this research is to characterize rainwater capture and utilization systems for non-potable use in urban areas. The study seeks to synthesize and contextualize some technical and economic aspects of the system, portraying a problem of water consumption in the world and in the country, to questions of use and savings generated. In order to illustrate and corroborate the research, an experimental study carried out on three models of buildings developed at the Federal University of Amazonas. Based on a survey of rainfall data from the region, in addition to other information obtained through consumption proportions of potable water replaceable by rainwater, an investigation was carried out on the potential of captation and economy before and after implementation of the rainwater harvesting system. Regarding quantitative aspects, the investigation was based on the comparison between the volumes captured by each one of the structures, in order to define the potential of reduction of the volume of water that is destined to the use in the discharges of sanitary ware, in laundry, water tanks, irrigation of gardens and car washes. The results indicate that the rainwater usage resulted in a reduction of expenses with potable water, as well being a viable alternative in terms of environmental gains for future generations. Therefore, it was proven that the implementation of a rainwater utilization system in the three standard buildings of the tested institution proves to be economically viable, indicating a reasonably short return of the investment and a remarkable potential of saving potable water.

**Keywords:** Sustainability, Rainwater harvesting, economic viability.

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1.1 – Distribuição da água no planeta.....	17
GRÁFICO 1.2 – Desperdício de água tratada por região (%)......	21
GRÁFICO 1.3 – Comparativo da disponibilidade hídrica das regiões .....	24
GRÁFICO 1.4 – Precipitações médias das capitais do Brasil.....	46
GRÁFICO 1.5 – Precipitação Pluviométrica Média (mm) Mensal .....	60
GRÁFICO 1.6 – Simulação dos volumes dimensionados para os reservatórios e o potencial de economia proporcionado.....	62
GRÁFICO 1.7 – Percentual de atendimento de água pluvial para diferentes volumes de reservação referentes à Residência Universitária .....	67
GRÁFICO 1.8 – Percentual de atendimento de água pluvial para diferentes volumes de reservação referentes à Faculdade de Tecnologia.....	68
GRÁFICO 1.9 – Percentual de atendimento de água pluvial para diferentes volumes de reservação referentes à Faculdade de Ciências Agrárias .....	69
GRÁFICO 1.10 – Estimativas mensais dos custos com água (residência Universitária) .....	74
GRÁFICO 1.11 – Percentuais mensais de economia de água (residência Universitária) .....	75
GRÁFICO 1.12 – Estimativas mensais dos custos com água (Faculdade de Tecnologia) ....	77
GRÁFICO 1.13 – Percentuais mensais de economia de água (Faculdade de Tecnologia) ....	78
GRÁFICO 1.14 – Estimativas mensais dos custos com água (Faculdade de Ciências Agrárias) .....	79
GRÁFICO 1.15 – Percentuais mensais de economia de água (Faculdade de Ciências Agrárias) .....	80

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 – Desperdício de água tratada por região (%) .....	20
TABELA 1.2 – Índice de perdas na distribuição (%).....	21
TABELA 1.3 – Distribuição da população, recursos hídricos e disponibilidade hídrica no Brasil .....	23
TABELA 1.4 – Crescimento populacional e Disponibilidade hídrica.....	24
TABELA 1.5 – Padrões de Portabilidade estabelecidos pelo MS .....	33
TABELA 1.6 – Classificação das águas quanto ao padrão de balneabilidade .....	33
TABELA 1.7 – Usos da água x Tratamento requerido .....	34
TABELA 1.8 – Valores do consumo médio per capita de água .....	41
TABELA 1.9 – Consumo de água nas residências brasileiras .....	42
TABELA 1.10 – Consumo de água residencial nos Estados Unidos .....	43
TABELA 1.11 – Consumo de água residencial na Suíça .....	43
TABELA 1.12 – Faixa de Coeficiente de escoamento superficial para cada tipo de material por diferentes autores .....	44
TABELA 1.13 – Valores do coeficiente de “Runoff” .....	44
TABELA 1.14 – Valores do coeficiente de “Runoff” .....	45
TABELA 1.15 – Dados físicos das edificações .....	52
TABELA 1.16 – Áreas de captação .....	59
TABELA 1.17 – Dados de entrada utilizados nas simulações .....	61
TABELA 1.18 – Relação dos Volumes de reservação e o potencial de economia proporcionado.	62
TABELA 1.19 – Volume ideal do reservatório inferior (litros) .....	63
TABELA 1.20 – Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável referentes à Residência Universitária .....	64

TABELA 1.21 – Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável referente à Faculdade de Tecnologia.....	65
TABELA 1.22 – Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável referente à Faculdade de Ciências Agrárias.....	66
TABELA 1.23 – Custo de Implantação dos reservatórios de armazenamento de água da chuva.	70
TABELA 1.24 – Dados referentes à motobomba.....	71
TABELA 1.25 – Tarifas da Concessionária local .....	72
TABELA 1.26 – Custos com Manutenção e Implantação.....	73
TABELA 1.27 – Estimativas mensais de economia de água (residência Universitária) .....	74
TABELA 1.28 – Resultado do investimento com a implantação do SAAP (residência Universitária) .....	76
TABELA 1.29 – Estimativas mensais de economia de água (Faculdade de Tecnologia) .....	76
TABELA 1.30 – Resultado do investimento com a implantação do SAAP (Faculdade de Tecnologia) .....	78
TABELA 1.31 – Estimativas mensais de economia de água (Faculdade de Ciências Agrárias)	79
TABELA 1.32 – Resultado do investimento com a implantação do SAAP (Faculdade de Ciências Agrárias) .....	80

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – Representação espacial do índice de perdas na distribuição no território brasileiro.....	22
FIGURA 1.2 – Pedra Moabita, Museu do Louvre.....	27
FIGURA 1.3 – Fortaleza de Massada, Israel.....	27
FIGURA 1.4 – Fortaleza dos Templários, cidade de Tomar, Portugal.....	28
FIGURA 1.5 – Esquema dos elementos de um sistema de aproveitamento de água de chuva.....	35
FIGURA 1.6 – Esquema de montagem das calhas e condutores.....	36
FIGURA 1.7 – Modelo de filtro comercial para retenção de materiais grosseiros.....	37
FIGURA 1.8 – Dispositivo de descarte das primeiras chuvas.....	38
FIGURA 1.9 – Tipos de Reservatórios ou Cisternas.....	39

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Siglas	Descrição
ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
C	Coefficiente de Runoff
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ONU	Organização das Nações Unidas
OMS	Organização Mundial da Saúde
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SAAP	Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SNSA	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
VPL	Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1 Problemática .....	14
1.2 Objetivos.....	16
1.3 Justificativa .....	16
1.4 Delimitação do estudo .....	17
1.5 Estrutura do trabalho .....	18
2. <b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	19
2.1 A problemática da escassez de água no mundo.....	19
2.2 A problemática da escassez de água no Brasil .....	21
2.3 A problemática da escassez de água no Amazonas .....	27
2.4 Aproveitamento da água da chuva.....	28
2.4.1 Histórico do aproveitamento de água da chuva .....	28
2.4.2 Normas e legislações sobre aproveitamento de água da chuva.....	31
2.5 Sistemas de aproveitamento de água da chuva.....	355
2.5.1 Áreas de captação .....	36
2.5.2 Calhas e condutores.....	37
2.5.3 Filtros.....	38
2.5.4 Dispositivos de descarte da primeira chuva.....	39
2.5.5 Reservatórios de armazenamento.....	40
2.6 Dimensionamento de reservatórios de águas pluviais.....	41
2.6.1 Demanda de água não potável .....	27
2.6.2 Coeficiente de escoamento superficial .....	274
2.6.3 Precipitação pluviométrica .....	276
2.6.4 Métodos de dimensionamento .....	277
2.7 Viabilidade econômica do aproveitamento de água da chuva.....	48
2.7.1 Valor Presente Líquido (VPL).....	279
2.7.2 Tempo de retorno do investimento (payback) .....	50
2.7.3 Taxa Interna de Retorno (TIR) .....	50
3. <b>METODOLOGIA</b> .....	52
3.1 Contextualização da pesquisa .....	52
3.2 Viabilidade técnica.....	53

3.2.1	Levantamento de dados .....	53
3.2.2	Área da cobertura .....	53
3.2.3	Levantamento e análise dos dados pluviométricos .....	54
3.2.4	Previsão de consumo .....	54
3.2.5	Percentual da demanda de água total a ser substituída por água pluvial.....	54
3.2.6	Descarte de escoamento inicial .....	55
3.2.7	Dimensionamento do reservatório de água da chuva.....	55
3.3	Viabilidade econômica .....	56
3.3.1	Custos de implantação do SAAP .....	57
3.3.2	Custos com mão de obra.....	57
3.3.3	Custos de operação e manutenção do SAAP.....	58
3.3.4	Economia de água potável .....	59
3.3.5	Período de retorno do investimento (payback) .....	59
3.3.6	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	60
3.3.7	Valor presente líquido (VPL).....	60
4.	<b>RESULTADOS</b> .....	62
4.1	Avaliação técnica do aproveitamento de água da chuva.....	62
4.1.1	Previsão de consumo .....	62
4.1.2	Percentual de água potável que poderá ser substituído por água pluvial .....	62
4.1.3	Área de cobertura .....	63
4.1.4	Dados pluviométricos .....	64
4.1.5	Reservatório de água da chuva.....	64
4.2	Avaliação econômica do aproveitamento de água da chuva.....	74
4.2.1	Custos de implantação do SAAP .....	74
4.2.2	Custos com mão de obra.....	75
4.2.3	Custos de operação e manutenção do SAAP.....	76
4.2.4	Análise econômica do SAAP.....	79
5.	<b>CONCLUSÕES</b> .....	87
5.1	Conclusões Gerais.....	87
5.2	Sugestões para Trabalhos Futuros.....	88
6.	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	90
7.	<b>ANEXO</b> .....	98
7.1	Dados pluviométricos.....	98

8. APÊNDICE.....	107
8.1 Fluxos de caixa mensais .....	107

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos mais vitais e importantes para os seres vivos e um dos principais recursos para o desenvolvimento dos países. Devido à forma inadequada de gerenciamento e uso irracional desse bem, esse recurso se torna cada vez mais limitado, causando desequilíbrio econômico e social das cidades.

Rebouças (2006) *apud* Yoshino (2012) evidencia que 97,5% de toda água disponível no mundo é salgada, encontra-se nos oceanos e mares, e os 2,5% restantes representam a quantidade de água doce no mundo; sendo que, 99,7% desse volume estão contidos nas calotas polares e subsolos congelados e, menos de 1/3 desse estão presentes nos rios e lagos.

Nos últimos anos houve aumento do consumo desse recurso causado pelo acelerado crescimento populacional e a crescente industrialização, acarretando graves problemas aos recursos hídricos (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2002 *apud* FASOLA et al., 2011).

Diversas implicações causadas pelas mudanças climáticas no mundo também vêm tornando a disponibilidade de recursos hídricos nas bacias hidrográficas cada vez mais complexa (ANDRADE et al., 2010). Além disso, é um bem cada vez mais escasso e em constante estado de degradação em muitas regiões do mundo. A má gestão desse recurso tem gerado grandes problemas de origem hídrica, até mesmo no Brasil, onde diversos estados vêm sofrendo com o racionamento constante de abastecimento.

Para Alt (2009), a poluição dos mananciais, as enchentes e as alterações no ciclo pluvial são conseqüências do desequilíbrio do ciclo hidrológico, provocado pela degradação dos recursos hídricos como: o desmatamento, a poluição, a impermeabilização das cidades.

É necessário ressaltar que a Organização Mundial da Saúde (OMS) considera que para uma vida saudável é necessário um mínimo de 1.500 m<sup>3</sup> de água por habitante/ano. Isso significa mais 9 trilhões m<sup>3</sup>/ano apenas para consumo humano, fora as necessidades de água para as demais espécies e para outros tipos de uso humano como irrigação, navegação, processos industriais, limpeza pública, geração de energia, dentre outros (GOMES et al., 2004).

Dados do Relatório da Organização Mundial da saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION-GLASS, 2014) estimam que, aproximadamente 748 milhões de pessoas no mundo, já não têm acesso à água potável e que se nada for feito até 2030 o planeta vai sofrer

com a falta d'água, ocasionando assim um déficit de 40% no abastecimento.

Outro fator agravante é ocasionado pela forma irregular de distribuição do volume de água pelo mundo. A região Norte do Brasil, por exemplo, 8% da população nacional detêm cerca de 70% do volume de água do país. Em comparação com a região Sudeste, onde 43% da população do país disponibilizam de apenas 6% do potencial hídrico do país (GHISI, 2006 *apud* FASOLA et al, 2011).

Apesar dos altos índices pluviométricos, o aproveitamento da água de chuva na região norte do país não é um hábito comum, se comparado com o semiárido nordestino, onde várias famílias dispõem deste sistema (MALQUI, 2008 *apud* FREITAS et al., 2011).

O acesso e a qualidade da água disponível em diversas comunidades rurais da Amazônia não são satisfatórios. Ocorre que, nessa região os principais rios possuem uma flutuação grande no nível de suas águas, por exemplo, na região de Manaus onde a diferença pode chegar a 11 metros de profundidade, entre a cheia e a estiagem (BITTENCOURT et al., 2007 *apud* FREITAS et al., 2011).

O Campus Universitário da UFAM (Universidade Federal do Amazonas), vem sofrendo os impactos em sua estrutura ecológica, ocasionando um aumento desordenado de ocupação devido a invasões nas bordas do Campus e pelos impactos provocados com a implantação de novas edificações (CAVALCANT et al., 2014).

Vários estudos vêm sendo desenvolvidos a fim de minimizar o consumo de água nas inúmeras edificações, verificando os usos finais e avaliando a economia de água obtida por meio do aproveitamento de chuva, reúso de águas servidas e uso de equipamentos economizadores (MANO et al., 2004 *apud* SIMIONI et al., 2004 *apud* PHILIPPI et al., 2005 *apud* GHISI et al., 2007 *apud* FASOLA et al., 2011).

## 1.1 PROBLEMÁTICA

Diante dos problemas de escassez de água, o uso de fontes alternativas de suprimento é visto como uma solução simples e econômica para a preservação desse recurso potável (ANNECCHINI, 2005 *apud* YOSHINO, 2012).

Em Gonçalves et al. (2005) *apud* Ramos et al., (2006) *apud* Dias et al. (2007), o aproveitamento de água da chuva, além de ser uma prática muito utilizada nos países desenvolvidos e em grandes cidades, colabora na redução de enchentes, preservação dos

mananciais e no uso racional de água potável.

A utilização da água pluvial captada em cobertura, em substituição da água potável, implica na redução nos custos de captação, tratamento e distribuição de água pelas empresas responsáveis pelo abastecimento de água e o aumento da vida útil dos equipamentos e das redes hidráulicas (BARBOZ, 2008 *apud* YOSHINO, 2012).

Estudos constataam que do total de água consumida em uma residência, cerca de 30 a 40% é atribuído para fins não potáveis. Podendo ser utilizado na lavagem de carros, na irrigação de jardins, em descargas de bacias sanitárias, entre outros (THE RAINWATER TECHNOLOGY HANDBOOK, 2001 *apud* MORUZZI et al., 2009).

Dias et al (2007), ratifica: para se beneficiar do aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em grande escala, mesmo que seja uma alternativa vantajosa do ponto de vista ambiental, deve ser economicamente viável.

Além disso, a importância na determinação do volume do reservatório para abastecer determinada demanda por água de chuva, está diretamente relacionada aos gastos envolvidos na sua construção. Sendo assim, vários métodos de dimensionamento foram desenvolvidos, utilizando-se de parâmetros de entrada, intensidade pluviométrica, área de captação e a demanda de água potável e não potável, variando o volume final do reservatório em função da área de estudo (GHISI, 2010 *apud* SALLA et al., 2013).

Para tanto, o presente estudo tem como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica relativa à implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em uma Instituição de Ensino em Manaus. Nesta região carente de estudos quantitativos, será aplicada uma metodologia para diferentes cenários de aproveitamento de água pluvial, na qual será possível observar o comportamento para essas situações, além de que poderá servir como referência para edificações com padrões semelhantes que desejem implantar um sistema de aproveitamento de água pluvial.

O que motivou a realização desta pesquisa teve como propósito a possibilidade de economizar grande quantidade de água potável, utilizada na limpeza de pisos, irrigação de jardins e descargas de bacias sanitárias, além de uma provável redução de gastos com o serviço de distribuição de água. O estudo de caso será realizado nos prédios destinados para Residência Universitária, a Faculdade de Tecnologia e Faculdade de Ciências Agrárias, por apresentarem um padrão arquitetônico de construção do Campus Universitário da UFAM na cidade Manaus.

O trabalho, também, tem como premissa a preocupação com a escassez de água potável que deve ser retratada em atitudes visando à economia deste bem através de seu uso responsável.

A questão de pesquisa do trabalho é: qual o potencial de economia de água potável gerado pela implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva em prédios modelos da Universidade Federal do Amazonas.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a viabilidade técnica e econômica no aproveitamento da água de chuva, para fins não potáveis, como fonte alternativa de suprimento de água nos três padrões de edificações da Universidade Federal do Amazonas.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Investigar a oferta de água de chuva na região nos últimos 30 anos;
- Determinar o potencial de economia de água proveniente do sistema de abastecimento público, devido à utilização de água de chuva captada pelos telhados;
- Avaliar o investimento proposto, o período de retorno e o valor presente líquido;

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

A disponibilidade da água é, atualmente, um dos pontos mais discutidos e estudados, por estar sendo afetada pela poluição desenfreada e a escassez da água doce no mundo.

Apesar dos elevados índices de precipitação, a disponibilidade hídrica no Amazonas, também está diminuindo. O decréscimo registrado entre 1980 e 2007 foi de 46% e uma das razões para a diminuição do potencial hídrico na região é a ineficiência dos sistemas de abastecimento de água. Com o surgimento de novos bairros, muitos, de forma desordenada e sem planejamento na infraestrutura urbana, vêm sofrendo com os graves problemas de abastecimento de água principalmente nas periferias.

Dados da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), referentes a 2013,

apontam que o consumidor do Estado do Amazonas paga 43% a mais que a média do país, mas que recebeu menos de 40% da água produzida no Estado. Um dado importante é que, na capital do estado do Amazonas, o desperdício atingiu 47% da produção.

As atividades desenvolvidas em instituições públicas são, na maioria das vezes, apoiadas em edificações estruturadas que precisam ter condições para atender aos discentes, docentes, funcionários administrativos, visitantes e a comunidade em geral. Com isso, a Universidade Federal do Amazonas, por ser uma Instituição voltada à produção do conhecimento, deve oferecer condições para abastecimento de água em suas edificações, adotando tecnologias que favoreçam a redução de gastos com a geração e produção de água potável.

A falta de infra-estrutura de captação de água de chuva na UFAM constituiu motivações adicionais para instalação da estrutura de aproveitamento de águas pluviais nas edificações existentes e, a ser construídas no Campus.

Dentre os principais motivos que levam a tomada da decisão para a utilização de água da chuva na Instituição estão: a consciência ambiental quanto à necessidade de conservação de água potável, a existência de lei específica (IN 01/2010 do MPOG) e a proteção das nascentes existentes no seu interior por se tratar de uma Área de Proteção Ambiental (APA), contribuindo assim para a conservação e economia de água potável.

Diante deste cenário, é imperioso a busca por fontes alternativas mais eficientes de suprimento de água, como uma proposta para o uso sustentável desse recurso. Pelo fato da carência de estudos; pretende-se com esse trabalho dar suporte na elaboração de diretrizes voltadas a implantação do Sistema de Captação de Águas Pluviais nos prédios do Campus Universitário da UFAM e em projetos semelhantes de outras Instituições.

## **1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO**

A Universidade do Amazonas, com sede na cidade de Manaus, é uma Instituição Federal de Ensino Superior, criada nos termos da Lei nº. 4.069-A, de 12 de junho de 1962, do Decreto nº. 53.699, de 13 de março de 1964, mantida pela União, como entidade da administração indireta na forma da legislação em vigor.

A estrutura acadêmica da UFAM está dividida entre institutos, faculdades e uma escola, distribuídos de acordo com sua área temática. Diante desses fatos, o estudo se limitou a análise e

aplicação da pesquisa nos três padrões de edificações presentes na Instituição.

## **1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Esta dissertação de mestrado é estruturada em cinco capítulos, sendo que, o primeiro apresenta uma breve introdução ao tema, sua importância e justificativas da pesquisa, e os objetivos, onde foram abordados conceitos sobre os recursos hídricos, destacando os aspectos mais importantes de usos, além dos atuais problemas que a cidade de Manaus vêm sofrendo com a falta de abastecimento. Neste mesmo capítulo são apresentados os objetivos da pesquisa, as justificativas, destacando-se o aproveitamento de água da chuva como uma proposta para o uso sustentável desse recurso. Para tanto, foram estudadas dissertações, teses, artigos científicos, a fim de se obter fundamentação teórica.

O segundo capítulo corresponde à pesquisa bibliográfica em publicações científicas que resultaram em um processo de levantamento e análise sobre a situação quanto ao aproveitamento de águas pluviais em geral. Apresenta o estado da arte, no que se refere ao seu enquadramento histórico, à legislação, aos materiais e o sistema de aproveitamento, descrevendo sumariamente os diferentes processos pelas quais a água da chuva passa.

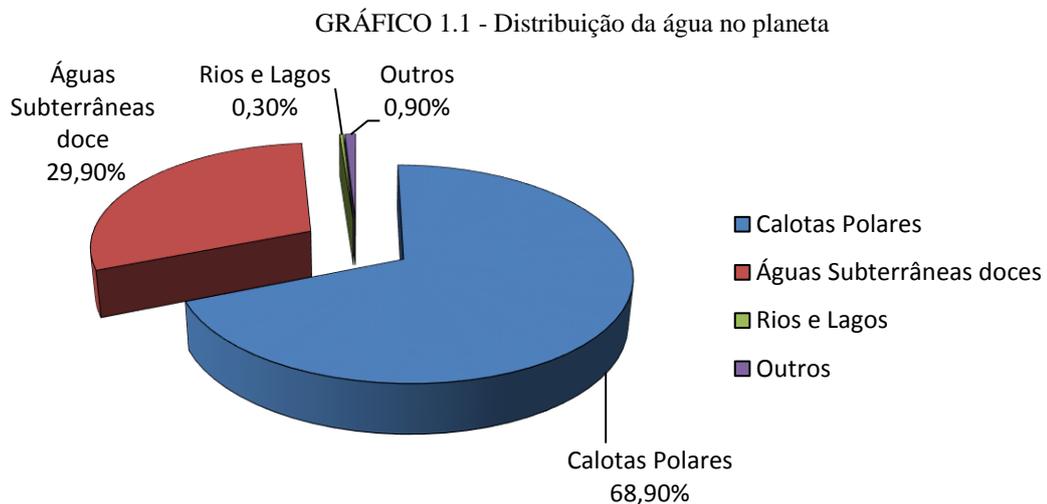
O terceiro capítulo descreve o desenvolvimento metodológico para o dimensionamento de reservatórios prediais de águas pluviais, bem como, o estudo econômico que orientaram o desenvolvimento desta solução.

O quarto capítulo destaca os resultados e a discussão evidenciada no terceiro capítulo e analisa os três casos de estudo para comprovar a aplicabilidade do método proposto. Por fim, “O Quinto Capítulo” apresenta as conclusões obtidas com a realização da dissertação de mestrado, as limitações encontradas e algumas sugestões para trabalhos futuros. De modo a complementar, serão ilustrados no trabalho, as bibliografias consultadas, os anexos e apêndice.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 A PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA NO MUNDO

O planeta dispõe, aproximadamente, de 1.386 bilhões de km<sup>3</sup> de água, embora 97,5% seja salgada e os 2,5% restantes representam a quantidade doce no mundo (Gráfico 1.1). Desse percentual de água doce, 68,9%, encontram-se congelados nas calotas polares do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas, 29,9% constituem as águas subterrâneas doces e apenas 0,3% está concentrado em lagos, reservatórios e sistemas fluviais, sendo que os 0,9% restantes estão contidos na biomassa e na atmosfera sob a forma de vapor (TOMAZ, 2011).



Fonte: Tomaz (2011).

Indubitavelmente o mundo enfrenta um grave problema, e porque não dizer um dos maiores, que é a escassez de água doce, consequência da falta de consciência da ação do homem na natureza, causando poluição aos mananciais, reduzindo significativamente a disponibilidade desse precioso líquido. Enquanto a humanidade não se conscientizar de que a água é um recurso finito, estará caminhando cada vez mais para uma situação preocupante de sua insuficiência, podendo até mesmo comprometer as gerações futuras.

Entretanto esse quadro vem apresentando mudanças drásticas, consequência da interferência humana na Terra. O cenário já não é o mesmo, com o derretimento de geleiras, além do desaparecimento de lençóis freáticos, ficando cada vez mais difícil encontrar água doce.

Um dos principais fatores que contribuem para esse episódio é a mudança climática, que tem ocasionado agravamento do aquecimento global e do efeito estufa, desequilibrando drasticamente a natureza.

Conforme Jaques (2005) apud Pozzebon (2013), a cada dia a água torna-se um bem mais escasso e precioso, por consequência do aumento populacional, dos grandes aglomerados urbanos, da industrialização e da falta de consciência ambiental.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que em 2025, 1 bilhão de pessoas no mundo não terá água potável para consumir (GONÇALVES, 2006). De acordo com Pozzebon (2013), cerca de 1,8 bilhões de pessoas viverão em países ou regiões com absoluta escassez de água, sendo que 2/3 da população mundial enfrentará problemas relacionados à falta d'água.

Podem-se considerar esses cenários como de extrema preocupação, que requer medidas urgentes e em curto prazo, dentre elas; medidas socioeconômicas, educativas, bem como, de conscientização ambiental, haja vista que, enquanto o homem não tomar consciência de que é o maior responsável pelo impacto ambiental, igualmente, de que contribuiu para tamanha devastação ambiental, não haverá chance de reversão da materialização desses cenários. É, portanto, pela conscientização do próprio homem a melhor estratégia para que essa situação seja revertida, impedindo a humanidade de ser submetida a um colapso maior de disponibilidade de água potável.

Apesar do cenário da OMS criado para o ano de 2025, sabe-se que a problemática de falta de água potável já bate às nossas portas, ou seja, isso já é realidade nos dias atuais em alguns países (SABESP, 2011).

No cenário mundial futuro, os recursos hídricos tornar-se-ão um bem muito mais precioso, a ponto das potências mundiais não mais se disputarem pela hegemonia nuclear e petrolífera, e sim pelo monopólio de reservas de água que atendam à demanda de consumo de seus países (GOMES, 2011 *apud* CAMPOS; AZEVEDO, 2013).

A problemática climática, a falta de conscientização, a aglomeração urbana, os poluentes e o desmatamento tem enorme potencial de antecipação do cenário mundial futuro mencionado, se fazendo mister que as potências mundiais deixem de lado interesses próprios e voltem seus esforços para políticas que visem interesses mundiais comuns, com destaque para a questão de disponibilidade hídrica, sob pena de comprometimento de sobrevivência da espécie humana.

## 2.2 A PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA NO BRASIL

O Brasil apresenta grande variabilidade de aspectos climáticos e socioeconômicos, sendo um dos países mais ricos do mundo em disponibilidade hídrica, totalizando 12% de toda água doce do planeta. Em comparação com regiões onde a escassez de água é crônica, a exemplo da Europa, do Oriente Médio e de grande parte da África; no Brasil, 24% do escoamento médio dos rios brasileiros correspondem às reservas renováveis de suas águas soberanas (ATLAS, 2010).

Embora o Brasil seja um dos países mais ricos do mundo em disponibilidade hídrica, ainda enfrenta problemas, em face da falta de gerenciamento adequado, de projetos, para que a água seja mais aproveitada e menos desperdiçada, da implantação de sistemas de adução de água limpa e potável, não só para residências, mas onde abranja toda sociedade, num âmbito maior da questão de usos e gastos hídricos.

Mierzwa e Hespanhol (2005) *apud* Pego e Junior (2011) alertam para a mudança de disponibilidade hídrica de uma região para outra no Brasil, apesar de sua abundância deste recurso natural, cujas alterações no ciclo da água vem ocasionando problemas.

O problema no Brasil ocorre por não haver interesse em realizar projetos que melhor aproveitem os recursos que a natureza nos oferece abundantemente e que é desperdiçado.

Devido à falta de gerenciamento adequado, aos períodos de estiagens, as mudanças nos hábitos de consumo populacional e a exiguidade desse bem são cada vez mais frequentes nas crises no abastecimento de água (GONÇALVES, 2006 *apud* FASOLA et al., 2011). Consequentemente seu consumo também é desigual, pois a quantidade de água não é distribuída igualmente em todo o território (DEMANBORO et al., 2015). A ineficiência na prestação de serviços de abastecimento de água nas grandes cidades só tende a aumentar se não houver um gerenciamento adequado na gestão desses recursos. A situação é bastante crítica em algumas regiões do Brasil, onde dados apontam como um dos principais problemas a elevada perda de água na distribuição e ao desperdício que ocorre nos sistemas de abastecimentos (SNSA, 2013).

Demandoro e Mariotoni (2001) *apud* Francisco e Carvalho (2004) *apud* Cardoso (2009) enfatizam: os estados brasileiros vêm sofrendo problemas de escassez e uma série de transtornos sociais gerado pela falta de água, proveniente da baixa disponibilidade hídrica. As cidades de São Paulo, Campinas, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife, Fortaleza e Brasília apresentam situação mais crítica quanto à disponibilidade hídrica per capita, em comparação as regiões metropolitanas de Porto Alegre, Belém e Manaus que não apresentam problemas de

disponibilidade, tendo em vista que estão em áreas localizadas próximas as fontes de vazão elevada.

As regiões onde a escassez pode ser potencializada, corroborado pelo aumento populacional exacerbado, pela falta de conscientização e pelo desperdício, necessitam de esforços no sentido de ampliar suas reservas, com a construção de reservatórios, a exemplo de diques, sendo uma possível estratégia para amenizar também, os efeitos das enchentes.

De acordo com o relatório do Sistema Nacional de Informação sobre saneamento (SNSA, 2013), o Brasil desperdiçou em média 37% de toda a água tratada em 2013, cuja divisão regional pode ser verificada na tabela 1.1, mantendo-se estável com relação a 2012. Salienta-se que este índice deveria ficar abaixo de 20%, segundo os parâmetros de referência da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA, 2013).

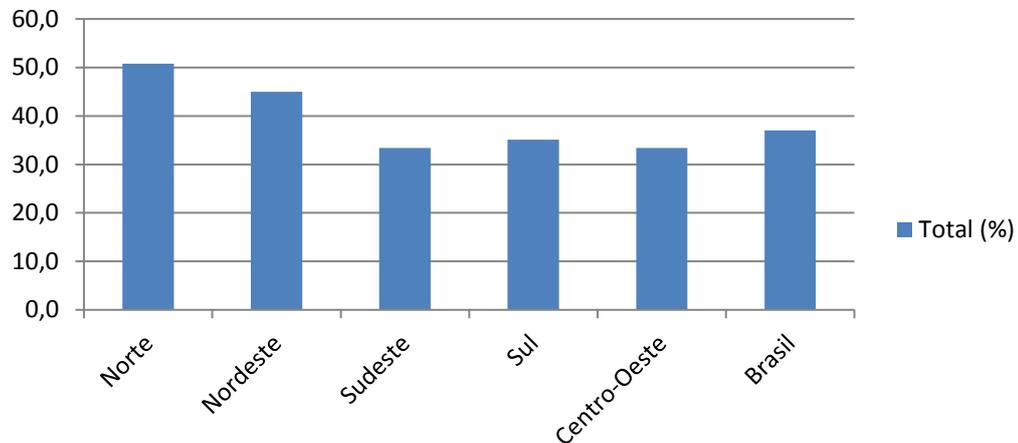
TABELA 1.1 - Desperdício de água tratada por região (%)

Região	Tipo de prestador de serviços					Total
	Regional	Microrregional	Local Direito Público	Local Direito Privado	Local Empresa privada	
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
Norte	54,3	-	44,7	-	48,1	50,8
Nordeste	46,1	-	38,7	5,8	-	45,0
Sudeste	32,3	39,7	36,6	30,3	32,5	33,4
Sul	35,9	28,1	31,0	46,8	51,9	35,1
Centro- Oeste	29,4	42,6	32,1	-	49,1	33,4
<b>Brasil</b>	<b>37,0</b>	<b>38,7</b>	<b>36,1</b>	<b>31,2</b>	<b>42,7</b>	<b>37,0</b>

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2013).

Embora disponha de 12% da água doce, o Brasil enfrenta grandes problemas hídricos, em razão das estiagens que ocorrem em algumas regiões, com destaque histórico para o nordeste e recentemente o sudeste, o que evidencia a necessidade da busca pela redução de desperdícios, conforme apresentado no gráfico 1.2 a seguir.

GRÁFICO 1.2 - Desperdício de água tratada por região (%)



Fonte: adaptado do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2013).

Verifica-se no gráfico a situação preocupante da região nordeste, onde historicamente ocorrem índices muito baixos de precipitação pluviométrica, com desperdício de 45%. Conforme dados apresentados no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos do Ministério das Cidades (SNSA/MCIDADES, 2014), tabela 1.2, a região norte é a que mais desperdiça, cerca de 50,8%, talvez em face da enorme bacia hidrográfica onde está situada. O SNSA (2013) ressalta que a gestão de perdas de água possui papel fundamental nas ações estruturais das prestadoras de serviços com concessão nesta área.

TABELA 1.2 - Índice de perdas na distribuição (%)

<b>Índice de perdas na distribuição</b>	
<b>Estado / Região</b>	<b>(%)</b>
Acre	55,9
Amazonas	47,0
Amapá	76,5
Pará	48,9
Rondônia	52,8
Roraima	59,7
Tocantins	34,3
Norte	50,8
<b>Brasil</b>	<b>37,0</b>

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2013).

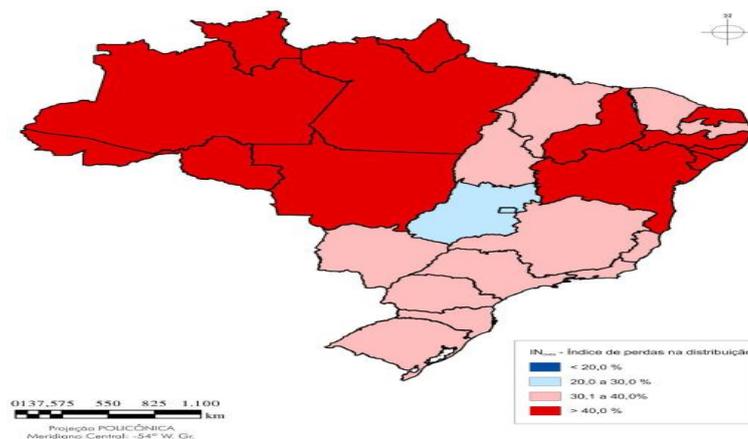
Os valores médios, distribuídos por faixas percentuais, do índice de perdas de água na distribuição por prestadores de serviços nos estados brasileiros, participantes do SNSA em 2013, podem ser visualizados espacialmente na figura 1.1.

A partir da figura 1.1 pode-se inferir que no ano de 2013 nenhum estado conseguiu se enquadrar na faixa de perda de distribuição menor que 20%. Ademais, apenas o Distrito Federal e o estado de Goiás atingiram valores entre 20% e 30%, configurando-se nos de melhores resultados. Na faixa entre 30 e 40%, encontram-se os estados de Tocantins, Paraíba, Ceará, Maranhão, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul.

Os demais estados, Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Alagoas, Bahia, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe, e Mato Grosso, atingem níveis acima de 40%.

Segundo Abes (2013), é mais provável que o nível médio de perdas de água em países em desenvolvimento gire em torno de 40-50%. No Brasil, a situação de perdas é muito desigual, os indicadores de perda de água das operadoras de saneamento mostram que ainda há muita ineficiência na produção da água quando se comparado aos países desenvolvidos. Cidades da Alemanha e do Japão possuem perdas da ordem de 11% e na Austrália em torno de 16%.

FIGURA 1.1 - Representação espacial do índice de perdas na distribuição no território brasileiro



Fonte: Malha Municipal Digital do Brasil, Base de Inf. Municipais 4. IBGE, 2003. Dados do SNSA (2013).

Ainda, segundo a ABES, as perdas são decorrentes de vazamento nas tubulações,

ligações fraudulentas na rede de abastecimento, consumo não faturado, falta de hidrômetros, problemas de medição, dentre outros.

Além das perdas, outro aspecto de extrema significância para o tema abastecimento de água diz respeito à disponibilidade hídrica per capita. No Brasil, em razão de suas dimensões continentais, essa disponibilidade possui variação considerável entre suas regiões, cujos resultados estão sendo apresentados na tabela 1.3.

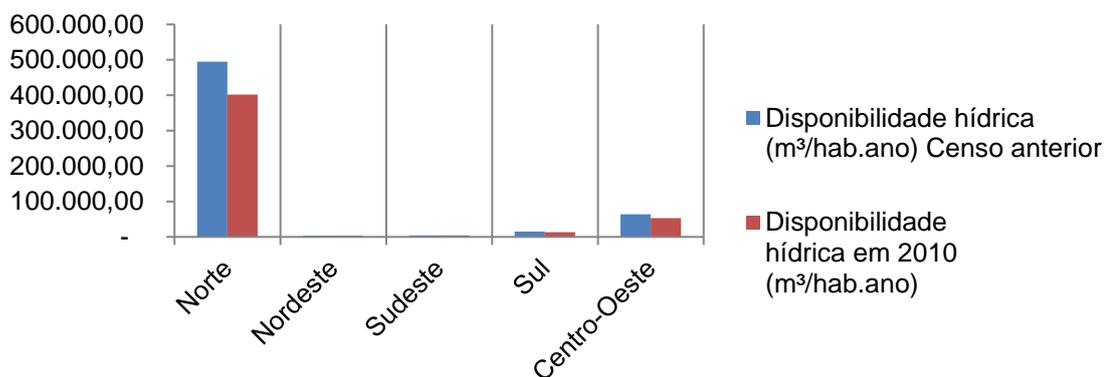
TABELA 1.3 - Distribuição da população, recursos hídricos e disponibilidade hídrica no Brasil

<b>Distribuição da população, recursos hídricos e disponibilidade hídrica no Brasil</b>				
<b>Região</b>	<b>População</b>	<b>(%)</b>	<b>Recursos Hídricos (%)</b>	<b>Disponibilidade hídrica (m<sup>3</sup>/hab.ano)</b>
Norte	12.919.949	7,6	68,5	494.445
Nordeste	47.676.381	28,1	3,3	3.853
Sudeste	72.262.411	42,6	6,0	4.545
Sul	25.071.211	14,8	6,5	14.824
Centro-Oeste	11.611.491	6,8	15,7	64.273

Fonte: Maia Neto (1997) *apud* Marques (2012).

Pode-se observar que há uma significativa concentração dos recursos hídricos no Brasil nas regiões Norte e Centro-Oeste, cuja soma alcança 84,2%, muito embora detenha as menores parcelas da população, apenas 14,4%.

GRÁFICO 1.3 - Comparativo da disponibilidade hídrica das regiões



Fonte: Adaptado do IBGE (2012).

Embora detenha uma disponibilidade hídrica confortável, conforme dados disponibilizados pelo IBGE (2012), Tabela 1.4, mostra que entre os anos de 2000 a 2010 houve um aumento populacional em torno de 23% na região norte, enquanto a disponibilidade hídrica

por habitante por ano sofreu redução de 18,69%, em comparação aos resultados do Censo anterior apresentados na tabela 1.3. Conforme Gráfico 1.3, todas as regiões sofreram perdas na disponibilidade hídrica, sendo que, as regiões Nordeste e Sudeste enfrentam grandes desafios quanto à escassez de água. De maneira geral, o país sofreu perdas em torno de 18,13% dos recursos hídricos disponíveis.

TABELA 1.4 - Crescimento populacional e Disponibilidade hídrica

<b>Crescimento populacional e Disponibilidade hídrica (período 2000-2010)</b>					
<b>Região</b>	<b>POPULAÇÃO O CENSO 2000 (habitantes)</b>	<b>POPULAÇÃO CENSO 2010 (habitantes)</b>	<b>CRESCIMENTO POPULACIONAL (2000-2010)</b>	<b>% DA POPULAÇÃO (ano 2010)</b>	<b>Disponibilidade e hídrica em 2010 (m<sup>3</sup>/hab.ano)</b>
Norte	12.900.704	15.865.678	23%	8,32%	402.043
Nordeste	47.741.711	53.078.137	11%	27,83%	3.466
Sudeste	72.412.411	80.353.724	11%	42,13%	4.096
Sul	25.107.616	27.384.815	9%	14,36%	13.591
Centro-Oeste	11.636.728	14.050.340	21%	7,37%	53.232
<b>TOTAL</b>	<b>169.799.170</b>	<b>190.732.694</b>		<b>100,00%</b>	

Fonte: IBGE (2012).

A problemática de escassez de água já pode ser constatada na atualidade nas regiões sul e sudeste do Brasil, o que torna imperativa a implantação de sistemas eficazes de abastecimento, com foco em soluções simples, como evitar o desperdício, por meio do uso responsável da água, ou mesmo o incentivo à adoção de louças e metais sanitários mais eficientes, de baixo custo.

Na cidade de São Paulo/SP, o sistema de abastecimento ocupa uma área de 228 mil hectares e produz um volume de água correspondente a 33.000 l/s e é composto por cinco reservatórios de regularização de vazão, túneis e canais de interligação, uma estação elevatória, um reservatório e uma estação de tratamento (ETA). Apesar das diversas intervenções sofridas, atualmente, o que mais preocupa é a queda contínua dos níveis de água disponíveis para fins de abastecimento. É preciso ressaltar que os problemas que vêm ocasionando a escassez e comprometendo a quantidade e qualidade do volume de água não se deve exclusivamente à falta de chuva, mas também a falta de gestão dos recursos hídricos (WHATELY, 2007).

Mesmo com o alto risco de colapso no abastecimento, a Sabesp optou por não implementar o racionamento de água. Os reservatórios mais distantes da RMSP, principalmente o JaguariJacaré e o Reservatório Cachoeira, esvaziaram a ponto de expor os

leitos dos rios que os abastecem. A recuperação do Sistema vem ocorrendo lentamente, tanto que em fevereiro de 2007, três anos após o auge da estiagem, o nível do Sistema Cantareira estava em 50%, o mais baixo dentre os sistemas produtores da RMS (WHATELY, 2007).

### **2.3 A PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA NO AMAZONAS**

Assim, como a maioria das grandes cidades brasileiras, Manaus apresenta uma expansão urbana desordenada. A ocupação do solo urbano às margens dos igarapés vem acarretando uma série de consequências ao meio ambiente, tais como: degradação e supressão de áreas de preservação permanentes, ausência de saneamento básico, a poluição dos igarapés e a deficiência no sistema de drenagem. Verifica-se a contaminação das águas por origem orgânica, na maioria dos igarapés da cidade de Manaus, além da presença de coliformes fecais e totais acima das taxas permitidas para recreação e imprópria para o consumo doméstico (BRAGA, et al., 2012)

Segundo dados da Companhia de Saneamento Águas do Amazonas (2007), mais da metade da população de Manaus contava com abastecimento público precário de água potável, o que corresponde a, aproximadamente, 600 mil pessoas e mais 250 mil pessoas que viviam sem abastecimento público de água. Apesar dos problemas hídricos detectados entre os anos de 2007 e 2008, a população local ainda continua exposta a contaminações por meio de captação de água de poços para abastecimento doméstico (GIATTI et al., 2011).

No interior do estado a situação é ainda pior, mais de 30% dos municípios apresentam problemas com águas dos poços, além de 70% não terem estruturas para armazenar. Outro dado alarmante é que 60% das cidades do interior do estado do Amazonas não tratam água utilizada para abastecimento e 90% delas sequer possuem rede de distribuição. Sendo que, todos os municípios apresentam déficit nas ligações domiciliares de água potável (FUNASA, 2013 *apud* ACANTHE, 2014).

O Brasil possui suficientes recursos hídricos, o que falta é uma política de conscientização e organização do uso desses recursos, em outras palavras, melhorar a gestão.

Alcantra Gomes e Mendes (2004) afirmam:

Acredita-se que a exemplo de países onde a falta d'água e escassez são notórios, deva ser implantado nas residências do Brasil sistemas de adução de água limpa e potável separadamente, observando-se o alto custo da água tratada, fato que por si só justifica a implantação de tal sistema [...] A água tratada custa 300 vezes o valor da água limpa. O trabalho educativo deverá ser feito a nível doméstico em âmbito maior, com relacionamento das diferentes tarefas e seus respectivos usos e gastos.

## 2.4 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

### 2.4.1 Histórico do aproveitamento de água da chuva

Cientistas e estudiosos vêm alertando acerca do aumento do consumo da água, da degradação no meio ambiente e principalmente da poluição, o que se faz necessário encontrar alternativas para seu melhor aproveitamento e nesse ponto o uso da água de chuva vem ser uma das mais viáveis, pois temos relatos de que a milênios de anos, civilizações já tinham na captação da água de chuva, uma única forma de abastecimento de água potável.

Tomaz (2011) evidencia: o aproveitamento da água pluvial é uma prática milenar, empregada no mundo todo e que dependendo da região apresenta bons resultados de economia de água potável.

Ainda segundo Tomaz (2011), na história, o registro mais antigo que se tem conhecimento é a Pedra Moabitá, datada 830 a.C., encontrada no oriente médio a leste do mar morto. Escrita em linguagem canaanita, o rei Mesha dos moabitas, determina que seja feito um reservatório em cada casa para o aproveitamento de água da chuva (Figura 1.2).

FIGURA 1.2 - Pedra Moabita, Museu do Louvre



Fonte: [www.wikipedia.org/wiki/pedra\\_moabita](http://www.wikipedia.org/wiki/pedra_moabita).

No deserto de Negev, situado ao Sul de Israel, o sistema de aproveitamento de água da chuva existe a 4000 anos. Durante a era Romana, foram construídos sistemas sofisticados para coleta e armazenamento de água pluvial (MAY, 2004).

Em Java, deserto Negro, localizado ao norte da Jordânia, foram construídos sofisticados reservatórios de água de chuva, datados de 3000 anos antes de Cristo (CHANAN et al., 2007 *apud* CARDOSO, 2009).

A famosa fortaleza de Massada (Figura 1.3), em Israel, tem dez reservatórios cavados nas rochas com capacidade total de 40 milhões de litros (GNADLINGER, 2000 *apud* TOMAZ, 2011).

FIGURA 1.3 - Fortaleza de Massada, Israel



Fonte: [www.cafetorah.com](http://www.cafetorah.com).

Ainda de acordo com Tomaz (2011) (Figura 1.4) na cidade de Tomar, Portugal, na grande fortaleza e carento dos templários, cuja construção teve início em 1 de março de 1160, há dois reservatórios (sendo um com 215m e outro com 145m) destinados para o aproveitamento de água de chuva.

FIGURA 1.4 - Fortaleza dos Templários, cidade de Tomar, Portugal



Fonte: Tomaz (2003) *apud* Oleira (2008).

No palácio de Knossos, na Ilha de Creta, aproximadamente em 2000 a.C., era aproveitada água de chuva para descargas em bacias sanitárias. Nesta região, são inúmeros os reservatórios escavados em rochas anteriormente a 3000 a.C., que aproveitavam a água da chuva para consumo humano (THE RAINWATER TECHNOLOGY HANDBOOK, 2001, Alemanha *apud* TOMAZ, 2011).

Em alguns países desenvolvidos, como Estados Unidos, Alemanha e Japão, o uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial é bastante difundido e utilizado. Na cidade de Hamburgo, na Alemanha, o Governo financia US\$1.500,00 a US\$2.000,00 para quem utilizar água de chuva, tendo em vista que essa medida também proporciona o controle de picos de enchentes (TOMAZ, 2003 *apud* OLIVEIRA, 2008).

Estudos realizados apontam que a economia gerada pelo consumo de água de chuva é superior a 30% nas residências desses países (COOMBES et al., 2000; HERRMANN; SCHMIDA, 2000; ZAIZEN et al., 2000; GELT, 2009).

No Brasil, o primeiro relato de aproveitamento da água de chuva é, provavelmente, um sistema construído na ilha Fernando de Noronha, pelo exército norte-americano em 1943 (GHANAYEM, 2001 *apud* PETERS, 2006 *apud* HAGEMANN, 2009).

Sabemos que desde que o mundo é mundo a natureza sofre e, sempre houve transformações, estragos, há regiões com um índice maior de chuvas e outros com a degradação no meio ambiente.

Já não há mais tempo para apontar responsáveis para tamanho problema, é tempo sim, de buscar alternativas, de procurar solucionar o problema. Se a milênios de anos as mais antigas civilizações já viam como meio para sua sobrevivência e como alternativa a captação da água da chuva, por que hoje nós não haveríamos de ter um meio de viabilização também? Esta é uma alternativa.

As enchentes causam grandes prejuízos materiais, sendo um dos problemas mais recorrentes nas cidades urbanizadas. A captação de águas pluviais em cada edificação diminui a demanda sobre estes sistemas de drenagens (FLESCH, 2011, p.11).

No Brasil, embora dados apontem que houve uma queda relevante no índice pluvial como também no desperdício de água, mesmo assim, deveríamos levar em conta que essa situação varia de região para região, o que não muda a situação, pois se de um lado o volume de

chuvas é elevado e esta água não é aproveitada, por não construírem mais reservatórios, nem construírem deques para o escoamento dessa água, ocorrendo um grande desperdício e um grande transtorno à sociedade, por outro lado, nas regiões em que o índice pluviométrico fica abaixo da média, essas regiões sofrem com a estiagem e conseqüentemente com a falta e a escassez da água.

Apesar da abundância hídrica, o aproveitamento de água da chuva não é tão difundido. As regiões Sudeste e Nordeste do país são mais afetadas, sendo adotadas medidas preventivas para enfrentar a escassez de água. Dentre essas medidas, a construção de cisternas para captação e armazenamento de água para consumo humano (BRESSAN e MARTINI, 2005 *apud* MAIA, 2009).

Nos últimos anos, o país já implantou no semiárido brasileiro mais de 100 mil cisternas com capacidade de armazenar, aproximadamente, 1,5 bilhões de litros de água. O objetivo do projeto era a construção de um milhão de cisternas até o ano de 2010 (MONTOLIA, 2010 *apud* CARVALHO, 2010).

No Norte do país, apesar do grande volume de água disponível em diversas comunidades rurais da Amazônia, o acesso e a qualidade da mesma não são satisfatórios. Ocorre que, nessa região os principais rios possuem uma flutuação grande no nível de suas águas, por exemplo, na região de Manaus onde a diferença pode chegar a 11 metros de profundidade entre a cheia e a estiagem (BITTENCOURT e AMADIO, 2007 *apud* FREITAS, SANTOS-SILVA et al, 2011).

O primeiro sistema de aproveitamento de águas pluviais foi instalado no ano de 2006 na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Piranha, no município de Manacapuru e recebeu o nome de “PROCHUVA – Água é Vida”. Foram contempladas 76 famílias com um kit de calha, tubulação e caixa d’água, ao custo médio de R\$ 550,00 por família.

#### **2.4.2 Normas e legislações sobre aproveitamento de água da chuva**

O marco na proteção do Meio Ambiente no Brasil muito se deve com a constituição do Código de Águas por meio do Decreto Federal Nº 24.643/1934 na qual instituiu o uso racional das águas pluviais:

[...] Art.. 102 - Consideram-se águas pluviais as que procedem imediatamente das chuvas.

Art. 103. As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas a vontade, salvo existindo direito em sentido

contrário.

Parágrafo único. Ao dono do prédio, porém, não é permitido:

1º, desperdiçar essas águas em prejuízo dos outros prédios que delas se possam aproveitar, sob pena de indenização aos proprietários dos mesmos;

2º, desviar essas águas de seu curso natural para lhes dar outro, sem consentimento expresso dos donos dos prédios que irão recebê-las.

Art. 104. Transpondo o limite do prédio em que caírem, abandonadas pelo proprietário do mesmo, as águas pluviais, no que lhes for aplicável, ficam sujeitas as regras ditadas para as águas comuns e para as águas públicas.

[...]

Art. 106. É imprescritível o direito de uso das águas pluviais.

Art. 107. São de domínio público de uso comum as águas pluviais que caírem em lugares ou terrenos públicos de uso comum.

Art. 108. A todos é lícito apanhar estas águas.

Parágrafo único. Não se poderão, porém, construir nestes lugares ou terrenos, reservatórios para o aproveitamento das mesmas águas sem licença da administração.

Muitos estados têm demonstrado preocupação em melhorar a administração dos recursos hídricos, a fim de evitar o desperdício e o gasto relapso desse bem vital por meio do uso do sistema de aproveitamento de água da chuva.

Ao longo dos anos, o sistema vem sendo empregado em várias regiões do país. Embora que, somente em setembro do ano de 2007 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a Norma NBR 15.527/2007 que trata do Aproveitamento de água de chuva, intitulada “Água de Chuva - Aproveitamento de Cobertura em Áreas Urbanas para Fins não Potáveis” (MAY, 2009 *apud* SAGGIN, 2012). A Norma fornece diretrizes para uso da água de chuva para fins não potáveis em edificações, abordando a instalação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, a função das calhas, condutores, reservatórios e os aspectos de qualidade da água e frequência da manutenção do sistema.

Segundo Sales et al. (2009) *apud* Lage (2010), as medidas utilizadas pelos governos são insuficientes para sanar os problemas de drenagem urbana. Sendo necessário o aproveitamento da água da chuva antes de serem lançadas nas redes pluviais.

Em algumas cidades, foram criadas leis que incentivam a captação de águas pluviais como forma de minorar os problemas de enchentes, além de conscientizar os usuários sobre a importância da conservação da água.

Na cidade de São Paulo - SP, a Lei Municipal Nº 13.276/2002 tornou obrigatória a construção de reservatório para armazenar águas de chuva coletadas por coberturas e pavimentos, em lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup>.

Na cidade de Curitiba - PR foi criada a Lei Municipal Nº 10.785/2003 que doutrina medidas para promover a conservação, o uso racional e emprego de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações. Dentre elas, a captação, armazenamento e utilização da água da chuva como uma fonte alternativa de água para uso menos nobre.

Na cidade de Porto Alegre – RS foi instituída a Lei 10.506/2008 que trata da captação de águas pluviais nas coberturas das edificações para serem utilizadas para fins não potáveis, sendo criado o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas no município.

No estado de Santa Catarina - SC, foi constituída a Lei Estadual Nº 5.722/2006 que obriga a implantação de um sistema de captação, tratamento e aproveitamento de água de chuva nas edificações com um número igual ou superior a 3 pavimentos e com área superior a 600m<sup>2</sup>.

No estado do Amazonas - AM, foi criada a Lei 1.192/07 de 31 de dezembro de 2007, na qual promove o incentivo à captação e aproveitamento de águas pluviais nos empreendimentos que tenham área impermeabilizada superior a quinhentos metros quadrados:

[...] Art. 16. A água das chuvas poderá ser captada nas edificações e encaminhada a um reservatório para ser utilizada, após tratamento adequado, em atividades que não requeiram o uso de água potável, tais como:

- I - rega de vegetação, inclusive hortas;
- II - lavagem de roupa;
- III - lavagem de veículos;
- IV - lavagem de vidros, calçadas e pisos;
- V - descarga em vasos sanitários;
- VI - combate a incêndios;
- VII - recarga de lençol freático.

Art. 17. Nos novos empreendimentos ou aplicações, que tenham área impermeabilizada superior a quinhentos metros quadrados, é obrigatória a implantação de reservatórios que retardem o escoamento das águas pluviais para rede de drenagem.

§ 1º Ficam dispensados de construir o reservatório para captação de águas pluviais os empreendimentos já instalados, desde que atendam à taxa de permeabilidade conforme a legislação urbanística.

§ 2º Os empreendimentos já instalados que implantarem, espontaneamente, o reservatório de águas pluviais, poderão requerer os incentivos previstos no art. 81 da Lei nº 605, de 24 de julho de 2001, e sua regulamentação.

Art. 18. Os reservatórios deverão atender às normas sanitárias vigentes e à regulamentação técnica específica do órgão municipal responsável pelo sistema de drenagem, podendo ser abertos ou fechados, com ou sem revestimentos dependendo da altura do lençol freático do local.

§ 1º A água contida pelo reservatório deverá, salvo nos casos indicados pelo órgão municipal responsável pelo sistema de drenagem infiltrar-se no solo, podendo ser despejada, por gravidade ou meio de bombas, na rede de drenagem ou diretamente na calha hidrográfica, ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada para finalidades não potáveis, conforme o art. 14 desta Lei.

§ 2º A localização do reservatório, apresentando o cálculo do seu volume, deverá ser

indicada nos projetos das novas construções, a partir da vigência desta Lei e sua regulamentação, e sua implantação será condição para emissão de licença ambiental de operação.

§ 3º No caso de opção por conduzir as águas pluviais para outro reservatório, objetivando o aproveitamento da água para finalidades não-potáveis, deverá ser indicada a localização desse reservatório e apresentado o cálculo de seu volume.

Art. 19. Sempre que houver aproveitamento das águas pluviais para finalidades não-potáveis, conforme o art. 16, deverão ser atendidas as normas sanitárias vigentes e as condições técnicas específicas estabelecidas pelo órgão municipal responsável pela vigilância sanitária visando:

I - evitar o consumo indevido, definida sinalização de alerta padronizada a ser colocada em local visível junto ao ponto de água não-potável e determinado os tipos de utilização admitidos para água não-potável;

II - garantir padrões de qualidade da água apropriados ao tipo de utilização previsto, definido os dispositivos, processos e tratamentos necessários para a manutenção desta qualidade;

III - impedir a contaminação no sistema predial destinado à água potável, sendo terminantemente vedada qualquer comunicação entre este sistema de aproveitamento, o sistema predial destinado à água potável e o sistema de abastecimento da concessionária.

Para que o aproveitamento da água da chuva possa ser utilizado de forma segura, é primordial conhecer os padrões de qualidade que a mesma deve atender de acordo com os seus usos.

Por meio da Portaria No 518/04 do Ministério da Saúde (MS), foram estabelecidos os padrões de qualidade para a água tratada destinada ao consumo humano. A tabela 1.5 estabelece alguns desses limites:

TABELA 1.5 - Padrões de Portabilidade estabelecidos pelo MS

PARÂMETRO	VALOR
Amônia (mg/L)*	1,5
Cloreto (mg/L)*	250
Coliformes Termotolerantes ou Escherichia coli (NMP/100mL)	Ausência em 100mL
Cor Aparente (uH)*	15
Dureza (mg/L)*	500
Ferro (mg/L)*	0,3
Manganês (mg/L)*	0,1
Nitrato (mg/L)**	10
Ph	6,0 a 9,5
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)*	1000
Sulfato (mg/L)*	250
Turbidez (UNT)*	5
* Padrão de aceitação para o consumo humano; ** Padrão de Potabilidade	

Fonte: Portaria MS N°518/04 - Ministério da Saúde (MS).

A Resolução No 274/00 do CONAMA define os padrões de balneabilidade, apresentados de forma resumida na tabela 1.6, classificando-as como próprias e impróprias. Conforme a Resolução, as águas classificadas como próprias são subdivididas em três categorias: excelentes, muito boas e satisfatórias.

TABELA 1.6 - Classificação das águas quanto ao padrão de balneabilidade

<b>PARÂMETRO</b>	<b>Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)*</b>	<b>Escherichia coli (NMP/100mL)*</b>	<b>pH</b>
Excelentes	250	200	6 a 9
Muito Boas	500	400	
Satisfatórias	1000	800	

\*Quantidade máxima em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local.

Fonte: Adaptado de Resolução CONAMA N°274/00.

Nenhuma fonte alternativa de suprimento de água é 100% segura, necessitando que se faça a avaliação quanto ao uso pretendido e a qualidade desejada (Tabela 1.7). De modo que, o uso que se pretende dar para a água aproveitada implicará em um tratamento apropriado (GOULD; NISSEN-PETERSEN, 1999 *apud* AMORIM; HERNANDES, 2006 *apud* FRANCESCHINI, 2009).

TABELA 1.7 - Usos da água x Tratamento requerido

<b>Uso requerido pela água</b>	<b>Tratamento necessário</b>
Irrigação de jardins	Nenhum tratamento
Prevenção de incêndio, condicionamento de ar	Cuidados para manter o equipamento de estocagem e distribuição em condições de uso
Fontes e lagoas, descargas de banheiros, lavação de roupas e lavação de carros	Tratamento higiênico, devido o possível contato do corpo humano com a água
Piscina/banho, consumo humano e no preparo de alimentos	Desinfecção, para a água ser consumida direta ou indiretamente

Fonte: Group Raindrops (1995) *apud* Uso Racional da Água em Edificações (2006) *apud* Franceschini (2009).

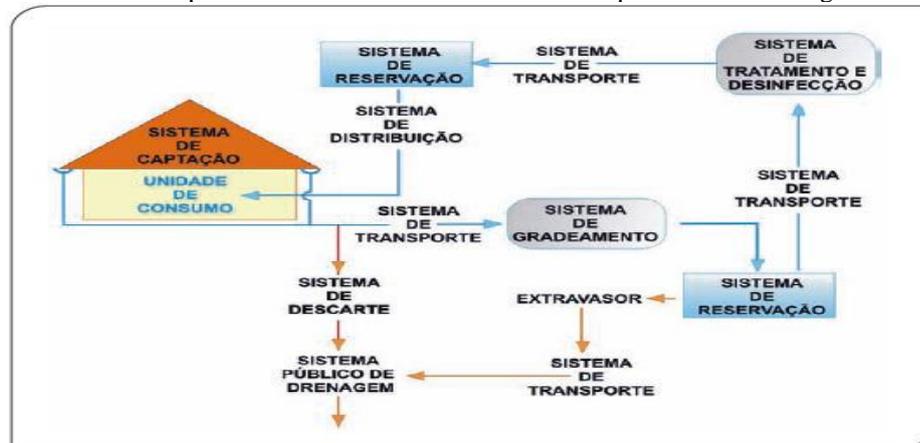
## 2.5 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

A viabilização de um projeto para utilização de água de chuva dependerá da finalidade

do uso que será dada a água da chuva coletada, que vai desde os mais básicos meios de utilização aos mais complexos (YOSHINO, 2012).

De um modo geral, o sistema é constituído por uma superfície de captação, condutores horizontais e verticais (calhas, tubulação de descida, etc.), filtros ou grades para removerem materiais grosseiros, dispositivos de descarte da primeira chuva e do reservatório de armazenamento da água da chuva. A Figura 1.5 demonstra um sistema básico de aproveitamento de água de chuva.

FIGURA 1.5 - Esquema dos elementos de um sistema de aproveitamento de água de chuva



Fonte: Oliveira et al. (2007) *apud* Marques (2012).

Basicamente, o sistema é formado por área de captação ou área de contribuição, componentes de transporte constituídos de condutores horizontais, condutores verticais, calhas e reservatório (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Além desses componentes, o sistema pode ainda conter outros dispositivos para tratamentos, compostos de unidades de sedimentação, equipamento de filtração e desinfecção da água.

### 2.5.1 Áreas de captação

A Norma brasileira NBR 15527/2007 define a superfície projetada na horizontal das coberturas, livre da passagem de pessoas, veículos ou de animais como área de captação de água pluvial.

Geralmente os telhados ou laje de edificações são utilizados para coleta e uso de água da chuva, inclusive as superfícies impermeabilizadas de pisos, as calçadas e estacionamentos

podem ser utilizados como forma de captação. O volume de água de chuva pode variar em função da área de captação, dos fatores climáticos do local e do coeficiente de escoamento superficial (MAY, 2004 *apud* FRANCESCHINI, 2009).

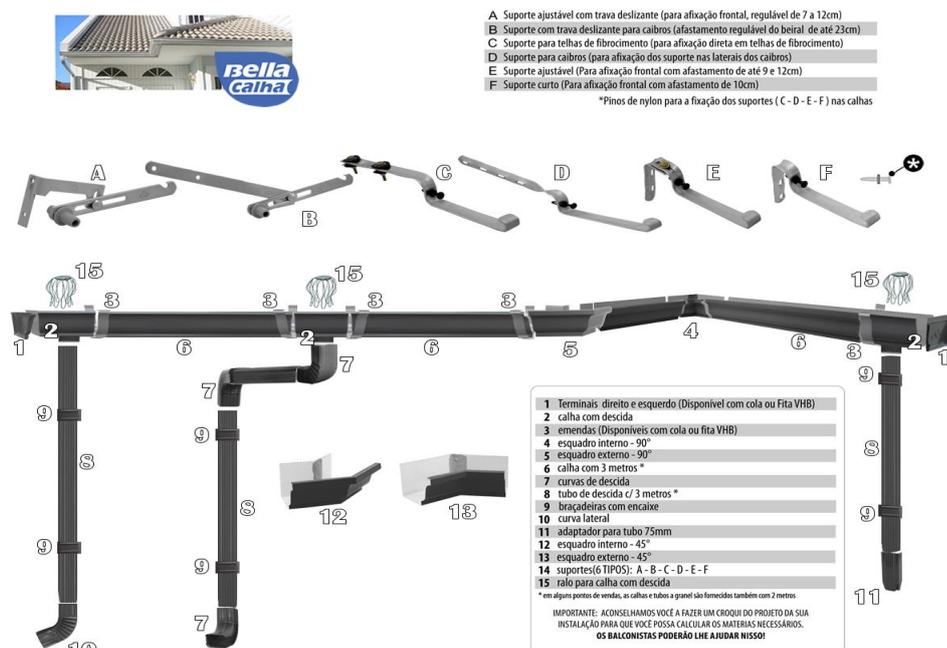
O mais comum é a utilização da captação nos telhados, podendo ser constituído por uma variedade de materiais, tais como telhas cerâmicas, fibrocimento, zinco, aço galvanizado, plástico, vidro, acrílico, concreto, entre outros. O tipo de material que é composto o telhado pode influenciar a qualidade e a quantidade de água captada. (HAGEMANN, 2009).

Estudos apontam que o tipo de revestimento dessas superfícies interfere diretamente no sistema de aproveitamento de água de chuva, dando prioridade aos materiais que apresentarem menor absorção de água, ou seja, os telhados com coeficiente de Runoff maior, possuem menor perda de água precipitada. Além disso, devem-se evitar materiais que retêm sujeira, promovam o crescimento de bactérias e parasitas e ser decomponível (GONÇALVES, 2006).

## 2.5.2 Calhas e condutores

De grande importância para o transporte da água coletada da superfície de captação, as calhas e condutores verticais e horizontais realizam a condução até os reservatórios de armazenamento (Figura 1.6).

FIGURA 1.6 - Esquema de montagem das calhas e condutores



As calhas e condutores também devem ser fabricados com materiais inertes, como PVC ou outros tipos de plásticos (MACOMBER, 2001).

Macomber (2001) *apud* Pêgo et al. (2012), recomenda-se o uso de materiais inertes, como o PVC ou outros tipos de plásticos. No mercado, os materiais mais comumente fabricados e utilizados são em alumínio, metálicos, poli cloreto de vinila (PVC), dentre outros.

A NBR 15527/07 recomenda cautela no dimensionamento das calhas, verificando a vazão de projeto, a intensidade pluviométrica da região e o período de retorno, além dos requisitos especificados pela 10844/89. A Norma também enfatiza a inspeção periódica desses elementos, realizando limpezas regularmente a fim de evitar a contaminação do sistema.

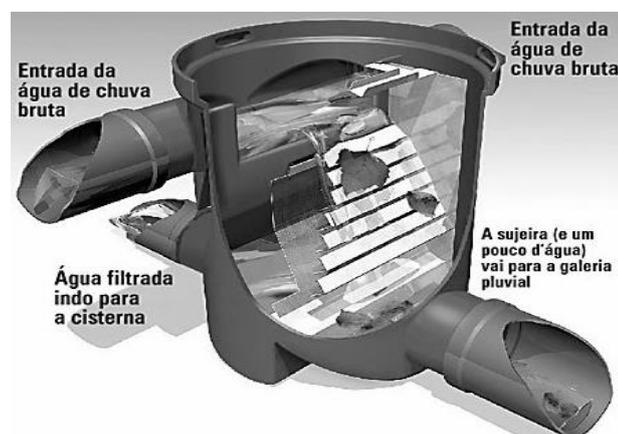
### 2.5.3 Filtros

Para Hagemann (2009), as grades e os filtros têm a finalidade de reter materiais grosseiros oriundos dos telhados como folhas, galhos, além de pequenos animais. Além de poderem comprometer a qualidade da água, danificam o sistema de captação.

Os filtros (Figura 1.7) são dispositivos utilizados para retenção de materiais de suspensão, possibilitando a higienização da água em um sistema de aproveitamento de água da chuva (KOENIG, 2001 *apud* PÊGO et al., 2012).

A Manutenção desses dispositivos deve ser realizada periodicamente, a fim de evitar a obstrução de materiais grosseiros. A NBR 15527/07 orienta que esses componentes passem por limpeza trimestral, além de inspecionados mensalmente.

FIGURA 1.7 – Modelo de filtro comercial para retenção de materiais grosseiros



Fonte: Bella Calha (2006b) *apud* Hagemann (2009).

#### 2.5.4 Dispositivos de descarte da primeira chuva

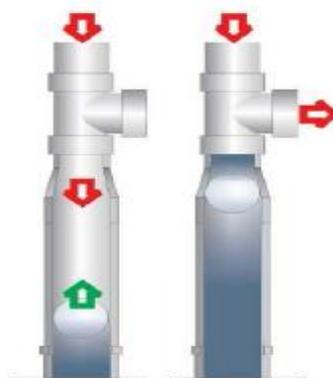
Trata-se de um componente de extrema importância do sistema de aproveitamento de água da chuva. Tem por finalidade impedir que a primeira água da chuva contamine o reservatório de armazenamento.

Tendo em vista a existência de risco de contaminação durante o processo de captação de água de chuva, é necessário a instalação de anteparos com o intuito de impedir que nos primeiros milímetros adentre no reservatório de armazenamento (SILVA, 2006 *apud* LAGE, 2010).

De acordo com Pozzebon (2013), a primeira chuva realiza a limpeza das impurezas contidas na superfície de captação, como folhas, poeiras, fezes de animais, detritos e microrganismos. Para tanto, recomenda-se o uso de dispositivos de descartes das primeiras águas de chuva (Figura 1.8), podendo ter seu funcionamento automático ou manual.

Estudos apontam que a primeira chuva ou a chuva inicial é considerada a mais poluída, pois ocorre a lavagem da atmosfera e da área de captação. Na cidade de Vitória, por exemplo, foi constatado um aumento no pH e de alcalinidade da água da chuva, após percorrer sobre a superfície de captação em virtude do material que ficava disposto sobre a cobertura (PROSAB, 2006). O mesmo foi detectado por May (2004) na cidade de São Paulo, onde amostras de água coletadas dos telhados apresentaram uma variação de pH de 5,8 a 7,6 devido a presença de limo e bactérias na água.

FIGURA 1.8 – Dispositivo de descarte das primeiras chuvas



Fonte: Prolife (2011) *apud* Pozzebon (2013).

Contudo, a qualidade detectada na primeira água de chuva pode sofrer alterações em função do tipo de superfície de captação, do período de estiagem, da variedade e concentração de

poluentes (HAGEMANN, 2009).

Tomaz (2011), afirma que se descarta 40 litros para cada 100 m<sup>2</sup> da área projetada para captação da água da chuva, ou seja, 0,4 l/m<sup>2</sup>.

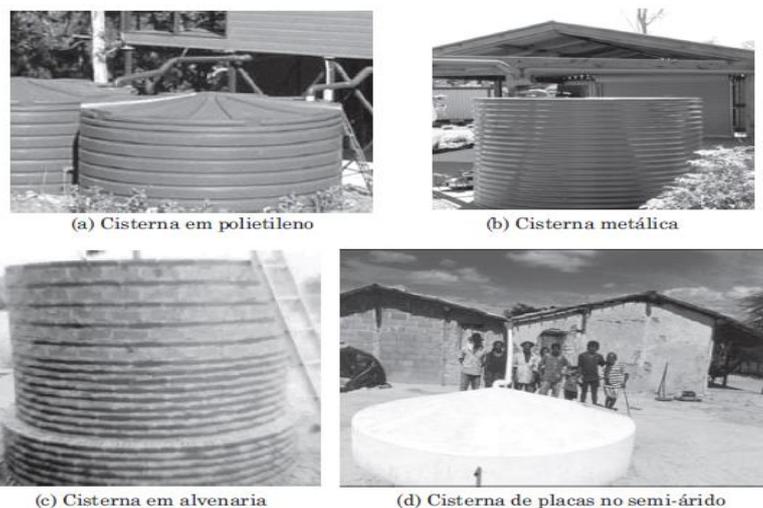
Não há um consenso entre autores em relação ao volume de água da chuva a ser descartado, podendo variar entre 0,4 L/m<sup>2</sup> a 2,0 L/m<sup>2</sup> da superfície de captação. No âmbito da ABNT, a norma NBR 15.527/2007 recomenda que o mecanismo de descarte de água da chuva precisa ser dimensionado por um profissional capacitado e habilitado e que, na ausência de dados, aconselha-se que seja descartado 2mm da área de captação no escoamento inicial (CARDOSO, 2009).

### 2.5.5 Reservatórios de armazenamento

Após concluir o processo de captação, filtração e tratamento da água de chuva, o volume de água é conduzido ao reservatório de armazenamento, podendo este ser enterrado, parcialmente enterrado ou localizado na superfície.

Prosab (2006) orienta que a localização do reservatório depende das condições do terreno, da abrangência da área disponível, do modelo e do material a ser empregado (como concreto armado, alvenaria, fibra de vidro, aço, polietileno entre outros), como mostrado na Figura 1.9a a 1.9d.

FIGURA 1.9 - Tipos de Reservatórios ou Cisternas



Fonte: Rain Harvesting (2006) e Ambiente Brasil (2006) *apud* Prosab (2006).

Os reservatórios ou cisternas têm a finalidade de recolher e armazenar a água da chuva aproveitada. São os componentes mais onerosos do sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva podendo, em alguns casos, inviabilizar a construção desse sistema (HAGEMANN, 2009).

A NBR 15527/07 recomenda o uso de mecanismos que impeçam a conexão cruzada, evitando o contágio caso o reservatório de água de chuva também for alimentado por uma fonte de água potável.

Para maior segurança do sistema de armazenamento, algumas medidas de precaução devem ser vistas, visando sua manutenção e qualidade da água tais como: cobertura impermeável do reservatório de armazenamento, evitar a entrada de luz no interior do reservatório de modo a impedir a proliferação de algas, evitar a passagem de animais e insetos por meio de telas nas tubulações da rede de entrada e saída do sistema e possibilitar a entrada no interior do reservatório para realização dos procedimentos de manutenção e conservação (ANNECCHINI, 2005 *apud* PETERS, 2006 *apud* LIMA, 2010).

## 2.6 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUAS PLUVIAIS

Já retratava Brasil (2010a) a importância de determinar convenientemente as medidas para o uso preciso de práticas de dimensionamento:

[...] sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água, tais como economizadores de torneiras com arejadores e/ou temporizadores, sanitários com sensores, aproveitamento de água pluvial e de outras fontes alternativas de água, devem proporcionar uma economia mínima de 40% no consumo anual de água do edifício, considerando práticas correntes de dimensionamento (BRASIL, 2010a, p. 23).

O dimensionamento do reservatório de armazenamento de água da chuva depende de vários fatores: demanda de água pluvial, área de captação, precipitação pluviométrica e custos de implantação e operação (BRAGA, 2008 *apud* LOPES, 2012). Ghisi (2010) *apud* Alice (2014), explica que a eficiência do sistema de aproveitamento de águas pluviais depende do correto dimensionamento do reservatório, necessitando de um ponto ótimo na combinação do volume de reservação e da demanda a ser atendida.

Estudos e pesquisas realizados pelo Prosab (2006) *apud* Silva (2007) enfatizam a

relevância na determinação do dimensionamento do reservatório. Sendo fundamental o conhecimento tanto das demandas não potáveis de água que serão atendidas na edificação quanto os índices pluviométricos da região de estudo como a precipitação anual e o número de dias sem chuvas.

### 2.6.1 Demanda de água não potável

A demanda total de água representa a quantidade de água necessária para atender as exigências fundamentais dos usuários da edificação, podendo ser fixa (não varia com o tempo) ou variável (varia com o tempo).

Uma parcela dessa demanda de água é destinada para fins potáveis, ou seja, é utilizada para higiene pessoal, para consumo e na preparação de alimentos e outra parcela é utilizada para fins menos nobres, como lavagem de roupas, carros, pisos, calçadas, na irrigação de jardins e na descarga de vasos sanitários (ANNECCHINI, 2005 *apud* YOSHINO, 2012).

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNSA, 2013), o consumo médio nos últimos três anos apresenta variações decorrentes da realidade de cada sistema, a exemplo do Estado do Rio de Janeiro que apresenta valor 24,1% acima da média da região Sudeste e 52,2% acima da média do país. Enquanto que na região Norte do País a variação ficou em torno de 1,0% (Tabela 1.8).

TABELA 1.8 - Valores do consumo médio per capita de água.

Estado / Região	Média últimos 3 anos (l/hab.dia)	Ano 2013 (l/hab.dia)	Variação Média / 2013
Acre	141,7	144,6	2,00%
Amazonas	157,9	159,3	0,90%
Amapá	193,6	194,9	0,70%
Pará	151,9	156,6	3,10%
Rondônia	181,3	183,9	1,40%
Roraima	144,8	142,1	-1,90%
Tocantins	136,8	133	-2,80%
<b>Norte</b>	<b>154,3</b>	<b>155,8</b>	<b>1,00%</b>
Alagoas	114,3	99,7	-12,80%
Bahia	115,7	110,6	-4,40%
Ceará	127,7	128,4	0,50%
Maranhão	202,8	230,8	13,80%
Paraíba	133,3	139,1	4,40%
Pernambuco	107,5	105,3	-2,00%
Piauí	129,2	134,9	4,40%

Rio Grande do Norte	120,9	114,8	-5,00%
Sergipe	123,2	123,4	0,20%
<b>Nordeste</b>	<b>125,9</b>	<b>125,8</b>	<b>-0,10%</b>
Espírito Santo	191,1	191,1	0,00%
Minas Gerais	158	159,4	0,90%
Rio de Janeiro	245	253,1	3,30%
São Paulo	189,1	188	-0,60%
<b>Sudeste</b>	<b>192,8</b>	<b>194</b>	<b>0,60%</b>
Paraná	144,3	143,8	-0,30%
Rio Grande do Sul	151,5	152,2	0,50%
Santa Catarina	153,3	157,1	2,50%
<b>Sul</b>	<b>149</b>	<b>149,9</b>	<b>0,60%</b>
Distrito Federal	188,6	189,9	0,70%
Goiás	144,1	146,1	1,40%
Mato Grosso do Sul	154	155,5	1,00%
Mato Grosso	159,2	165,1	3,70%
<b>Centro-Oeste</b>	<b>158,2</b>	<b>160,7</b>	<b>1,60%</b>
<b>Brasil</b>	<b>165,5</b>	<b>166,3</b>	<b>0,50%</b>

Fonte: SNSA (2013).

Pires (2012) retrata a existência na literatura de parâmetros estimativos que podem ser utilizados de forma razoável para determinar o consumo de água.

As tabelas 1.9, 1.10 e 1.11 estimam os percentuais do consumo da água necessário para suprir as atividades básicas que podem ser substituídos por água da chuva de acordo com suas utilizações.

TABELA 1.9 - Consumo de água nas residências brasileiras

Ponto de Consumo	Percentual (%)
Bacia Sanitária	22
Chuveiro	37
Pia da Cozinha	18
Máquina de Lavar Roupa	9
Lavatório	7
Tanque	4
Jardim/lav.carros	3
<b>Total</b>	<b>100</b>
<b>Total não Potável*</b>	<b>38</b>

Fonte: Adaptado de Martins e Memelli (2011).

TABELA 1.10 - Consumo de água residencial nos Estados Unidos

Ponto de Consumo	Percentual (%)
Descargas nas bacias sanitárias	27
Chuveiro	17
Lavagem de roupas	22
Vazamentos	14
Lavagem de louças	2
Torneiras	16
Outros	2
<b>Total</b>	<b>100</b>
<b>Total não potável</b>	<b>49</b>

Fonte: Tomaz (2013) *apud* Marques (2012).

TABELA 1.11 - Consumo de água residencial na Suíça

Ponto de Consumo	Percentual (%)
Descargas nas bacias sanitárias	40
Chuveiro	37
Cozinha	6
Bebidas	5
Máquina de lavar roupa	4
Limpeza de piso	3
Jardins	3
Lavagem de automóveis	1
Outros	1
<b>Total</b>	<b>100</b>
<b>Total não potável</b>	<b>51</b>

Fonte: Adaptado da SABESP (2004) *apud* Bressan e Martini (2005) *apud* Yoshino (2012).

O consumo de água tratada para fins não potáveis em residências do Brasil, Estados Unidos e Suíça varia de 38% a 51%. De acordo com os dados da tabela 1.9, o percentual estimado de consumo de água potável consumida nas residências brasileiras que podem ser substituídas por água da chuva é de 38%, podendo ser utilizado nas descargas de vasos sanitários, na lavagem de roupas, tanques, irrigação de jardins e lavagem de carros.

### 2.6.2 Coeficiente de escoamento superficial

Marques (2012) ressalta que o volume de água de chuva a ser aproveitado sofre perdas oriundas da limpeza da superfície de captação, pela evaporação, perdas na autolimpeza e outros. Tomaz (2011) define o escoamento superficial, também conhecido como coeficiente de runoff, como a relação entre o volume de água que esco superficialmente num determinado período de

tempo pelo total da água precipitado, de modo que, o volume de água da chuva aproveitado é inferior que o volume precipitado. Portanto, funciona como um índice do volume de água da chuva captado.

É utilizado para dimensionar o volume de água pluvial aproveitável, podendo variar em função da rugosidade dos diferentes tipos de materiais por onde a água escoar, conforme Tabela 1.12.

TABELA 1.12: Faixa de Coeficiente de escoamento superficial para cada tipo de material por diferentes autores

<b>Material</b>	<b>Coeficiente de runoff</b>	<b>Fonte</b>
Telhado: metal, cascalho, asfalto, fibra de vidro	0,90 a 0,95	Wilken (1978)
Telhado inclinado com telha cerâmica	0,75 a 0,90	Van den Bossche apud Vaes e Berlamont (1999)
Telhado inclinado com telha esmaltada	0,90 a 0,95	Van den Bossche apud Vaes e Berlamont (1999)
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90	Hofkes (1981) e Frasier (1975)
Telhas corrugadas de metal	0,70 a 0,90	Hofkes (1981) e Frasier (1975)

Fonte: Lage (2010) adaptado de Way (2004).

A escolha do material, além de evitar contaminação da água de chuva devido a componentes tóxicos, determina o quanto de água precipitada escoar pela superfície de coleta (HAGEMANN, 2009).

As superfícies de captação mais rugosas provocam a diminuição do volume de escoamento, ou seja, os materiais mais impermeáveis como as coberturas metálicas, por apresentarem uma textura suave e um elevado coeficiente de escoamento, causam menos perdas do que os telhados com superfícies cerâmicas que absorvem mais água da chuva.

As tabelas 1.13 e 1.14 definem outros valores para este coeficiente, em função das do material que compõe a área da superfície.

TABELA 1.13 - Valores do coeficiente de “Runoff”

Material		Coeficiente de runoff	
		Máximo	Mínimo
Revestimento do Telhado: metal, cascalho, asfalto, fibra de vidro		0,95	0,90
Pavimentação: betão, asfalto		1,00	0,90
Solo	Com vegetação	0,75	0,20
	Sem vegetação	0,60	0,10
Relvado	Com solo arenoso	0,10	0,05
	Com solo barrento	0,17	0,13

Fonte: Waterfall (2004) *apud* Lé (2012).

TABELA 1.14 - Valores do coeficiente de “Runoff”

Tipo e material de revestimento da cobertura	Coeficiente “Runoff”
Impermeáveis (Betão, Telha)	0,80
Planas com Gravelha	0,60
Verdes Intensivas (com camada de crescimento fina, adequada para flores e ervas)	0,50
Verdes Extensivas (com camada de profundidade Média, Permitindo plantar árvores e arbustos)	0,30

Fonte: Anqip (2009a) *apud* Lé (2012).

### 2.6.3 Precipitação pluviométrica

Abib et al. (2010), relata a formação e concepção das chuvas sobre os oceanos e continentes:

Como pode ser observado, na atmosfera o vapor da água em forma de nuvens pode ser transformado em chuva, neve ou granizo, dependendo das condições do clima. Essa transformação provoca o que se chama de precipitação. A precipitação ocorre sobre a superfície do planeta. [...] Os oceanos recebem água das precipitações e do desaguamento dos rios, e perdem água pela evaporação. Na atmosfera, o excesso de vapor sobre os oceanos é transportado para os continentes por meio de correntes de ventos, em sentido inverso ao desaguamento.

Para avaliar o potencial de aproveitamento da água de chuva em uma determinada região, se faz necessário um levantamento da série histórica de chuvas.

O sistema torna-se mais eficiente quando a ocorrência de chuvas numa determinada região for distribuída de forma regular ao longo do tempo (MARINOSKI, 2010). Estes valores podem ser obtidos através de órgãos oficiais do governo, como o INMET ou de outras entidades

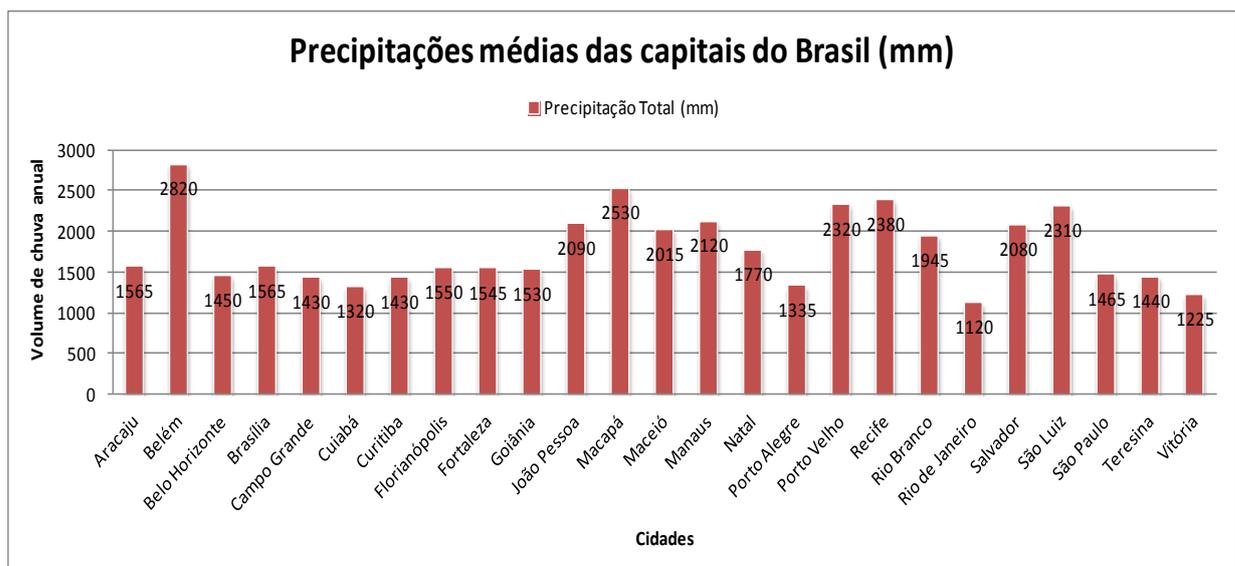
que possuam dados oficiais, além de estações meteorológicas.

Su et al. (2009) *apud* Baptista (2014), diz que quanto maior o período de registro dos dados pluviométricos, mais precisos serão os resultados, sendo aconselhado que os estudos históricos sejam superiores a 10 anos.

Na região Norte do país, mais precisamente no estado do Amazonas, a precipitação média é de 2.300 mm anuais, podendo apresentar variações nas demais regiões do estado (FISCH, 1996 *apud* BARRETO, 2013).

O Gráfico 1.4 apresenta os valores das precipitações médias anuais em milímetros nas capitais do país (TOMAZ, 2011).

GRÁFICO 1.4 - Precipitações médias das capitais do Brasil



Fonte: Adaptado de Tomaz (2011).

#### 2.6.4 Métodos de dimensionamento

Essencialmente, são empregados métodos de dimensionamento de reservatório para armazenamento de água da chuva, sendo fundamental o conhecimento do regime pluviométrico local, da área de captação, do coeficiente de escoamento superficial e do volume de água potável a ser substituída por água pluvial (MARINOSKI, 2010).

A maioria dos métodos propostos possuem esses parâmetros de entrada, tendo em vista que eles interferem diretamente na determinação do volume do reservatório (GHISI, 2010 *apud* SALLA et al., 2013).

Pozzebon (2013) alerta que deve-se tomar cuidado na escolha de métodos que não levam em conta a entrada de água no sistema, podendo causar falhas no dimensionamento do volume do reservatório.

Por ser considerado o componente mais oneroso do sistema, o dimensionamento requer muita atenção e cuidado (BRAGA, 2008 *apud* LOPES, 2012). Hagemann (2009) adverte que é necessário um balanço entre o volume de água disponível e o desejado, pois a disponibilidade pluviométrica nem sempre será suficiente para atender toda a demanda requerida.

Portanto, necessita de um ponto de equilíbrio na determinação do volume de armazenamento e da demanda a ser atendida, resultando maior eficiência, com o menor custo possível, além de reduzir o consumo de água das fontes de abastecimento público e dos poços de captação de águas subterrâneas, o que pode ser muito vantajoso em aplicações industriais.

O modelo comportamental desenvolvido por Ghisi (2006b) *apud* Rocha (2009), permite uma modelagem adequada do método de aproveitamento de água da chuva utilizado para simulação de sistemas de captação de águas pluviais, na qual possibilita estimar o potencial de economia de água potável que pode ser substituída por água da chuva.

## **2.7 VIABILIDADE ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA**

Conforme Sampaio (2013), a água é um bem de propriedade público e dotado de valor econômico onde os fatores financeiros influenciam diretamente na tomada de decisão ao adotar um SAAP.

O fato de um SAAP apresentar todas as condições para o aproveitamento da água da chuva, a escolha do sistema está condicionado a análises econômicas, sendo aconselhável a aferição da viabilidade econômica.

Os custos de um sistema de captação de água pluvial podem ser divididos em duas categorias:

- Custos iniciais, de construção, como o (s) reservatório (s), motobomba (s), tubulações, mão de obra, etc.;
- Custos de operação e manutenção, como a energia consumida pela (s) motobomba (s), desinfecção da água armazenada, limpeza, etc.

São vários os métodos de análise de investimentos encontrados a disposição na literatura. Os métodos contemplados para a análise de investimentos foram: Valor Presente Líquido (VPL), Tempo de retorno do investimento (payback), Taxa Interna de Retorno (TIR) e da relação benefício-custo (B/C).

### 2.7.1 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido, também conhecido como Valor Atual Líquido, denota um valor monetário que permite determinar se o projeto é viável sendo representado pelo valor presente de pagamentos futuros ou resultado financeiro da economia de água anual, deduzido dos custos do investimento e atualizados a uma taxa mínima de atratividade (CASAROTTO FILHO E KOPITTKKE, 2010 apud ALICE, 2014). Trata-se de somatório do fluxo líquido atualizado do projeto.

Neste contexto, Marques (2012) retrata o VPL como sendo a relação entre o valor presente líquido e a soma dos investimentos necessários para a implementação de um projeto. Se esse valor for positivo, significa que o investimento é economicamente vantajoso.

O VPL, de uma forma geral, é determinado pela Equação 1.

$$VPL = -FC_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad [\text{Eq.1}]$$

Onde:

t = é a quantidade de tempo, em anos, que o dinheiro foi investido no projeto começando no ano 1 que é quando há efetivamente o primeiro influxo de dinheiro;
n = é a duração total do projeto (meses);
i = é o custo do capital (%);
FC = é o fluxo de caixa no período (R\$);
FC0 = é o fluxo de caixa inicial, valor negativo (R\$).

Fonte: Lage (2010).

O desenlace dessa avaliação é exclusivamente econômico e resulta em aprovação ou rejeição do projeto, sendo que:

Se  $VPL > 0$ , o projeto é considerado atrativo;

Se  $VPL = 0$ , o projeto é indiferente;

Se  $VPL < 0$ , o projeto não é atrativo e deixa ser sugestivo.

### 2.7.2 Tempo de retorno do investimento (payback)

O payback é um indicador de viabilidade econômica que determina o período de retorno do investimento realizado para recuperar o capital expandido (MARQUES, 2012).

Marinoski (2010), assegura que períodos de retorno de projetos inferiores a 20 anos são considerados investimentos viáveis e, conseqüentemente, os períodos de retorno acima são considerados opções inviáveis para investimento. Sendo assim, quanto menor o payback (período de retorno), melhor o projeto.

A fórmula geral para determinação do período de retorno é expresso pela equação 2 abaixo:

$$I_0 \leq \sum_1^n \left[ \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n} \right] \quad [\text{Eq.2}]$$

Onde:

$I_0$ - é o investimento inicial para instalação de equipamentos e componentes necessários para realizar o aproveitamento de água pluvial (R\$);
B - são os benefícios;
C - são os custos relevantes, excluindo os custos iniciais;
n - número de períodos (meses);
i - é a taxa mínima de atratividade - TMA (adimensional).

Fonte: Marinoski et al. (2008).

### 2.7.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Silva (2008), explica que a TIR é uma taxa percentual onde, num certo intervalo de tempo, retorna o valor investido. Representa a taxa de juros onde o valor presente resultante de um projeto se iguala ao valor presente dos desembolsos dos mesmos.

É um dos principais métodos de análise de investimento, sendo considerado atrativo os projetos onde a taxa interna de retorno é superior a taxa de juros do mercado (FILHO, 2008 *apud*

POZZEBON, 2013). Tal taxa pode ser obtida através da Equação 3 (BROM; BALIAN, 2007):

$$-I_0 + \sum_{n=1}^T \frac{FCL(n)}{(1 + TIR)^n} = 0 \quad [\text{Eq.3}]$$

Onde:

Io: é o custo de construção do sistema de captação de águas pluviais (R\$);
n: é o período para o qual o cálculo contido no somatório está sendo realizado;
FCL(n): é o fluxo de caixa líquido no período n, ou seja, a diferença entre a economia no consumo de água e os custos de manutenção do sistema (R\$);
T: é o período total da análise (meses);
TIR: é a taxa interna de retorno (adimensional);

Fonte: Brom e Balian (2007).

### **3. METODOLOGIA**

No que tange a metodologia se baseia em um estudo de caso, sendo, portanto, uma pesquisa aplicada cujo os dados foram levantados através de em uma pesquisa de campo e documental.

A abordagem metodológica escolhida e elaborada nesta pesquisa tem como propósito analisar e comparar os cenários de três edificações padrões da Universidade Federal do Amazonas, assim discriminados como sendo a Residência Universitária, Faculdade de Tecnologia e Faculdade de Ciências Agrárias, determinando a viabilidade técnica e econômica, para implantar um sistema de aproveitamento de água pluvial, para usos não potáveis, considerando os aspectos quantitativos, de modo a verificar se a quantidade de água pluvial armazenada, atende satisfatoriamente as demandas de águas não potáveis, seus custos e a economia gerada pelo uso.

O principal motivo que levou à escolha das edificações foi o fato deles serem padronizados quanto a sua forma, além de poderem ser replicados e implantados inúmeras vezes. Como forma de alcançar os objetivos determinados nesta pesquisa, utilizou-se o modelo comportamental desenvolvido por Ghisi (2006b) apud Rocha (2009), na qual permite uma modelagem adequada do método de aproveitamento de água da chuva. No primeiro momento, foram abordadas informações referentes às áreas de cobertura, a coleta de dados pluviométricos da região, o consumo de água estimado, além de determinar a variação do potencial de economia de água, o percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial e o reservatório de armazenamento.

Em seguida, verificou-se os custos de implantação e os custos de operação do SAAP e os custos com a mão de obra, de modo a avaliar a economia de água potável, os benefícios econômicos gerados, o período de retorno do investimento.

Por fim, realizou-se a comparação dos resultados alcançados, tendo como referência os indicadores de viabilidade, divididos da seguinte forma:

#### **3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA**

O objeto de estudo do presente trabalho foram três edifícios situado na Universidade

Federal do Amazonas, localizado na Avenida General Rodrigo Octavio, no bairro Coroado (Manaus/Amazonas), em um terreno com, aproximadamente, 6.700.000 metros quadrados, conforme Tabela 1.15 abaixo:

TABELA 1.15 - Dados físicos das edificações.

Edificações	Capacidade ocupacional	Dimensões Físicas		Número de pavimentos	Área total construída (m <sup>2</sup> )
		Comprimento (m)	Largura (m)		
Prédio da Residência Universitária	120 pessoas	32,52	26,38	4	2.550,08
Prédio da Faculdade de Tecnologia	492 (alunos, professores técnicos administrativos)	68,4	12,6	2	1.723,68
Prédio da Faculdade de Ciências Agrárias	862 (alunos, professores técnicos administrativos)	53,62	25,00	4	5.362,00

Fonte: Próprio Autor (2016).

A Capacidade ocupacional da edificação da Faculdade de Ciências Agrárias e da Faculdade de Tecnologia foi determinada por meio de entrevistas com funcionários da instituição. Para o Prédio da Faculdade de Tecnologia considerou-se a área útil projetada (desconsiderando os banheiros, escadas e hall de circulação), totalizando 737,67 metros quadrados de espaço útil e, supondo que uma pessoa ocupa 1,5 metros quadrados, resultaria a capacidade de ocupação de 492 pessoas. Enquanto que no Prédio da Residência Universitária, foi definida a capacidade ocupacional em função do espaço projetado para a edificação.

## 3.2 VIABILIDADE TÉCNICA

### 3.2.1 Levantamento de dados

#### 3.2.2 Área da cobertura

O levantamento das superfícies de captação das três edificações é fundamental para estabelecer o volume do reservatório de água pluvial, considerando-se as áreas de cobertura em plano inclinado verificadas na planta de cobertura das edificações.

A superfície projetada da Faculdade de Ciências Agrárias é do tipo metálico, admitindo-se como coeficiente de escoamento superficial o valor de 0,9. Para as coberturas da Faculdade de

Tecnologia e da Residência Universitária por serem do tipo de fibrocimento, será adotado o valor de 0,8.

### 3.2.3 Levantamento e análise dos dados pluviométricos

A pesquisa de dados pluviométricos utilizados neste projeto foi fornecida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e incluem as informações necessárias sobre as precipitações diárias no período de 30 anos, 01/01/1985 a 31/12/2014 (Anexo). Os parâmetros foram obtidos da estação meteorológica de Manaus-AM OMM: 82331; Latitude (graus): -3.1; Longitude (graus): -60.01 e Altitude (metros): 61.25.

### 3.2.4 Previsão de consumo

Conforme Tabela 1.8 da fundamentação bibliográfica, especifica que o consumo per capita médio nos últimos três anos no estado do Amazonas foi de 157,9 l/hab.dia, enquanto que no ano de 2013 foi de 159,3 l/hab.dia. Neste projeto, foi considerado como parâmetro uma demanda de 157,9 litros per capita por dia.

O levantamento da demanda de consumo de água pluvial foi realizado considerando que sua utilização é destinada para fins não potáveis, ou seja, seu uso é destinado para lavagem dos pisos de calçadas, descargas de vasos sanitários de banheiros e para uso em irrigação de jardins e gramados.

Com base na Tabela 1.9 foi verificado por meio da soma dos percentuais de consumo da água potável que podem ser substituídos por água da chuva que 38% da demanda de água pode ser suprida por água pluvial.

### 3.2.5 Percentual da demanda de água total a ser substituída por água pluvial

Através da soma dos percentuais de consumo de água nas atividades consideradas para fins não potáveis, foi verificado o percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial, conforme apresentado na Equação 4.

$$AP = P_{\text{bacia sanitária}} + P_{\text{lavagem de roupas}} + P_{\text{tanques}} + P_{\text{irrigação/lav.carros}} \text{ [Eq. 4]}$$

Onde:

AP = Percentual de água potável que pode ser substituído por água pluvial (%);

$P_{\text{vaso sanitário}}$  = Percentual de água consumido em vasos sanitários (%);

$P_{\text{lavagem de roupas}}$  = Percentual de água consumido em máquinas de lavar roupa (%);

$P_{\text{tanques}}$  = Percentual de água consumido em tanques (%);

$P_{\text{irrigação/lav.carros}}$  = Percentual de água consumido em irrigação de jardins e lavagem de veículos (%).

Com base na Tabela 1.9 foi verificado por meio da soma dos percentuais de consumo da água potável que podem ser substituídos por água da chuva que 38% da demanda de água pode ser suprida por água pluvial.

### **3.2.6 Descarte de escoamento inicial**

Em função da ausência de dados precisos, foi determinado o descarte de 2mm/m<sup>2</sup> da área de captação no escoamento inicial ou escoamento de primeira chuva, conforme recomendação de Cardoso (2009).

### **3.2.7 Dimensionamento do reservatório de água da chuva**

Para avaliar o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial, será utilizado o algoritmo do programa Netuno (GHISI; CORDOVA, 2014), utilizado para simulação de sistemas de captação de águas pluviais, na qual será possível identificar o volume ideal do reservatório de armazenamento, estimar o potencial de economia de água potável para um ou mais volumes de reservatório, além do volume extravasado de água pluvial, entre outros.

Os dados de entrada para a simulação dos sistemas de captação de água pluvial foram: a precipitação volumétrica diária da região, o descarte do escoamento inicial (mm), a área de captação, a demanda total de água (litros per capita/dia), número de pessoas ou usuários da edificação, percentual da demanda total de água potável que poderá ser substituída por água pluvial e o coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de Runoff).

Para determinar o volume ideal para o reservatório, foi preciso estimar um volume máximo do reservatório (litros) maior que a demanda diária de água pluvial, a fim de suprir o consumo necessário. Determinou-se, também, o intervalo entre os volumes (litros) dos reservatórios e a diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m<sup>3</sup>).

Para determinar a demanda de água pluvial consumida, o próprio programa NETUNO calcula esse volume por meio da Equação 4.

O volume de reservatório deve ser maior que a demanda diária de água pluvial, para que supra esse consumo diário e possa manter uma reserva para épocas de baixa precipitação pluviométrica. A demanda diária de água pluvial é calculada pelo próprio programa Netuno, conforme apresentado na Equação 5.

$$D_{\text{pluvial}} = C_{\text{diário per capita}} \times P \times AP \quad [\text{Eq.5}]$$

Onde:

$D_{\text{pluvial}}$  = Demanda diária de água pluvial (litros/dia);

$C_{\text{diário per capita}}$  = Consumo diário de água potável per capita (litros/dia/pessoa);

$P$  = População total;

$AP$  = Percentual de água potável que poderia ser substituída por água pluvial (%).

Portanto, para a escolha do volume do reservatório ideal, fez-se variar o volume do reservatório inferior em intervalos de 5.000 litros até se obter o volume desejado. Sendo assim, conforme o volume variava, o sistema determinava um novo potencial de economia de água potável.

Para tanto, adotou-se o percentual de 1% para a diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial de modo que, a variação do volume do reservatório promova um aumento menor ou igual a esse percentual e, assim, estabelecer o volume anterior como ideal para o reservatório inferior.

### 3.3 VIABILIDADE ECONÔMICA

Enfatizada a importância de instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, faz-se necessário avaliar sua viabilidade econômica caracterizada pela relação entre o custo de implantação e a economia gerada em recursos financeiros. Depois de verificados todos os custos e os benefícios econômicos produzidos, são apurados o tempo de retorno de capital investido na implantação do sistema.

Para esta análise econômica foram consultados e coletados dados financeiros para implantação, operação e manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Para tanto, através dos custos de construção e manutenção, e das economias de água, é possível criar um fluxo de caixa que permitirá estimar o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno.

Para uma análise de fluxo de caixa são necessárias, além dos custos e economias, as seguintes variáveis:

- Período de análise: a vida útil do sistema foi considerada para um período de 20 anos;
- Inflação: adotou-se o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC) como a média obtida no período de janeiro a setembro do ano de 2015 resultando em uma taxa de 0,88%/mês;
- Período de reajuste dos custos de manutenção e das tarifas de água e energia será de 12 meses;
- Taxa mínima de atratividade: A TMA adotada neste estudo foi de 1% ao mês, cujo valor atualmente é utilizado em alguns fundos de renda fixa;
- mês de janeiro foi considerado como sendo a data de instalação do sistema de captação de águas pluviais.

### 3.3.1 Custos de implantação do SAAP

Para determinar os custos de implantação do reservatório de armazenamento utilizou-se do método por análise de regressão exemplificado por Tomaz (2011) na Equação 6:

$$C = 336 \times V^{0,85} \quad [\text{Eq.6}]$$

Sendo:

C = custo do reservatório em US\$;
V = volume da cisterna (m <sup>3</sup> );

Convertendo esses custos em moeda nacional (R\$), optou-se pela taxa de compra/venda do dólar americano divulgado pelo Banco Central do Brasil.

### 3.3.2 Custos com mão de obra

Os recursos estimados com a mão de obra foram obtidos por meio do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), amplamente divulgado no site da Caixa Econômica Federal, utilizando de profissionais capacitados em instalações hidrossanitárias.

Além disso, determinou-se que cada trabalhador realizará uma jornada de trabalho de 6 horas/dia, sendo estimado um período de 30 dias para realizar todas as tarefas de construção e implantação do SAAP.

### 3.3.3 Custos de operação e manutenção do SAAP

Na operação de um sistema de captação de águas pluviais, os custos operacionais são divididos em duas categorias:

- Custo de operação da (s) motobomba (s) utilizada para bombear a água pluvial do reservatório inferior para o reservatório superior;
- Custos operacionais referentes ao tratamento com hipoclorito de sódio, manutenção e operação e a limpeza e desinfecção do reservatório.

Para dimensionar a potência de cada motobomba foram consultados catálogos fornecidos por fabricantes, sendo estimado o período de funcionamento diário e a frequência de uso no mês.

Obtidos esses dados, foram determinados os custos com a energia elétrica para o funcionamento da motobomba adquiridos junto à Concessionária de energia elétrica (ELETROBRAS – Amazonas Distrib. de Energia do Amazonas). Esses parâmetros são fundamentais para avaliar o custo de energia elétrica em cada mês do período em análise. Assim, pode-se determinar a energia elétrica total consumida pela motobomba, por meio da Equação 7.

$$E_{mb}^i = \frac{P_{mb}}{\eta} \cdot t_{total}^i \quad \text{Eq.7]$$

Onde:

$E_{mb}^i$ - é a energia consumida pela motobomba no mês i, em kWh;
$P_{mb}$ - é a potência nominal da motobomba, em kW;
$\eta$ - é o rendimento da motobomba, dado pelo produto entre o rendimento da bomba e do motor do conjunto motobomba, adimensional;
$t_{total}^i$ - é o tempo total que a motobomba ficou ligada no mês i, em horas;

Considerando a tarifa fixa de energia elétrica fornecido pela concessionária, o custo em um dado mês "i" da operação das mototombas é obtido através da Equação 8, que inclui impostos fixos relativo a Contribuição de Iluminação Pública (COSIP) e variáveis referente a

alíquota do ICMS.

$$C_{mb}^i = E_{mb}^i \cdot c_{en} \cdot \left( 1 + \frac{j_{var}}{100} \right) + j_{fixo}$$

[Eq.8]

Onde:

$C_{mb}^i$ - é o custo de energia elétrica no mês i, desconsiderando inflação, em R\$;
$E_{mb}^i$ - é a energia consumida pela (s) motobomba (s) no mês i, em kWh;
$c_{en}$ - é a tarifa de energia elétrica, em R\$/kWh;
$j_{var}$ - é o imposto variável, calculado sobre a energia consumida no mês, em %;
$j_{fixo}$ - é o imposto fixo, em R\$.

Além dos custos já mencionados, foram apuradas as despesas com consumo de água e esgoto, custos de tratamento, manutenção e limpeza. Em relação às tarifas de água e esgoto, foram obtidos junto a Concessionária do estado do Amazonas (Amazonas Ambiental). Já as despesas com hipoclorito de sódio foram realizadas consultas por meio de pesquisa de preços de mercado, com periodicidade de tratamento a cada mês. Para determinar as despesas com a limpeza dos reservatórios, foi realizado pesquisa em empresas do ramo de limpeza de reservatórios.

Enquanto que, para os gastos com a manutenção e operação das três edificações, Tomaz (2011) estima um percentual de 6% sobre o custo total de implantação do sistema avaliado, com frequência a cada 12 meses para realização das tarefas.

### 3.3.4 Economia de água potável

As estimativas de economia de água potável foram obtidas pela diferença entre o custo mensal de água potável sem utilização de água pluvial e o custo mensal após a implantação do sistema.

### 3.3.5 Período de retorno do investimento (payback)

O tempo de retorno do investimento (em meses) foi apurado pelo método do payback descontado através da Equação (2), que leva em consideração o valor do capital investido no período, descontando os fluxos de caixa a uma taxa mínima de atratividade (TMA). Os projetos foram classificados de acordo com número de períodos necessários para recuperar o

investimento, sendo que:

Se o período de retorno for inferior a 20 anos, o projeto será considerado viável, caso contrário o projeto não apresenta atratividade para investimento.

### **3.3.6 Taxa Interna de Retorno (TIR)**

A taxa de juros será determinada quando, em determinado momento do tempo, iguala o valor presente líquido (economia na conta de água) com o das saídas (custos de instalação e manutenção) previstas de caixa.

Para determinar a Taxa Interna de Retorno, o algoritmo NETUNO considera o VPL igual a zero, cujas variáveis são as mesmas apresentadas para o VPL. Sendo muito utilizado quando não se conhece as condições de financiamento do projeto, a TIR é utilizada quando existe dúvidas entre os projetos com investimentos e a vida útil distintas.

### **3.3.7 Valor presente líquido (VPL)**

O VPL denota um valor monetário, atualizados por uma taxa mínima de atratividade, que permitirá comparar o investimento inicial com a economia futura na conta de água. Se  $VPL < 0$ , significa que o projeto não é economicamente viável para a taxa de atualização desejada. Se  $VPL = 0$ , significa que o projeto é indiferente e, caso  $VPL > 0$ , o investimento no projeto é economicamente vantajoso.

É importante definir bem a taxa a ser usada no cálculo do VPL, pois o mesmo terá maior valor quanto mais baixa for a taxa de atratividade. Para todos os objetos de estudos foi aplicado uma taxa mínima de atratividade igual 12% a.a, utilizada em alguns fundos de investimentos com renda fixa tais como BTG PACTUAL TESOIRO IPCA CURTO RF (BTGPactual digital, 2014).

No calculo do VPL, o sistema também considerou a taxa de inflação média, o período de retorno esperado do investimento, a TMA e a periodicidade de reajustes nos contratos com as Concessionárias de abastecimento e de energia, sendo os dados coletados no período de janeiro a agosto de 2015 e exemplificados na Tabela abaixo:

Tabela 1.16: Dados de entrada no programa NETUNO

Inflação (% ao mês)	0,88
Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)	12
Período de análise (anos)	20
Taxa mínima de atratividade (%) ao mês	1

Fonte: Próprio Autor.

O resultado do valor presente do fluxo de caixa mensal das entradas e saídas para a data atual do investimento utilizou-se da fórmula geral apresentada pela Equação 1, sendo o fluxo de caixa, formado pelas economias e custos mensais, demonstrado no Apêndice.

## 4. RESULTADOS

Nesta etapa, são apresentados os resultados das análises e avaliações aplicadas nos cenários propostos para a implementação do SAAP (Residência Universitária, Faculdade de Tecnologia e Faculdade de Ciências Agrárias). Na avaliação técnica, foram adquiridos os dados históricos de precipitação da cidade de Manaus com base nos dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), assim como, a previsão da demanda diária de água potável nas edificações em estudo. Estabelecido os usos finais de água da chuva para usos não potáveis, foi possível determinar a capacidade dos reservatórios de armazenamento de água da chuva, sendo possível averiguar se o volume coletado supre as demandas necessárias de cada edificação. Visando determinar a viabilidade econômica por meio do programa Netuno, determinou-se os volumes dos reservatórios com foco na análise do investimento proposto por meio do valor presente líquido, resultando em um período de retorno do capital aplicado, almejando uma economia de água potável.

### 4.1 Avaliação técnica do aproveitamento de água da chuva

#### 4.1.1 Previsão de consumo

A demanda diária de água potável per capita para cada tipo de edificação que foram usadas nos estudos de caso foram determinados segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNSA, 2013), divulgado na Tabela 1.8 da seção 2.5.1. Portanto, o consumo de água necessária para atender às necessidades diárias dos usuários dos três cenários expostos foi estipulado em 157,9 litros per capita por dia.

#### 4.1.2 Percentual de água potável que poderá ser substituído por água pluvial

Através da soma dos percentuais de consumo de água nas atividades consideradas para fins não potáveis, foi verificado o percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial, conforme apresentado na Equação 4 e demonstrado na Tabela 1.9.

$$AP = P_{\text{bacia sanitária}} + P_{\text{lavagem de roupas}} + P_{\text{tanques}} + P_{\text{irrigação/lav.carros}} \quad [\text{Eq. 4}]$$

TABELA 1.17 - Consumo de água nas residências brasileiras.

Ponto de Consumo	Percentual (%)
Bacia Sanitária	22
Máquina de Lavar Roupa	9
Tanque	4
Jardim/lav.carros	3
Total não Potável*	38

Fonte: Adaptado de Martins e Memelli (2011).

Desta forma, verificou-se que o percentual de água potável que pode ser substituído por água pluvial foi de 38% do consumo da água potável que pode ser substituído por águas de chuva, podendo ser utilizado nas descargas de vasos sanitários, na lavagem de roupas, tanques, irrigação de jardins e lavagem de carros. Esse percentual seria suficiente para atender satisfatoriamente as demandas básicas de águas menos nobres dos usuários.

Com base na literatura pesquisada por Martins e Memelli (2011), 38% do consumo da água potável no Brasil pode ser substituído por águas de chuva, podendo ser utilizado nas descargas de vasos sanitários, na lavagem de roupas, tanques, irrigação de jardins e lavagem de carros. Esse percentual seria suficiente para atender satisfatoriamente às demandas básicas de águas menos nobres dos usuários.

#### 4.1.3 Área de cobertura

O levantamento foi realizado considerando as áreas de cobertura em plano inclinado verificadas na planta de cobertura das edificações. O resultado obtido é demonstrado na Tabela 1.18:

TABELA 1.16 - Áreas de captação

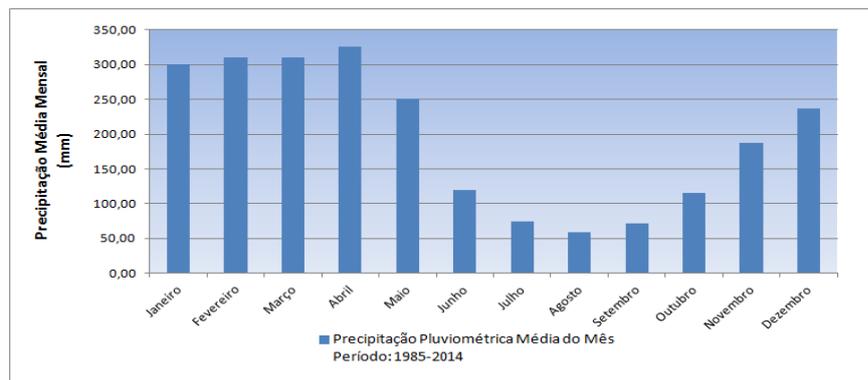
Edificações	Área de cobertura (m <sup>2</sup> )
Prédio da Residência Universitária	945,00
Prédio da Faculdade de Tecnologia	1.102,26
Prédio da Faculdade de Ciências Agrárias	1.139,04

Fonte: Próprio Autor (2016).

#### 4.1.4 Dados pluviométricos

Para avaliar o potencial de aproveitamento da água de chuva em uma determinada região, se fez necessário realizar um inventário da série histórica de chuvas correspondente ao período de 30 anos. Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram obtidos pelo INMET e incluem as informações necessárias sobre as precipitações diárias, mensais e anuais apresentando uma maior confiabilidade por trabalhar com uma média histórica maior que 10 anos, resultando em uma precipitação média diária de 6,02 mm; precipitação média mensal de 196,81 mm e a precipitação média anual foi de 2.361,76 mm. O Gráfico 1.5 apresenta os valores de precipitação média mensal para a região de Manaus, compreendendo o período de 1985 a 2014.

GRÁFICO 1.5 - Precipitação Pluviométrica Média (mm) Mensal



Fonte: Próprio Autor (2016).

#### 4.1.5 Reservatório de água da chuva

Os dados de entrada utilizados nas análises de simulação de sistemas de aproveitamento de água pluvial para os três padrões de edificações estão apresentados na Tabelas 1.19:

TABELA 1.19 - Dados de entrada utilizados nas simulações

Dados de entrada	Residência Universitária	Faculdade de Tecnologia	Faculdade de Ciências Agrárias
Área de captação (m <sup>2</sup> )	945	1.102,26	1.139,04
Demanda total de água (litros per capita/dia)	157,9	157,9	157,9
População (pessoas)	120	492	862

Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial (%)	38	38	38
Coefficiente de escoamento superficial	0,8	0,8	0,9
Descarte do escoamento inicial (mm)	2	2	2
Período de precipitação pluviométrica diária	1985 a 2014	1985 a 2014	1985 a 2014

Fonte: Próprio Autor (2016).

Com base nos resultados obtidos e com auxílio do programa computacional Netuno foram determinados os volumes dos reservatórios de água pluvial.

Conforme as informações apresentadas, a ferramenta NETUNO determinou o potencial de economia de água potável (%) e o volume consumido de água pluvial (litros/dia). Desse modo, fez-se variar o volume do reservatório inferior em intervalos de 5.000 litros até se obter o volume ideal e com isso, determinar o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial.

Do total de água da chuva captado nas coberturas da Residência Universitária e da Faculdade de Tecnologia, 80% foram aproveitadas pelo SAAP em função da superfície de captação ser de fibrocimento, gerando 20% de perdas no processo de captação da água pluvial. Enquanto que, na Faculdade de Ciências Agrárias resultou em 90% de aproveitamento (10% de perdas) por utilizar telhas metálicas e, portanto, de menor adsorção de água.

Para determinar a demanda de água pluvial consumida, o próprio programa NETUNO calcula esse volume por meio da Equação 5, sendo os resultados obtidos para o dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior, em função da demanda diária de água pluvial, resultaram em diferentes potenciais de economia de água potável, representados nas Tabelas 1.20.

TABELA 1.20 - Relação dos Volumes consumido de água pluvial e o potencial de economia proporcionado.

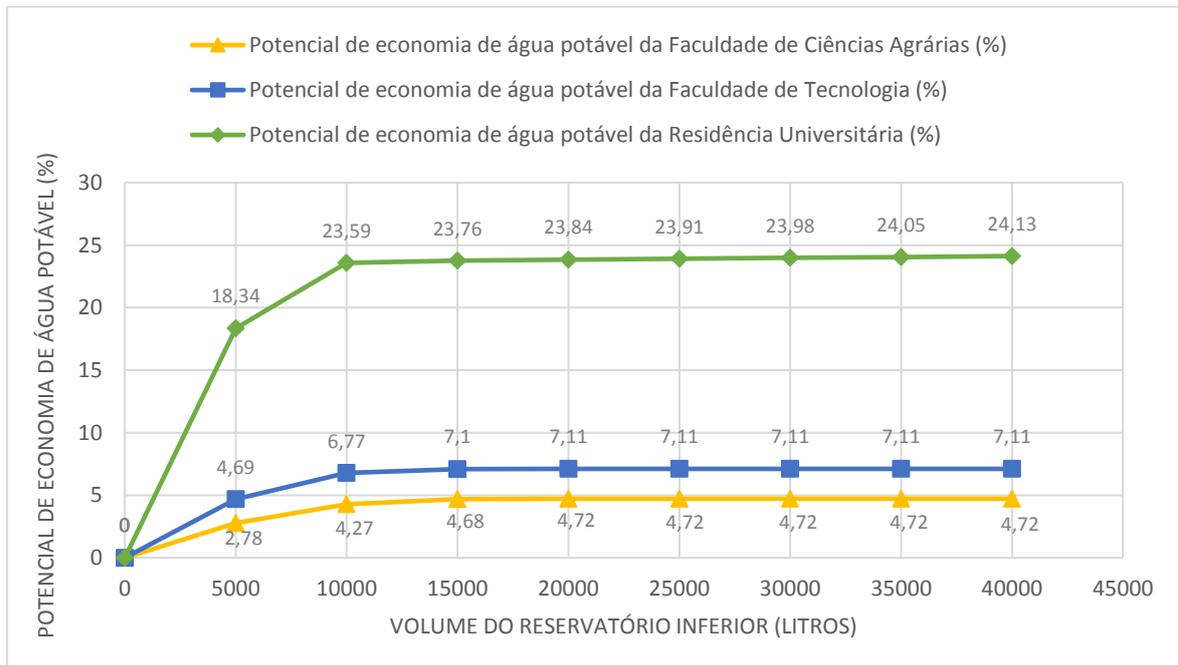
Volumes do reservatório inferior (litros)	Residência Universitária		Faculdade de Tecnologia		Faculdade de Ciências Agrárias	
	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)
-	-	-	-	-	-	-
5.000,00	18,34	3.475,27	4,69	3.647,13	2,78	3.782,86

10.000,00	23,59	4.469,10	6,77	5.255,78	4,27	5.817,57
15.000,00	23,76	4.502,95	7,10	5.512,14	4,68	6.371,77
20.000,00	23,84	4.516,65	7,11	5.522,43	4,72	6.420,04
25.000,00	23,91	4.530,35	7,11	5.522,43	4,72	6.420,04
30.000,00	23,98	4.544,05	7,11	5.522,43	4,72	6.420,04
35.000,00	24,05	4.557,75	7,11	5.522,43	4,72	6.420,04
40.000,00	24,13	4.571,45	7,11	5.522,43	4,72	6.420,04

Fonte: Próprio Autor (2016).

Por meio dos resultados auferidos da tabela acima decorrente da simulação dos diversos reservatórios, foi possível gerar um gráfico relacionando o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial em função dos diversos volumes do reservatório inferior (Gráficos 1.6).

GRÁFICO 1.6 - Simulação dos volumes dimensionados para os reservatórios e o potencial de economia proporcionado



Fonte: Próprio Autor (2016).

Analisando os gráficos e tabelas acima, observou-se que os resultados das simulações do potencial de economia de água potável variaram em função dos diversos volumes dos reservatórios, resultando em um comportamento similar nos três cenários.

Para determinar o volume ideal do reservatório, a diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial deve promover um aumento menor ou igual a 1% entre os potenciais de modo que, o aumento do volume do reservatório não alteraria efeitos consideráveis ou superiores ao limite estabelecido.

Portanto, verificou-se que a Residência Universitária apresentou um potencial de economia de água de 23,76%, resultando em um volume de armazenamento de 15.000 litros. Aplicando a Equação 5, foi possível determinar a demanda de água pluvial consumida de 4.502,95 litros/dia, conforme demonstrado abaixo.

$$D_{\text{pluvial}} = C_{\text{diário per capita}} \times P \times AP$$

$$D_{\text{pluvial}} = 157,9 \text{ litros/per capita/dia} \times 120 \times 23,76 \%$$

$$D_{\text{pluvial}} = 4.502,95 \text{ litros/dia}$$

No cenário representado pela Faculdade de Tecnologia, o potencial alcançado de economia foi de 7,10%, o que resultou num volume de armazenamento de 15.000 litros e em demanda de água pluvial de 5.512,14 litros/dia, assim determinado:

$$D_{\text{pluvial}} = C_{\text{diário per capita}} \times P \times AP$$

$$D_{\text{pluvial}} = 157,9 \text{ litros/per capita/dia} \times 492 \times 7,10 \%$$

$$D_{\text{pluvial}} = 5.512,14 \text{ litros/dia}$$

Já na Faculdade de Ciências Agrárias, o potencial ficou em torno de 4,27%, sendo o volume de armazenamento em torno de 10.000 litros e um volume de água da chuva de 5.817,57 litros/dia calculado abaixo:

$$D_{\text{pluvial}} = C_{\text{diário per capita}} \times P \times AP$$

$$D_{\text{pluvial}} = 157,9 \text{ litros/per capita/dia} \times 862 \times 4,27 \%$$

$$D_{\text{pluvial}} = 5.817,57 \text{ litros/dia}$$

Com base na avaliação dos resultados obtidos, o volume adequado do reservatório inferior foi estabelecido para cada tipo de edificação, assim como o potencial alcançado de economia gerado a partir da demanda de água não potável. A Tabela 1.21 apresenta os valores apurados:

TABELA 1.21 - Volume ideal do reservatório inferior (litros)

<b>Edificações</b>	<b>Volume do reservatório inferior (litros)</b>	<b>Potencial de economia de água potável (%)</b>	<b>Diferença entre potenciais de atendimento pluvial (%/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Residência Universitária</b>	15.000	23,76	0,09
<b>Faculdade de Tecnologia</b>	15.000	7,10	0,17
<b>Faculdade de Ciências Agrárias</b>	10.000	4,27	0,79

Fonte: Próprio Autor (2016).

Para determinar o volume do reservatório superior, ficou definido que o volume de reservatório deve ser maior que a demanda diária de água pluvial, para que supra esse consumo diário e possa manter uma reserva para épocas de baixa precipitação pluviométrica. Sendo a demanda diária de água pluvial calculada anteriormente em função do volume ideal de armazenamento obtido, determinou-se que o volume de armazenamento superior seria de 7.200 litros, tendo em vista não haver reservatórios no mercado disponíveis para os volumes calculados.

Definidos a capacidade de armazenamento dos reservatórios, analisou-se o comportamento da demanda de água pluvial e potável consumida nos meses em que se definiu o potencial de economia de água potável.

Conforme exposto anteriormente e como podem ser observados na Tabela 1.22, aqui retratado pela Residência Universitária, os volumes mensais de água da chuva potencialmente aproveitado não são iguais a demanda necessária. À primeira vista pode significar um déficit entre o volume produzido de água da chuva e a demanda por chuva mensal, no entanto, evidencia um percentual potencial de economia de água potável em alguns meses do ano.

Constata-se que nos meses de fevereiro, março e abril o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial é de 38%, o mesmo valor do “Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial”. Isso denota que, durante esses meses, o aproveitamento de água pluvial foi máximo, o que se confirma pela coluna “Demanda de água pluvial que é atendida completamente”, em que os valores são 100%.

O volume consumido água potável foi determinado em função da Equação 5, levando em consideração a diferença entre o volume total de água consumida pelo volume consumido de

água pluvial, ou seja, o resultado do produto do consumo diário de água potável per capita pela população total da edificação e o percentual de água potável.

TABELA 1.22 - Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável referentes à Residência Universitária

Mês	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros/dia)	Demanda de água pluvial é atendida completamente (%)	Demanda de água pluvial é atendida parcialmente (%)	Demanda de água pluvial não é atendida (%)
<b>Janeiro</b>	37,44	7094,97	11853,03	90,32	9,68	0,00
<b>Fevereiro</b>	38,00	7200,24	11747,76	100,00	0,00	0,00
<b>Março</b>	38,00	7200,24	11747,76	100,00	0,00	0,00
<b>Abril</b>	38,00	7200,24	11747,76	100,00	0,00	0,00
<b>Mai</b>	31,29	5928,04	13019,96	48,39	51,61	0,00
<b>Junho</b>	15,35	2907,72	16040,28	0,00	83,33	16,67
<b>Julho</b>	7,19	1362,75	17585,25	0,00	58,06	41,94
<b>Agosto</b>	5,33	1010,85	17937,15	0,00	45,16	54,84
<b>Setembro</b>	7,00	1325,77	17622,23	0,00	53,33	46,67
<b>Outubro</b>	13,40	2538,70	16409,30	0,00	74,19	25,81
<b>Novembro</b>	24,81	4700,05	14247,95	16,67	80,00	3,33
<b>Dezembro</b>	30,43	5766,33	13181,67	45,16	64,84	0,00
<b>Média</b>	<b>23,76</b>	<b>4502,95</b>	<b>14445,05</b>	<b>41,53</b>	<b>42,62</b>	<b>15,85</b>
<b>Total (ano)</b>		<b>1,64E+06</b>	<b>5,27E+06</b>			

Fonte: Próprio Autor (2016).

Em comparação ao cenário anterior, na Faculdade de Tecnologia os resultados revelam que não houve atendimento por completo no ano por meio do uso de água pluvial. Isso significa que, durante os meses, não foi possível se beneficiar de 100% de água pluvial. No entanto, nota-se que em vários meses a demanda de água pluvial é 100% atendida parcialmente, necessitando de outra fonte de abastecimento para suprir as demandas necessárias, conforme pode ser observado na Tabela 1.23.

TABELA 1.23 - Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável referente à Faculdade de Tecnologia

Mês	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros/dia)	Demanda de água pluvial é atendida completamente (%)	Demanda de água pluvial é atendida parcialmente (%)	Demanda de água pluvial não é atendida (%)
<b>Janeiro</b>	11,01	8553,54	69133,26	0,00	100,00	0,00
<b>Fevereiro</b>	12,38	9614,14	68072,66	0,00	100,00	0,00
<b>Março</b>	11,33	8805,29	68881,51	0,00	100,00	0,00
<b>Abril</b>	12,36	9599,39	68087,41	0,00	100,00	0,00
<b>Mai</b>	9,18	7131,84	70554,96	0,00	100,00	0,00
<b>Junho</b>	4,23	3285,32	74401,48	0,00	83,33	16,67
<b>Julho</b>	2,05	1589,53	76097,27	0,00	58,06	41,94
<b>Agosto</b>	1,52	1179,06	76507,74	0,00	45,16	54,84
<b>Setembro</b>	1,99	1546,4	76140,4	0,00	53,33	46,67
<b>Outubro</b>	3,81	2961,17	74725,63	0,00	74,19	25,81
<b>Novembro</b>	7,06	5482,2	72204,6	0,00	96,67	3,33
<b>Dezembro</b>	8,66	6725,92	70960,88	0,00	100,00	0,00
<b>Média</b>	<b>7,10</b>	<b>5512,14</b>	<b>72174,66</b>	<b>0,00</b>	<b>84,15</b>	<b>15,85</b>
<b>Total (ano)</b>		<b>2,01E+06</b>	<b>2,63E+07</b>			

Fonte: Próprio Autor (2016).

De modo semelhante, os resultados auferidos na Faculdade de Ciências Agrárias indicam que o potencial variou em função do volume de chuva captado naquele mês, de tal forma que em determinada época o reservatório não pode atender completamente à demanda necessária, atendendo parcialmente e/ou não sendo possível ser atendida, conforme mostrado nas colunas “Demanda de água pluvial”. Contudo, nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e dezembro, a demanda foi parcialmente atendida, sendo indispensável a utilização de fontes alternativas de suprimento de água, conforme demonstra a Tabela 1.24.

TABELA 1.24 - Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável referente à Faculdade de Ciências Agrárias

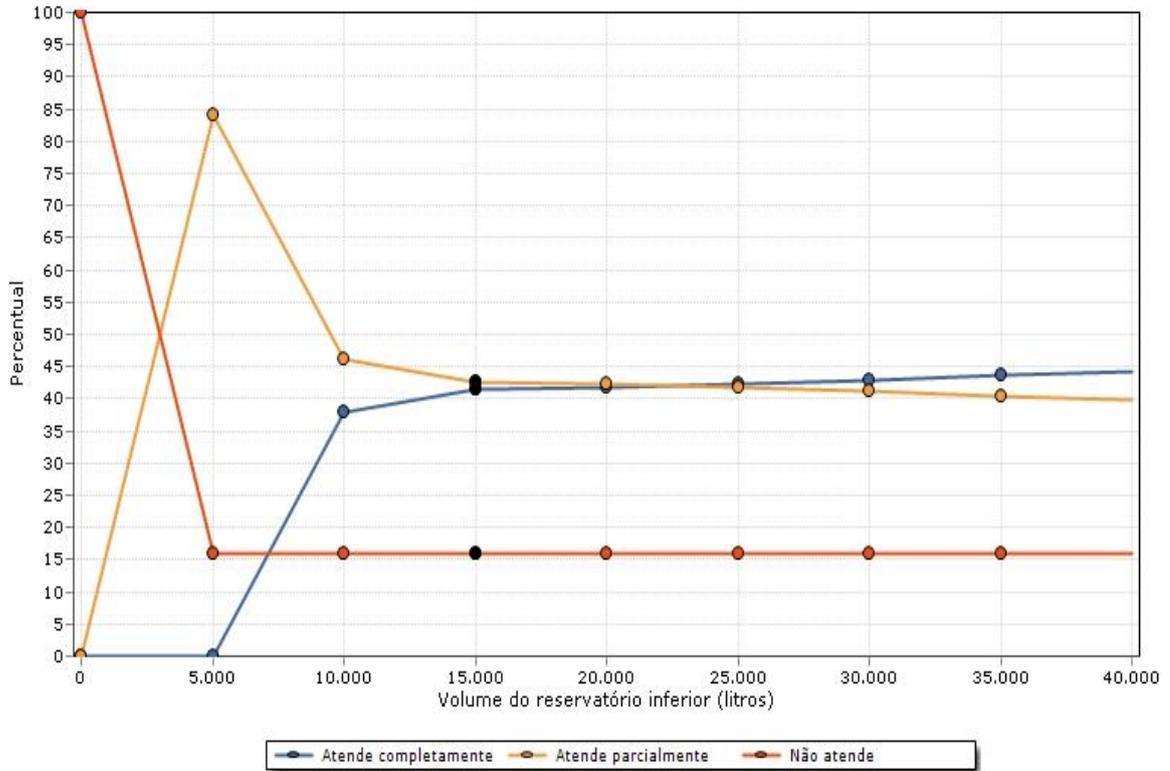
Mês	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros/dia)	Demanda de água pluvial é atendida completamente (%)	Demanda de água pluvial é atendida parcialmente (%)	Demanda de água pluvial não é atendida (%)
Janeiro	6,67	90,80,47	127029,33	0,00	100,00	0,00
Fevereiro	6,98	9496,51	126613,29	0,00	100,00	0,00
Março	6,66	9065,74	127044,06	0,00	100,00	0,00
Abril	6,69	9110,62	126999,18	0,00	100,00	0,00
Mai	5,48	7462,78	128647,02	0,00	100,00	0,00
Junho	2,81	3819,32	132290,48	0,00	83,33	16,67
Julho	1,36	1847,89	134261,91	0,00	58,06	41,94
Agosto	1,01	1370,71	134739,09	0,00	45,16	54,84
Setembro	1,32	1797,75	134312,05	0,00	53,33	46,67
Outubro	2,53	3442,47	132667,33	0,00	74,19	25,81
Novembro	4,55	6193,33	129916,47	0,00	96,67	3,33
Dezembro	5,44	7403,57	128706,23	0,00	100,00	0,00
<b>Média</b>	<b>4,27</b>	<b>5817,57</b>	<b>130292,23</b>	<b>0,00</b>	<b>84,15</b>	<b>15,85</b>
<b>Total (ano)</b>		<b>2,12E+06</b>	<b>4,76E+07</b>			

Fonte: Próprio Autor (2016).

Verifica-se que os potenciais de aproveitamento de águas pluviais para os três padrões de edificações na Universidade Federal do Amazonas, correspondente ao potencial de economia de água potável obteve resultados melhores em comparação com os resultados obtidos para os demais volumes de reservação dimensionados. É possível observar que, nos meses que correspondem ao período chuvoso na região são os que apresentam maior potencial de economia. Outro fato constatado foi a alta taxa populacional nos prédios da Faculdade de Tecnologia e na Faculdade de Ciências Agrárias, onde a quantidade de água da chuva nos meses chuvosos não atendeu de forma satisfatória a demanda.

No Gráfico 1.7 são apresentados os resultados de potencial de atendimento de água pluvial para a escolha do reservatório de água da chuva para a Residência Universitária, onde se chegou ao resultado de 15.000 litros para armazenamento de água pluvial.

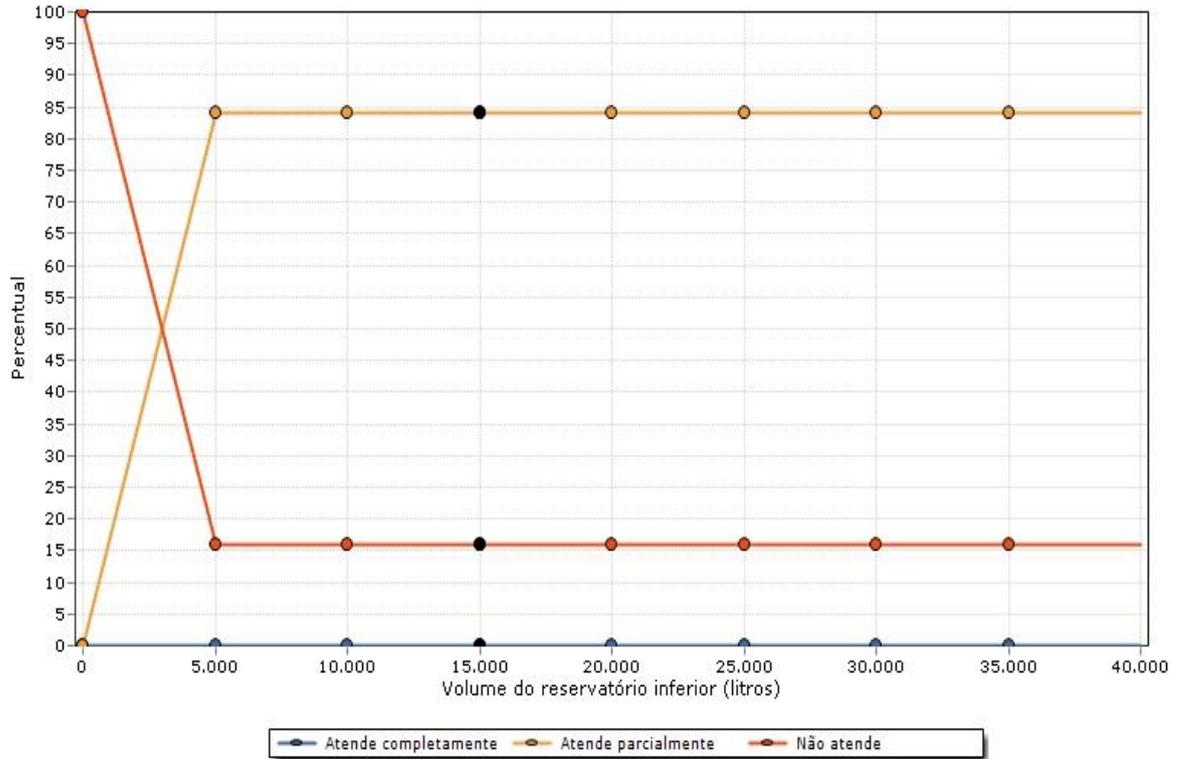
GRÁFICO 1.7 - Percentual de atendimento de água pluvial para diferentes volumes de reservação referentes à Residência Universitária



Fonte: Próprio Autor (2016).

Apesar de ter uma superfície de captação de água da chuva maior que o cenário anterior, o mesmo volume do reservatório foi obtido para a Faculdade de Tecnologia, conforme demonstrado no Gráfico 1.8. A redução da capacidade de atendimento por água pluvial se deve, principalmente, pelo número de pessoas quatro vezes superior à Residência Universitária o que aumenta o consumo de água, reduzindo o potencial de economia por água pluvial.

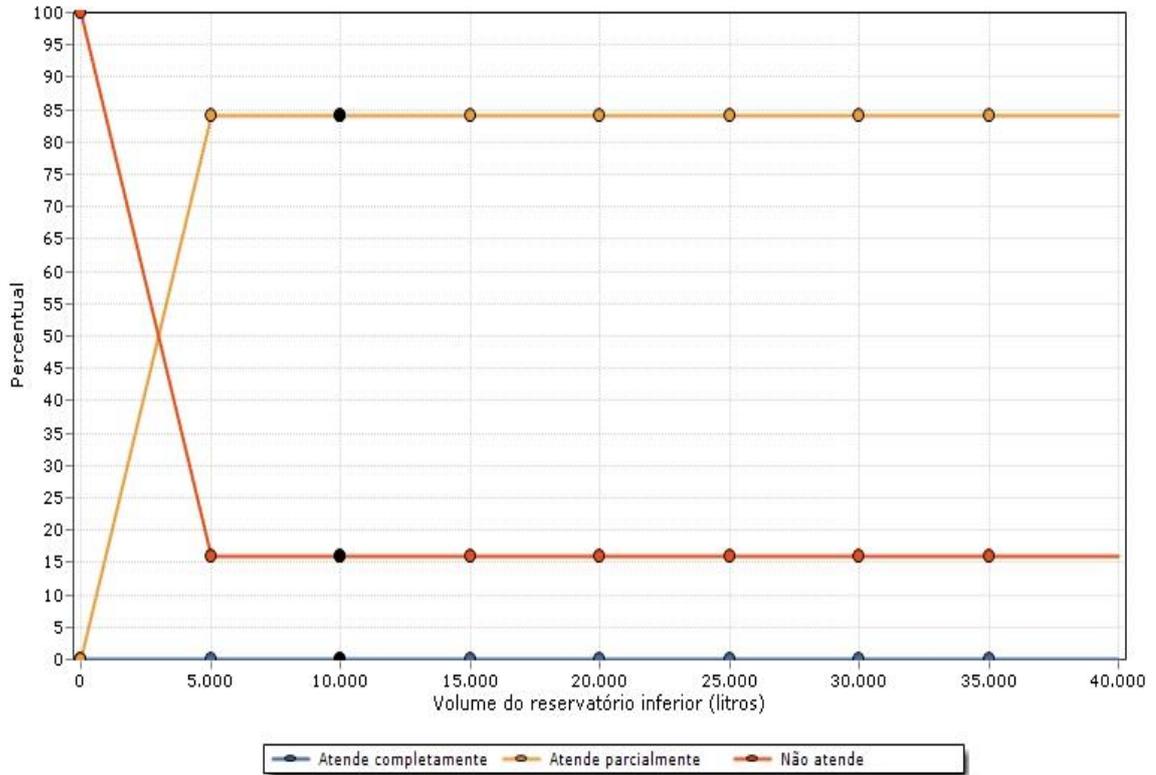
GRÁFICO 1.8 - Percentual de atendimento de água pluvial para diferentes volumes de reservação referentes à Faculdade de Tecnologia



Fonte: Proprio Autor (2016).

Em relação à Faculdade de Ciências Agrárias, a simulação apresentou o menor potencial dentre os cenários expostos, resultando em um volume ideal de armazenamento de 10.000 litros (Gráfico 1.9). Constata-se que o volume de água necessário para atender os usos previstos foi muito superior ao captado, visto que o número de pessoas que ocuparam as instalações do prédio é bastante expressivo comparado aos outros cenários, ocasionando um déficit maior de aproveitamento da água da chuva. Ainda que a capacidade do reservatório fosse majorada, o percentual de economia de água potável não elevaria substancialmente a ponto de modificar seu potencial de uso.

GRÁFICO 1.9 - Percentual de atendimento de água pluvial para diferentes volumes de reservação referentes à Faculdade de Ciências Agrárias



Fonte: Proprio Autor (2016).

## 4.2 Avaliação econômica do aproveitamento de água da chuva

Para a eficácia de um resultado é sobretudo necessário avaliar os custos para a implantação de um SAAP, onde englobam todas as despesas para a construção dos reservatórios de armazenamento de água da chuva. O critério de avaliação econômica proposta nesta etapa é baseado no payback descontado com o propósito de verificar o período de retorno do investimento, no valor presente líquido para determinar se o projeto é viável ao longo da vida útil do sistema a uma taxa mínima de atratividade e, por fim, na avaliação das economias geradas para os diferentes cenários que se pretendem instalar o SAAP.

### 4.2.1 Custos de implantação do SAAP

Os custos de implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais englobam todas as despesas relacionadas à construção do reservatório de armazenamento.

Estabelecido os volumes dos reservatórios, contabilizou-se os custos necessário para

construção do reservatório utilizando o método por análise de regressão exemplificado por TOMAZ (2011), convertendo esses dispêndios em moeda nacional (R\$). Para tanto, optou-se pela taxa de compra/venda do dólar americano divulgado pelo Banco Central do Brasil, cotado no dia 03 de março de 2015.

A formula utilizada para determinar o custo do reservatório foi explanado pela Equação 6 do capítulo anterior e transcrito abaixo, onde “C” refere-se ao custo do reservatório em US\$ e “V” o volume de armazenamento em metros cúbicos. Os resultados obtidos estão demonstrados na Tabela 1.25.

$$C = 336 \times V^{0,85} \quad [\text{Eq.6}]$$

Logo, para determinar o custo de implantação do reservatório de armazenamento de água da chuva para a Residência Universitária e da Faculdade de Tecnologia:

$$V = \frac{15.000}{1.000} = 15 \text{ m}^3$$

$$C = 336 \times (15)^{0,85} = \text{US\$ } 3.357,51 = \text{R\$ } 10.195,00$$

Obs: 1US\$ = 3,0366 R\$

E, os custos envolvidos com a implantação para a faculdade de Ciências Agrárias foram:

$$V = \frac{10.000}{1.000} = 10 \text{ m}^3$$

$$C = 336 \times (10)^{0,85} = \text{US\$ } 2.378,70 = \text{R\$ } 7.223,00$$

TABELA 1.25: Custo de Implantação dos reservatórios de armazenamento de água da chuva

Descrição	Residência Universitária	Faculdade de Tecnologia	Faculdade de Ciências Agrárias
Volume da cisterna (m3)	15	15	10
Taxa de compra/venda em R\$	3,036	3,036	3,036
Custo do reservatório em US\$	3.357,51	3.357,51	2.378,70
Custo do reservatório em R\$	10.195,00	10.195,00	7.223,00

Fonte: Próprio Autor (2016).

#### 4.2.2 Custos com mão de obra

Para a execução dos serviços relativos à implantação dos sistemas dimensionados, foi realizado pesquisa de preço da hora trabalhada do Encanador e do Servente, tendo estes

profissionais como referência da mão-de-obra especializada para execução de serviços dessa natureza.

O custo horário foi obtido por meio do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), amplamente divulgado pela Caixa Econômica Federal, sendo constatado que os preços da hora desses profissionais estão avaliados em R\$/h 12,07 para o Encanador e R\$/h 8,92 para o Servente.

Além disso, determinou-se que cada trabalhador realizará uma jornada de trabalho de 6 horas/dia, resultando em um custo diário (CD) de R\$ 72,42 para o Encanador e R\$ 53,52 para o Servente, perfazendo um valor de R\$ 125,94/dia (CM), conforme demonstrado abaixo:

- Jornada de Trabalho = 6 h/dia
- Período = 30 dias
- Custo horário do Encanador = R\$/h 12,07
- Custo horário do Servente = R\$/h 8,92
- Custo Diário (CD):
- Encanador = CDe = 12,07 R\$/h x 6 h = R\$/dia 72,42
- Servente = CDs = 8,92 R\$/h x 6 h = R\$/dia 53,52
- **CD = 72,42 + 53,52 = R\$/dia 125,94**
- Custo Mensal (MS):
- **MS = R\$/dia 125,94 x 30 dias = R\$ 3.778,00**

Tendo contabilizado a quantia diária da mão-de-obra, será preciso estabelecer um período para a execução dos serviços. Para tanto, foi estimado que prazo necessário para realizar todas as tarefas de construção e implantação do SAAP será de 30 dias, resultando na importância de R\$ 3.778,00 no mês com a mão-de-obra.

#### **4.2.3 Custos de operação e manutenção do SAAP**

Para suprir as demandas de água nas edificações, foi dimensionada um sistema de bombeamento capaz de conduzir a água armazenada do reservatório inferior para o reservatório superior. Baseado em informações obtidas em catálogos de fabricantes de motobombas da linha SCHNEIDER, verificou-se que para atender a vazão requerido para as três edificações, é necessária a instalação de uma motobomba submersa Schneider SUB20-10S4E7 de 1CV

(monofásica), capaz de fornecer 1000 litros/hora, conforme explanado na Tabela 1.26.

O preço do equipamento foi adquirido por meio de pesquisa de preços no mercado, tendo como referência o valor de R\$1.673,00 (<http://camargobombas.com.br/distribuidor-bombas-dagua/bomba-dagua-submersa-schneider-sub20-10s4e7-1-0cv-trifasica-230v>).

TABELA 1.26 - Dados referentes à motobomba

<b>Motobomba Schneider SUB20-10S4E7</b>	
<b>Potência unitária (cv):</b>	1
<b>Rendimento (%):</b>	39,7
<b>Vazão (l/h):</b>	1.000
<b>Tempo de partida (seg.):</b>	100
<b>Custo unitário (R\$):</b>	1.673,00

Fonte: Próprio Autor (2016).

Os custos relativos ao consumo de energia elétrica produzida na operação da motobomba foram obtidos junto a Concessionária local de energia elétrica, representada pela ELETROBRAS Amazonas Distribuidora de Energia do Amazonas.

A Tabela 1.27 apresenta os custos referentes a tarifa de energia elétrica cobrada pela concessionária, assim como as taxas de imposto fixo relacionados à Contribuição de Iluminação Pública (COSIP) e variáveis relativo a alíquota do ICMS, com periodicidade, prevista, de reajuste contratual nas tarifas a cada 12 meses.

TABELA 1.27 - Tarifas da Concessionária local

<b>ELETROBRAS Amazonas Distribuidora de Energia do Amazonas</b>	
<b>Tarifa de energia elétrica (R\$/kwh):</b>	0,593746
<b>Imposto fixo (R\$):</b>	21,38
<b>Imposto variável (%):</b>	25

Fonte: Próprio Autor (2016).

Da mesma forma, as tarifas cobradas pelo consumo de água e esgoto foram adquiridas mediante busca nas tabelas da base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre

Saneamento (SNSA, 2013). As tabelas contêm informações fornecidas pelos prestadores de serviços, segundo a natureza jurídica, ou seja, direito público, direito privado e empresa privada. A Instituição prestadora de serviço no estado do Amazonas tem natureza privada, de direito público e de abrangência local, sendo prático a tarifa média de água e esgoto no valor de 4,52 R\$/M3, além da incidência da taxa de 25% referentes a cobrança do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS).

Além dos custos já mencionados, foram apurados os custos de tratamento, manutenção e tratamento de água. Tendo em conta a capacidade dos reservatórios, foram obtidos por meio de consultas de preços de mercado a um custo unitário de R\$ 4,79. Presumiu-se a adição de 12 unidades por semana para uso na Residência Universitária e na Faculdade de Tecnologia, totalizando um gasto de R\$ 229,92/mês e, estimado 10 unidades por semana para uso na Faculdade de Ciências Agrárias, gerando um gasto de R\$ 181,60/mês, com periodicidade de tratamento para todas as edificações a cada 30 dias.

Para os gastos com a manutenção e operação (Cm) das três edificações, TOMAZ (2011) estima um percentual de 6% sobre o custo total de implantação do sistema avaliado, com frequência a cada 12 meses para realização das tarefas. O montante necessário é demonstrado na Tabela 1.28.

Logo, para determinar o custo com manutenção e operação do reservatório de armazenamento de água da chuva para a Residência Universitária e da Faculdade de Tecnologia:

$$Cm = 6 \% \times C$$

$$Cm = 0,06 \times 10.195,00 = R\$ 611,00$$

E, os custos de manutenção e operação para a faculdade de Ciências Agrárias foram:

$$Cm = 6 \% \times C$$

$$Cm = 0,06 \times 7.223,00 = R\$ 433,00$$

TABELA 1.28 - Custos com Manutenção e Implantação

Descrição	Residência Universitária	Faculdade de Tecnologia	Faculdade de Ciências Agrárias
Manutenção e operação (%)	6	6	6
Custo do reservatório (R\$)	10.195,40	10.195,40	7.223,15
Despesa anual (R\$)	611,00	611,00	433,00

A limpeza da caixa d'água é fundamental para garantir um ambiente adequado e livre de bactérias e precisam ser limpas anualmente, usando os materiais necessários e por profissionais competentes que saberão a forma correta de limpeza. Para determinar as despesas com a limpeza dos reservatórios, foi realizada pesquisa em empresas do ramo de limpeza de reservatórios, onde o preço para limpar caixa d'água é medido pelo tamanho da caixa e o preço médio para reservatórios de 10.000 litros é de R\$ 400,00 (<https://spmax.wordpress.com/about/>). De maneira análoga, o preço para limpeza de caixas d'água de 15.000 será de R\$ 600,00.

#### 4.2.4 Análise econômica do SAAP

Após determinar o volume e a demanda de água (potável e não potável) necessária para atender às necessidades de cada edificação, assim como os recursos envolvidos na construção, manutenção e operação do SAAP, é necessário avaliar a economia financeira gerada pelo sistema.

De acordo com cenário inicial apresentado na tabela 1.29, configurou-se que o valor da conta de água adquirida diretamente da concessionária, ou seja, sem a utilização de água pluvial, resultou em despesas no valor de R\$ 70.335,93. Todavia, com a implantação do SAAP, o dispêndio foi reduzido ao montante de R\$ 53.620,73, possibilitando gerar uma economia anual de R\$ 16.715,18.

TABELA 1.29 - Estimativas mensais de economia de água (residência Universitária)

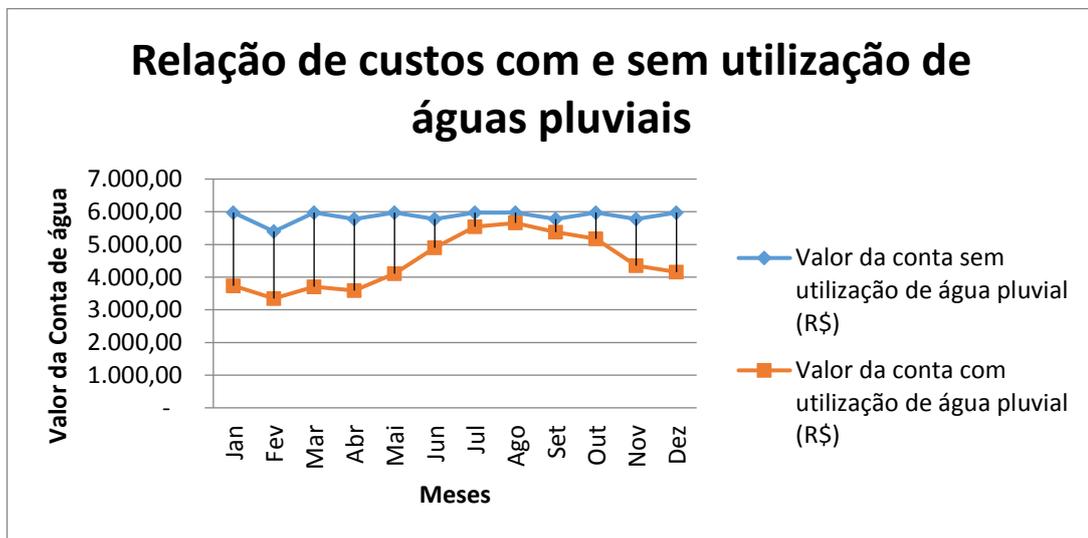
Mês	Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Jan	5.973,74	3.736,90	2.236,83
Fev	5.395,63	3.345,29	2.050,34
Mar	5.973,74	3.703,72	2.270,02
Abr	5.781,03	3.584,24	2.196,79
Mai	5.973,74	4.104,80	1.868,93
Jun	5.781,03	4.893,89	887,15
Jul	5.973,74	5.544,10	429,63
Ago	5.973,74	5.655,05	318,69
Set	5.781,03	5.376,54	404,49
Out	5.973,74	5.173,36	800,37
Nov	5.781,03	4.347,05	1.433,99

<b>Dez</b>	5.973,74	4.155,79	1.817,95
<b>Total</b>	<b>70.335,93</b>	<b>53.620,73</b>	<b>16.715,18</b>

Fonte: Próprio Autor (2016).

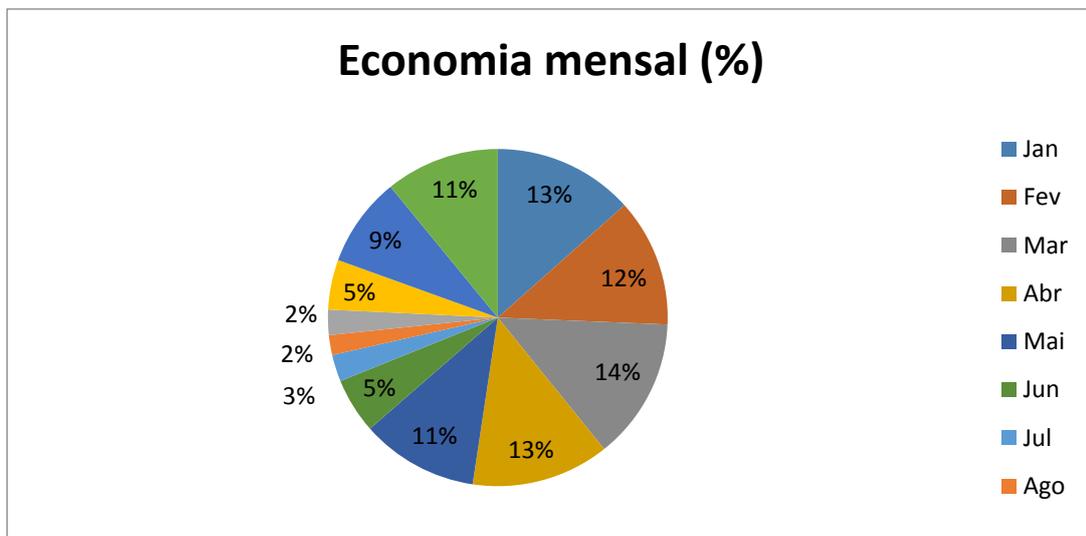
Com a detalhada modelagem desenvolvida, pode-se obter graficamente as estimativas precisas dos custos com e sem a utilização de águas pluviais (Gráfico 1.10) e as economias mensais geradas (Gráfico 1.11).

GRÁFICO 1.10 - Estimativas mensais dos custos com água (residência Universitária)



Fonte: Próprio Autor (2016).

GRÁFICO 1.11 - Percentuais mensais de economia de água (residência Universitária)



Fonte: Próprio Autor (2016).

A partir desses resultados, o programa NETUNO calculou o Valor Presente Líquido por meio do somatório do valor presente do fluxo de caixa mensal das entradas e saídas para a data atual do investimento a fim de determinar se o projeto é viável para investimentos, utilizando-se em seu algoritmo da forma geral representada pela Equação 1. O fluxo de caixa, formado pelas economias e custos mensais, pode ser visualizado no Apêndice.

$$VPL = -FC_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad [\text{Eq.1}]$$

Da mesma forma, a partir do resultado do VPL determinou o período de retorno do investimento apurado pelo método do payback descontado, exemplificado na Equação 2, levando em consideração o valor do capital investido no período e descontando os fluxos de caixas a uma taxa mínima de atratividade.

$$I_0 \leq \sum_1^n \left[ \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n} \right] \quad [\text{Eq.2}]$$

Para calcular a TIR (Taxa Interna de Retorno), na qual permitem analisar a viabilidade financeira de projetos de investimentos, foi utilizado de uma fórmula matemática-financeira (Equação 3), onde a taxa de juros será determinada quando, em determinado momento do tempo, iguala o valor presente líquido (economia na conta de água) com o das saídas (custos de instalação e manutenção) previstas de caixa, ou seja, ocorre o retorno do valor do capital investimento. Os resultados obtidos estão representados na Tabela 1.30.

$$-I_0 + \sum_{n=1}^T \frac{FCL(n)}{(1+TIR)^n} = 0 \quad [\text{Eq.3}]$$

TABELA 1.30 - Resultado do investimento com a implantação do SAAP (residência Universitária)

<b>Resultado da análise econômica</b>	
<b>Tempo de retorno do investimento (meses)</b>	27
<b>Valor presente líquido (R\$)</b>	147.482,06
<b>Taxa interna de retorno (% ao mês)</b>	4,62

Fonte: Próprio Autor (2016).

No segundo cenário, representado aqui pela Faculdade de Tecnologia, os valores da conta de água sem e com a utilização de água pluvial resultaram em encargos anuais sem o uso do SAAP no valor de R\$ 288.377,29, sendo reduzido ao valor de R\$ 267.915,93 com a implantação do SAAP, gerando uma economia anual de R\$ 20.461,34, conforme observado na Tabela 1.31.

TABELA 1.31 - Estimativas mensais de economia de água (Faculdade de Tecnologia)

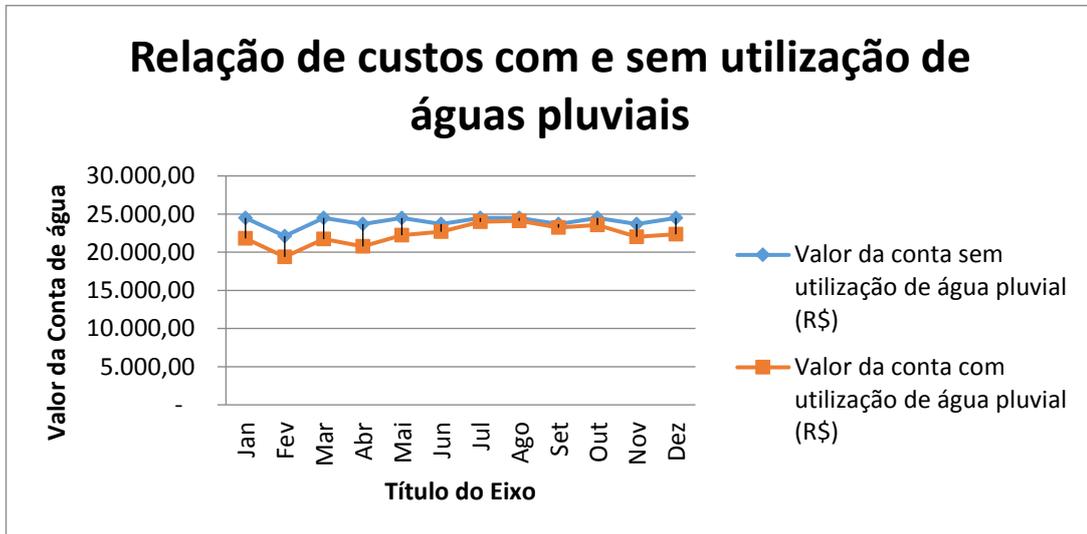
<b>Mês</b>	<b>Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)</b>	<b>Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)</b>	<b>Economia mensal (R\$)</b>
<b>Jan</b>	24.492,32	21.795,64	2.696,67
<b>Fev</b>	22.122,09	19.384,37	2.737,72
<b>Mar</b>	24.492,32	21.716,27	2.776,05
<b>Abr</b>	23.702,24	20.773,47	2.928,77
<b>Mai</b>	24.492,32	22.243,86	2.248,45
<b>Jun</b>	23.702,24	22.699,89	1.002,35
<b>Jul</b>	24.492,32	23.991,19	501,13
<b>Ago</b>	24.492,32	24.120,59	371,72
<b>Set</b>	23.702,24	23.230,44	471,81
<b>Out</b>	24.492,32	23.558,75	933,57
<b>Nov</b>	23.702,24	22.029,62	1.672,62
<b>Dez</b>	24.492,32	22.371,84	2.120,48
<b>Total</b>	<b>288.377,29</b>	<b>267.915,93</b>	<b>20.461,34</b>

Fonte: Próprio Autor (2016).

Da mesma forma, com o detalhamento da modelagem elaborada, obteve-se de modo gráfico as estimativas dos custos apurados com e sem a utilização de águas pluviais (Gráfico

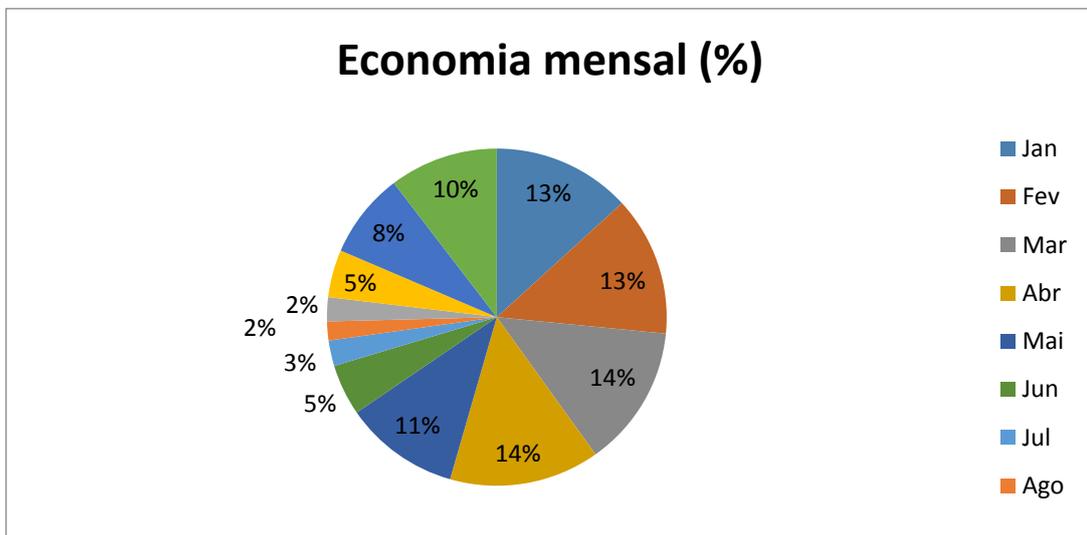
1.12) e as economias mensais geradas (Gráfico 1.13).

GRÁFICO 1.12 - Estimativas mensais dos custos com água (Faculdade de Tecnologia)



Fonte: Próprio Autor (2016).

GRÁFICO 1.13 - Percentuais mensais de economia de água (Faculdade de Tecnologia)



Fonte: Próprio Autor (2016).

Com base no somatório do valor presente do fluxo de caixa mensal das entradas e saídas para a data atual do investimento planejado, determinou-se o VPL e, conseqüentemente o período de retorno do investimento (payback) em meses e a taxa interna de retorno ao mês, conforme ilustrado na Tabela 1.32.

TABELA 1.32 - Resultado do investimento com a implantação do SAAP (Faculdade de Tecnologia)

<b>Resultado da análise econômica</b>	
<b>Tempo de retorno do investimento (meses)</b>	22
<b>Valor presente líquido (R\$)</b>	201.146,63
<b>Taxa interna de retorno (% ao mês)</b>	5,89

Fonte: Próprio Autor (2016).

No terceiro cenário, retratado pela Faculdade de Ciências Agrária, os valores da conta de água resultaram-se em despesas sem a utilização da água de chuva no valor de R\$ 505.246,41 e, após o uso de águas pluviais ocasionou redução no valor de R\$ 483.651,26, gerando uma economia anual de R\$ 21.595,11, conforme demonstrado na Tabela 1.33.

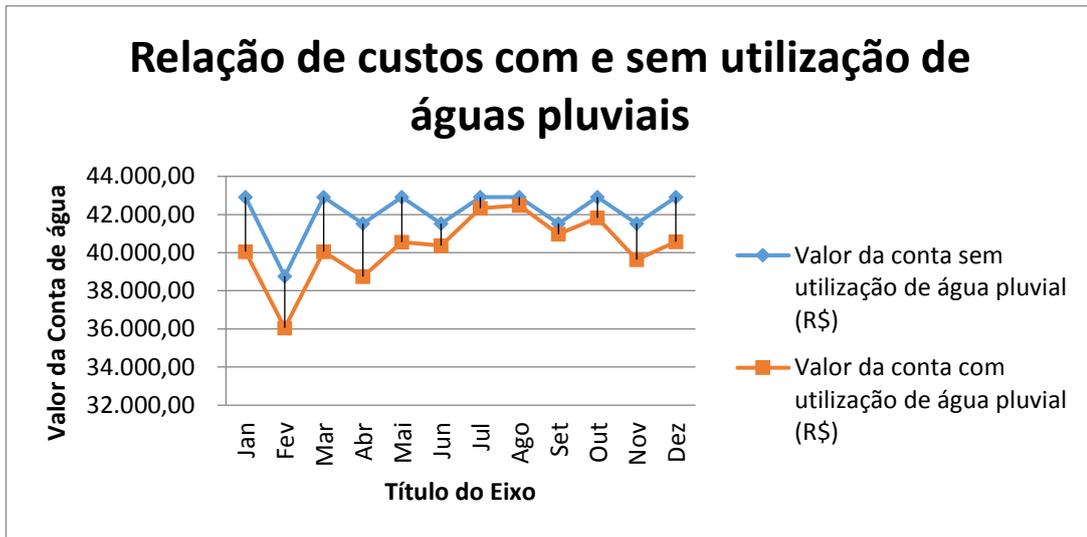
TABELA 1.33 - Estimativas mensais de economia de água (Faculdade de Ciências Agrárias)

<b>Mês</b>	<b>Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)</b>	<b>Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)</b>	<b>Economia mensal (R\$)</b>
<b>Jan</b>	42.911,34	40.048,54	2.862,80
<b>Fev</b>	38.758,63	36.054,40	2.704,23
<b>Mar</b>	42.911,34	40.053,18	2.858,15
<b>Abr</b>	41.527,10	38.747,45	2.779,65
<b>Mai</b>	42.911,34	40.558,55	2.352,79
<b>Jun</b>	41.527,10	40.361,83	1.165,27
<b>Jul</b>	42.911,34	42.328,75	582,58
<b>Ago</b>	42.911,34	42.479,19	432,14
<b>Set</b>	41.527,10	40.978,61	548,49
<b>Out</b>	42.911,34	41.826,03	1.085,31
<b>Nov</b>	41.527,10	39.637,52	1.889,58
<b>Dez</b>	42.911,34	40.577,21	2.334,12
<b>Total</b>	<b>505.246,41</b>	<b>483.651,26</b>	<b>21.595,11</b>

Fonte: Próprio Autor (2016).

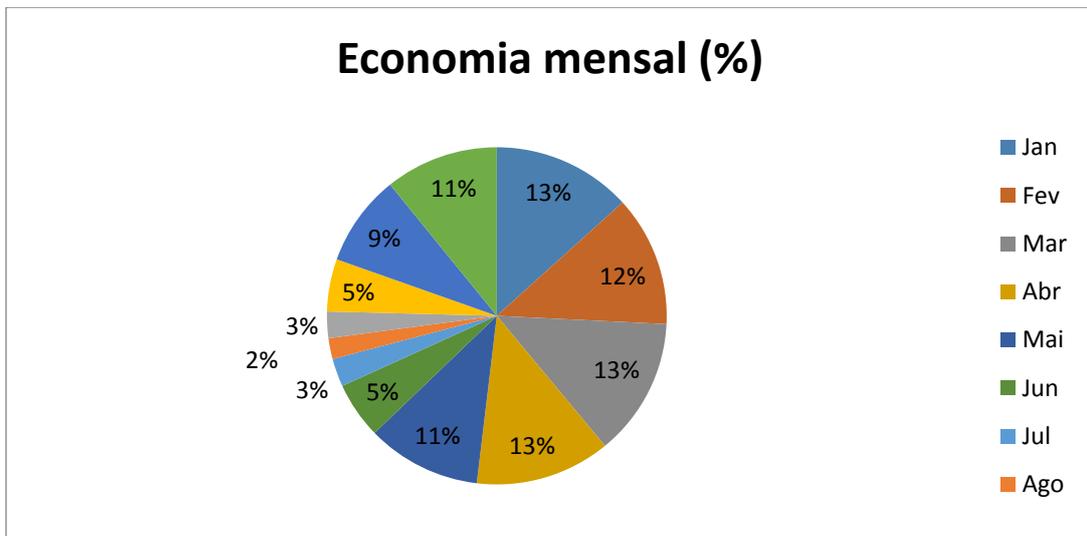
Semelhantemente, foram geradas as estimativas dos custos apurados com e sem a utilização de águas pluviais, assim como, as economias mensais adquiridas com a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva, resultando-se nos Gráficos 1.14 e 1.15, respectivamente.

GRÁFICO 1.14 - Estimativas mensais dos custos com água (Faculdade de Ciências Agrárias)



Fonte: Próprio Autor (2016).

GRÁFICO 1.15 - Percentuais mensais de economia de água (Faculdade de Ciências Agrárias)



Fonte: Próprio Autor (2016).

O somatório do valor presente do fluxo de caixa mensal das entradas e saídas para a data atual do investimento possibilitou a determinação do VPL, do período de retorno do investimento em meses e a taxa interna de retorno ao mês, sendo exposto na Tabela 1.34.

TABELA 1.34 - Resultado do investimento com a implantação do SAAP (Faculdade de Ciências Agrárias)

<b>Resultado da análise econômica</b>	
<b>Tempo de retorno do investimento (meses)</b>	15
<b>Valor presente líquido (R\$)</b>	235.838,68
<b>Taxa interna de retorno (% ao mês)</b>	7,56

Fonte: Próprio Autor (2016).

## 5. CONCLUSÕES

### 5.1 Conclusões Gerais

O presente trabalho avaliou a viabilidade técnica e econômica para o aproveitamento de águas pluviais voltada para fins não potáveis em três edificações padrões de uma Instituição de Ensino Superior do Amazonas.

Observando-se o objetivo principal desta dissertação, os resultados demonstraram que a metodologia adotada mostrou-se apropriada no tratamento dos dados coletados para a avaliação do potencial de economia de água potável e para viabilidade econômica ao longo do tempo.

No dimensionamento de um SAAP foi preciso avaliar a disponibilidade de água de chuva em cada localidade de implantação do sistema para não comprometer a viabilidade do mesmo, pois em certos períodos do ano a estiagem pode provocar a diminuição do volume de água coletada, delimitando o uso do SAAP.

Estabelecido os usos finais de água da chuva para usos menos nobres (descargas de vasos sanitários, lavagem de roupas, tanques, irrigação de jardins e para lavagem de pisos), foi possível determinar a capacidade dos reservatórios de armazenamento de água da chuva, sendo possível averiguar que não foi possível se beneficiar de 100% de água pluvial, necessitando de outra fonte de abastecimento para suprir as demandas necessárias de cada edificação.

Além disso, pode-se observar que os resultados obtidos para o dimensionamento do volume ideal do reservatório resultaram em diferentes potenciais de economia de água potável para a Residência Universitária, Faculdade de Tecnologia e Faculdade de Ciências Agrárias de 23,76%, 7,10% e 4,27%, respectivamente. Notou-se que nos meses que correspondem aos períodos chuvosos na região são os que apresentaram maior potencial de economia de água potável, contribuindo satisfatoriamente na redução do consumo de água potável.

Com base em um critério de avaliação econômica composta por payback simples e do valor presente líquido, foi possível averiguar o período de retorno do capital investido e apurar os benefícios financeiros ao longo da vida útil do sistema, além dos benefícios ambientais promovidos pela redução dos impactos ambientais.

Por meio dos resultados auferidos, decorrente da simulação dos diversos reservatórios, constatou-se que as economias de água potável obtidas foram substancialmente expressivas, com investimento viável nos três cenários e resultando em períodos de retorno do capital aplicado de

27, 22 e 15 meses, respectivamente.

A análise econômica do investimento gerou benefícios econômicos anuais em torno R\$ 58.771,63. Para a primeira tipologia de edificação intitulada pela Residência Universitária, o valor da conta de água adquirida diretamente da concessionária, ou seja, sem a utilização de água pluvial, resultou em despesas no valor de R\$ 70.335,93. Todavia, com a implantação do SAAP, o dispêndio foi reduzido ao montante de R\$ 53.620,73, possibilitando gerar uma economia anual de R\$ 16.715,18.

No segundo cenário, representado aqui pela Faculdade de Tecnologia, os valores da conta de água sem e com a utilização de água pluvial resultaram em encargos anuais sem o uso do SAAP no valor de R\$ 288.377,29, sendo reduzido ao valor de R\$ 267.915,93 com a implantação do SAAP, na qual gerou uma economia anual de R\$ 20.461,34.

No terceiro cenário, retratado pela Faculdade de Ciências Agrária, os valores da conta de água resultaram-se em despesas sem a utilização da água de chuva no valor de R\$ 505.246,41 e, após o uso de águas pluviais ocasionou redução no valor de R\$ 483.651,26, gerando uma economia anual de R\$ 21.595,11.

Constatou-se que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para os padrões de edifícios da Universidade Federal do Amazonas mostrou-se economicamente viável, uma vez que proporcionaria grande potencial de economia de água potável, além de benefícios financeiros em médio prazo e de benefícios ambientais imediatos por preservar os recursos hídricos.

Por fim, se o principal incentivo para investir em fontes alternativas de conservação de água for para gerar economias financeiras, é primordial dos órgãos governamentais propiciar políticas públicas voltada para a gestão e preservação dos recursos naturais.

Como recomendação para pesquisas futuras, a utilização predominantemente da água da chuva para abastecimento e consumo humano, dentro dos padrões de potabilidade.

## **5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros**

Após o final deste estudo, seguem algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Necessidade de uma análise estatística dos dados mais apurada;
- Realizar estudo referente à sistemas de aproveitamento de água pluvial em outras

tipologias de edificações;

- Utilização da água da chuva para abastecimento e consumo humano;
- Análises relativas à qualidade da água pluvial captada nas coberturas da edificação

## 6. REFERÊNCIAS

ABES, **Perdas em sistemas de abastecimento de água**: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate. Rio de Janeiro, 2013. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Disponível em: < <http://www.abes-sp.org.br/arquivos/perdas.pdf>>. Acesso em: 25 jan 2016.

ABNT, **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**, 2007. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=325>>. Acesso em: 25 jan 2016.

ABIB, Carlos Henrique; et al. Desenvolvimento sustentável e reciclagem de água. **Revista Terceiro Setor**, v.4, n.1, 2010, 1 (1) 2007, 3-13. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3741070.pdf>>. Acesso em: 10 jul 2016.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Brasil- **Abastecimento urbano de água**: Panorama nacional. Engecorps/Cobrape, vol 1 e 2. Brasília: ANA. 2 v.: ol. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: < <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf>>. Acesso em: 12 dez 2016.

ALCÂNTARA, Gomes C. A. et al. **Terra, o planeta azul. Ambiente Brasil**. Disponível em: < [http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos\\_agua\\_doce/terra\\_o\\_planeta\\_azul.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_doce/terra_o_planeta_azul.html)> . Acesso em: 01 ago 2015.

ALICE, Cristiano Franco. **Método de avaliação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitações de interesse social**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.. - Florianópolis, SC, 2014. 132 p. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/128793/328229.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 13 jun 2016.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v10n4/a15v10n4.pdf>>. Acesso em: 19 nov 2015.

ANDRADE, M.; MARINOSKI, A. K.; BECKER, H. R. Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva. **Revista Casa Eficiente: uso racional da água**. Florianópolis, v. 3 (72 p.): il; graf.; tabs. UFSC/LabEEE; 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000238&pid=S16788621201100040000600003&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000238&pid=S16788621201100040000600003&lng=en)>. Acesso em 22 set 2015.

AZEVEDO, Flavio Rocha; et al. Aproveitamento de águas pluviais para consumo humano direto. **Anais eletrônicos**. Disponível em: < [http://portal.viannajr.edu.br/files/uploads/20130523\\_155633.pdf](http://portal.viannajr.edu.br/files/uploads/20130523_155633.pdf)>. Acesso em: 10 fev 2016.

ALT, R. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. Estudo baseado no curso ABNT de 11-02-2009 SP/SP do Engº Plínio Tomaz. 2009. 59f. São Paulo. 2009.

BARRETO, Renato Costa Mena. **Proposta de um sistema de captação de águas pluviais para redução de custo com abastecimento: caso ifam-cmc**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de produção), Programa de PósGraduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, 2013. Disponível em: < <http://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/3864/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-20Renato%20Costa%20Mena%20Barreto.pdf>>. Acesso em 02 ago 2016.

BRAGA, Isabelle Yruska de Lucena Gomes. **Aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em condomínios horizontais da cidade de João Pessoa – PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) UFPB, 2008. 104f.: il. Disponível em: < <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp092345.pdf>>. Acesso em: 14 mar 2016.

BRAGA, Kellem Andrezza de Araújo Freitas; et al. Microbacia do igarapé do gigante: unidade de planejamento para a gestão da bacia do tarumã. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.5, n.1, p. 103-129, jan./abr. 2012. Disponível em: < [periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/download/1858/1467](http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/download/1858/1467)>. Acesso em: 18 dez 2015.

BRASIL, Ministerio do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa nº 01**. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Brasília, DF, 19 de jan de 2010. Disponível em: <<http://www.comprasnet.gov.br/legislacao/legislacaoDetalhe.asp?ctdCod=295>>. Acesso em: 14 jan 2016.

BRASIL, Decreto Federal Nº 24.643 de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro, RJ, 10 jul. 1934. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm)>. Acesso em: 16 set. 2015.

BRASIL, Lei Municipal Nº 13.276 de 05 de janeiro de 2002. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, São Paulo, SP, 04 jan 2002. Disponível em: <<https://cm-sao-paulo.jusbrasil.com.br/legislacao/813965/lei-13276-02>>. Acesso em: 16 set. 2015.

BRASIL, Lei Municipal Nº 10785 de 18 de setembro de 2003. Cria no município de Curitiba, o programa de conservação e uso racional da água nas edificações - purae. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Curitiba, PR, 18 set 2003. Disponível em: < <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2003/1078/10785/lei-ordinaria-n>

10785-2003-cria-no-municipio-de-curitiba-o-programa-de-conservacao-e-uso-racional-da-agua-nas-edificacoes-purae>. Acesso em: 16 set. 2015.

BRASIL, Lei Municipal Nº 10.506, de 5 de agosto de 2008. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Porto, RS, 5 de agosto de 2008. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-rs?s1=000029949.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G &d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em: 16 set 2015.

BRASIL, Lei Estadual Nº 5.722, de 21 de agosto de 2006. Dispõe sobre a obrigatoriedade de edifícios, hotéis, motéis e similares possuírem sistema de reuso de água e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Santa Catarina, SC, 21 de agosto de 2006. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/sc/s/sao-miguel-do-oeste/lei-ordinaria/2006/573/5722/lei-ordinaria-n-5722-2006-dispoe-sobre-a-obrigatoriedad-e-de-edificios-hoteis-moteis-e-similares-possuirem-sistema-de-reuso-de-agua-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 17 set 2015.

BRASIL, Lei Municipal Nº 1.192/07 de 31 de dezembro de 2007. Cria, no município de Manaus, o Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas edificações – PRO-ÁGUAS. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Amazonas, AM, 31 de dezembro de 2007. Disponível em: <[http://semmas.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2010/10/lei\\_pro\\_aguas.pdf](http://semmas.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2010/10/lei_pro_aguas.pdf)>. Acesso em: 17 set 2015.

BROM, Luiz G.; **BALIAN, José E. A. Análise de investimentos e capital de giro: conceitos e aplicações**. São Paulo: Saraiva, 2007.

CARDOSO, Manuelle Prado. **Viabilidade do aproveitamento de água de chuva em zonas urbanas: estudo de caso no município de Belo Horizonte – MG**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/298M.PDF>>. Acesso em 20 fev 2016.

CARVALHO, Raquel Saravy. **Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais: análise da implantação de um sistema para a região urbana de londrina**. Pós Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná, 2010. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34378/CARVALHO,%20RAQUEL%20SARAVY%20DE.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 14 jun 2016.

CAVALCANTE, Kátia Viana; et al. Universidade Federal do Amazonas. Gestão ambiental: Zoneamento Ambiental do Campus da UFAM. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte/MG – 24 a 27/11/2014. **Anais eletrônicos**. Belo Horizonte: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2014. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/I-064.pdf>>. Acesso em 21 jan 2016.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Relatório de Sustentabilidade. São Paulo: **SABESP**. 2013. Disponível em: <[http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp\\_doctos/relatorio\\_sustentabilidade2011.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/relatorio_sustentabilidade2011.pdf)> Acesso em: 13 jan 2016.

DEMANBORO, Antônio Carlos; et al. Avaliação do consumo de água em torneiras em ambiente universitário. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 135-143, jul./set. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ac/v15n3/1678-8621-ac-15-03-00135.pdf>>. Acesso em: 14 mar 2016.

DIAS, Isabelly Cícera Souza; et al. Análises da Viabilidade Econômica de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais para Fins Não-Potáveis em Residências na Cidade de João Pessoa – PB. **Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza**, v. 38, nº 4, out-dez. 2007. Disponível em: <<https://ren.emnuvens.com.br/ren/article/view/545/433>>. Acesso em: 14 fev 2016.

FASOLA, Gabriel Balparda; et al. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 65-78, out./dez. 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/download/22715/14575>>. Acesso em 04 dez 2015.

FREITAS, Fernanda Cardoso; et al. Dimensionamento e avaliação da eficiência de um sistema para captação e tratamento de água da chuva para uso doméstico na zona rural de Manaus. **BioTupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro**, Amazônia Central - Vol. 03, Manaus, 2011. Disponível em: <<http://biotupe.org/livro/vol3/pdf/cap32.pdf>>. Acesso em 15 jan 2016.

GIATTI, Leandro Luiz; et al. Acesso à água para consumo humano e aspectos de saúde pública na amazônia legal. **Revista Ambiente & Sociedade**, vol.15 no.1 São Paulo Jan./Apr. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v15n1/07.pdf>>. Acesso em: 14 nov 2015.

GHISI, Enedir; CORDOVA, Marcelo Marcel. **Manual do usuário do programa NETUNO**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2014. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4\\_Junho2014.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4_Junho2014.pdf)>. Acesso em: 27 out 2016.

GOMES, Jésus Lisboa; et al. Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no estado de São Paulo: um novo modelo de política pública. **Cadernos EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, V. 2, N. 3 (2004). Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/cadernosebape/article/view/4892>> Acesso em 01 dez 2015.

GELT, J. Home Use of Graywater, Rainwater Conserves Water and May Save Money. Disponível em: <<http://ag.arizona.edu/azwater/arroyo/071rain.html>>. Acesso em julho de 2016.

GONÇALVES, R. F, et al; Uso Racional da Água em Edificações: in PROSAB – Rede Cooperativa de Pesquisas. **Anais eletrônicos**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. Programa de

Pesquisa em Saneamento Básico-PROSAB. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&pid=S1678-8621201500030013500006&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1678-8621201500030013500006&lng=en)>. Acesso em 21 jan 2016.

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água e da sua viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2009. Programa de Pós Graduação em Engenharia civil. Disponível em: < [http://cascavel.ufsm.br/tede/tde\\_arquivos/20/TDE-2009-04-22T164624Z-1996/Publico/HAGEMANN,%20SABRINA%20ELICKER.pdf](http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_arquivos/20/TDE-2009-04-22T164624Z-1996/Publico/HAGEMANN,%20SABRINA%20ELICKER.pdf)>. Acesso em 29 out 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Índice pluviométrico de Manaus (AM). Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 12 ago. 2016.

LAGE, E. de S. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte: Potencial de economia de água potável e estudo da viabilidade econômica**. 2010. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Construção Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO\\_Epaminondas\\_Lage.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Epaminondas_Lage.pdf)>. Acesso em: 24 out 2015.

LOPES, Gabriela Bernadi. **Estudo de viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Urubetuba, MG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, 2012. Disponível em: < <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14171/1/d.pdf>>. Acesso em: 10 abr 2016.

MACOMBER, P.S.H. **Guidelines on Rainwater Catchment Systems for Hawaii**. Department of Natural Resources and Environmental Management. College of Tropical Agriculture and Human Resource. University of Hawaii at Manoa, 2001. Disponível em: <<http://www2.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/RM-12.pdf>>. Acesso em: 10 dez 2016.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Método para avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Florianópolis, SC, 2010. 159 p.: il., grafs., tabs. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94220/287387.pdf?sequence=1>>. Acesso em 19 jul 2016.

MARQUES, Célia Medeiros. **Proposição de Sistemas de Aproveitamento de Água de chuva para o Campus Campina Grande do IFPB: Estudo de caso da viabilidade econômica**. Joao Pessoa, 2012. 112f.: il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental), Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: <<http://tede.biblioteca.ufpb.br/bitstream/tede/5468/1/arquivototal.pdf>>. Acesso em: 07 jun 2016.

MARTINS, J.L.; MEMELLI, M.S. **Balço hídrico e indicadores de consumo de água potável e não potável em uma edificação dotada de sistema de reúso de águas cinza**, 2011. 85f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em: <[http://www.ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/balanco\\_hidronico\\_e\\_indicadores\\_de\\_consumo\\_de\\_agua\\_potavel\\_e\\_nao\\_potavel\\_em\\_uma\\_edificacao\\_dotada\\_de\\_sistema\\_de\\_reuso\\_de\\_a.pdf](http://www.ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/balanco_hidronico_e_indicadores_de_consumo_de_agua_potavel_e_nao_potavel_em_uma_edificacao_dotada_de_sistema_de_reuso_de_a.pdf)>. Acesso em: 10 nov 2016.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004, 159 p. Disponível em: <<http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br/wp-content/uploads/2015/07/May-2004.pdf>>. Acesso em 10 set 2015.

MORUZZI, Rodrigo Braga, et al; coleta e tratamento de água pluvial para fins não potáveis com emprego de amido de milho como coagulante primário em filtração cíclica em escala de laboratório. **Revista de estudos ambientais**, v.11, n. 1, p. 51-60, jan./jun. 2009. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/rodrigo/coleta.pdf>>. Acesso em: 17 fev 2016.

OLIVEIRA, Frederico moyle Baeta. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto**, Minas Gerais, xv, 97f. : il., color; graf.; tabs.; mapas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2008. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2213/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Aproveitamento%C3%81guaChuva.pdf](http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2213/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Aproveitamento%C3%81guaChuva.pdf)>. Acesso em: 10 set 2015.

PÊGO, Carlos Sulzer; JUNIOR, Milton Erthal. Dimensionamento e viabilidade econômica da coleta e uso de águas pluviais no município de Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Pesoeativa Online: Exata e Eng.**, Campos dos Goytacazes, 2 (3), 41-53, 2012. Disponível em:<[http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/exatas\\_e\\_engenharia/article/viewFile/174/93](http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/exatas_e_engenharia/article/viewFile/174/93)>. Acesso em: 17 fev 2016.

POZZEBON, Pedro Henrique Burger. **Viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento das águas de chuva e cinzas para consumo não potável na cidade de Santa Maria/RS/Pedro**. 193 p.; 30cm. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Santa Maria, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7818/Pozzebon%2c%20Pedro%20Henrique%20Burger.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 20 fev 2016.

PROSAB. **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352 p.: il. Projeto PROSAB.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000 Publicada no DOU no 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 17 set 2015.

ROCHA, Vinicius Luiz. **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO\\_Vinicius\\_Luis\\_Rocha.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Vinicius_Luis_Rocha.pdf)>. Acesso em: 17 set 2016.

SALLA, Marcio Ricardo et al. Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p.167-181, abr./jun. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v13n2/a13v13n2.pdf>>. Acesso em: 27 fev 2016.

SAMPAIO, F. E. O. V. **Análise da viabilidade de implantação e pré-dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial em centros urbanos**, xix, 165p., 210 x 297 mm. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2013), Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/15219/1/2013\\_FelipeEugeniodeOliveiraVazSampaio.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/15219/1/2013_FelipeEugeniodeOliveiraVazSampaio.pdf)>. Acesso em: 11 out 2016.

SILVA, Gilmar. **Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública – estudo de caso**, Campinas, SP: [s.n.], 2008. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2007. Disponível em: <[http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/258607/1/Silva\\_Gilmarda\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/258607/1/Silva_Gilmarda_D.pdf)>. Acesso em: 19 mai 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013. Brasília: **SNSA/MCIDADES**, 2014. 181 p.: il.

TOMAZ, Plinio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 4ª Ed. Editora navegar: São Paulo, 2011, p. 154.

UN, World Health Organization; Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water GLAAS 2014. **Report: investing in water and sanitation: increasing access, reducing inequalities**. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/glaas/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/glaas/en/)>. Acesso em 11 jan 2016.

WHATELY, Marussia; **Cantareira 2006: um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo** / Marussia Whately, Pilar Cunha. -- São Paulo : Instituto Socioambiental, 2007.

YOSHINO, Gabriel Hiromite; **O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na cidade universitária professor José da Silveira Netto. 2012.** 22 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2012. Disponível em: < [http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/3541/3/Dissertacao\\_AproveitamentoAguaChuva.pdf](http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/3541/3/Dissertacao_AproveitamentoAguaChuva.pdf) >. Acesso em 20 jun 2015.

## 7. ANEXO

### 7.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Tabela 1.35: Dados da Estação

BDMEP – INMET
-----
Estação : MANAUS - AM (OMM: 82331)
Latitude (graus) : -3.1
Longitude (graus) : -60.01
Altitude (metros): 61.25
Estação Operante
Início de operação: 01/01/1910
Periodo solicitado dos dados: 01/01/1985 a 01/01/2015
Os dados listados abaixo são os que encontram-se digitados no BDMEP

Tabela 1.35: Precipitação Pluviométrica da região

Estação	Data	Precipitação Total (mm)	Temp Máxima Média(°C)
82331	31/01/1985	269.7	30.345.161
82331	28/02/1985	318.1	30.725
82331	31/03/1985	280.9	31.2
82331	30/04/1985	145.3	31.99
82331	31/05/1985	346.4	30.7
82331	30/06/1985	150.9	30.546667
82331	31/07/1985	103.4	30.96129
82331	31/08/1985	63.1	32.254839
82331	30/09/1985	65.9	32.656667
82331	31/10/1985	161.7	32.825806
82331	30/11/1985	136.9	31.28
82331	31/12/1985	391.4	30.648387
82331	31/01/1986	267.1	30.122581
82331	28/02/1986	294.9	29.985714
82331	31/03/1986	304.4	30.151613
82331	30/04/1986	279.5	31.063333
82331	31/05/1986	203.6	31
82331	30/06/1986	102.8	30.563333
82331	31/07/1986	183.9	30.470968
82331	31/08/1986	1.6	33.458065
82331	30/09/1986	71.1	31.996667
82331	31/10/1986	214.6	31.496774
82331	30/11/1986	321.8	31.083333
82331	31/12/1986	246.9	31.358065

82331	31/01/1987	291.5	29.587097
82331	28/02/1987	289.1	30.396429
82331	31/03/1987	277.6	31.264516
82331	30/04/1987	291.2	31.065517
82331	31/05/1987	167.8	31.177419
82331	30/06/1987	28.2	31.023333
82331	31/07/1987	20.7	32.941935
82331	31/08/1987	76.8	32.767742
82331	30/09/1987	64.6	33.956667
82331	31/10/1987	46.3	34.035484
82331	30/11/1987	128.3	33.063333
82331	31/12/1987	195.2	31.893548
82331	31/01/1988	269.7	30.656667
82331	29/02/1988	546	30.844828
82331	31/03/1988	265.6	31.567742
82331	30/04/1988	254.7	30.893333
82331	31/05/1988	297.7	30.432258
82331	30/06/1988	229.1	29.93
82331	31/07/1988	82.3	31.248387
82331	31/08/1988	35.6	32.887097
82331	30/09/1988	110.6	33.27
82331	31/10/1988	111.5	32.890323
82331	30/11/1988	226.9	31.731818
82331	31/12/1988	412.1	31.570968
82331	31/01/1989	292	30.474194
82331	28/02/1989	417	28.325
82331	31/03/1989	252.2	29.86129
82331	30/04/1989	370.8	29.883333
82331	31/05/1989	555.1	29.312903
82331	30/06/1989	184.5	30.15
82331	31/07/1989	157.5	29.348387
82331	31/08/1989	15.8	32.332258
82331	30/09/1989	136.4	32.686667
82331	31/10/1989	185.6	31.612903
82331	30/11/1989	326.4	31.823333
82331	31/12/1989	220.1	31.663333
82331	31/01/1990	234.3	30.525806
82331	28/02/1990	190	30.307143
82331	31/03/1990	299.2	30.548387
82331	30/04/1990	236.4	30.343333
82331	31/05/1990	244.6	31.2
82331	30/06/1990	89.3	31.296667
82331	31/07/1990	114.1	

82331	31/08/1990	72.3	
82331	30/09/1990	22.8	
82331	31/10/1990	56	
82331	30/11/1990	116.9	
82331	31/12/1990	167.3	
82331	31/01/1991	278.5	29.951613
82331	28/02/1991	223.8	30.603571
82331	31/03/1991	309.2	29.964516
82331	30/04/1991	342.9	30.506667
82331	31/05/1991	322.2	30.241935
82331	30/06/1991	137.9	30.84
82331	31/07/1991	173.9	30.854839
82331	31/08/1991	55.4	31.72
82331	30/09/1991	39	32.536667
82331	31/10/1991	79.4	32.812903
82331	30/11/1991	37.9	33.723333
82331	31/12/1991	137.9	32.06129
82331	31/01/1992	236.5	32.051613
82331	29/02/1992	262.7	31.227586
82331	31/03/1992	347.8	30.354839
82331	30/04/1992	218.6	31.47
82331	31/05/1992	118.8	32.16129
82331	30/06/1992	61	32.083333
82331	31/07/1992	90.3	31.587097
82331	31/08/1992	100.3	31.26129
82331	30/09/1992	90	33.04
82331	31/10/1992	87.4	32.483871
82331	30/11/1992	71.2	32.226667
82331	31/12/1992	265.6	30.306452
82331	31/01/1993	436.5	30.248387
82331	28/02/1993	617.4	29.889286
82331	31/03/1993	229.3	30.103226
82331	30/04/1993	370.3	30.176667
82331	31/05/1993	96.8	31.248387
82331	30/06/1993	61.5	31.37
82331	31/07/1993	34.6	31.390323
82331	31/08/1993	47.7	31.751613
82331	30/09/1993	21.9	33.236667
82331	31/10/1993	99.8	32.222581
82331	30/11/1993	256.3	31.153333
82331	31/12/1993	251.3	30.954839
82331	31/01/1994	371.1	29.9
82331	28/02/1994	399.5	29.753571

82331	31/03/1994	259.5	30.587097
82331	30/04/1994	258.7	30.72
82331	31/05/1994	174.2	30.622581
82331	30/06/1994	125.2	30.226667
82331	31/07/1994	33	31.245161
82331	31/08/1994	96.7	32.322581
82331	30/09/1994	62.6	32.816667
82331	31/10/1994	91.8	33.080645
82331	30/11/1994	207.3	32.753333
82331	31/12/1994	222.5	31.219355
82331	31/01/1995	286	31.019355
82331	28/02/1995	132	30.971429
82331	31/03/1995	301.4	31.096774
82331	30/04/1995	480.5	30.593333
82331	31/05/1995	217.5	30.770968
82331	30/06/1995	107	30.846667
82331	31/07/1995	76.9	32.322581
82331	31/08/1995	34.2	33.532258
82331	30/09/1995	72.4	33.6
82331	31/10/1995	81	33.509677
82331	30/11/1995	312	31.273333
82331	31/12/1995	160.5	31.480645
82331	31/01/1996	571.3	29.941935
82331	29/02/1996	257.6	30.224138
82331	31/03/1996	338.1	30.635484
82331	30/04/1996	428.5	30.05
82331	31/05/1996	127.5	30.916129
82331	30/06/1996	185.1	30.593333
82331	31/07/1996	16.9	31.6
82331	31/08/1996	65	32.122581
82331	30/09/1996	114	33.056667
82331	31/10/1996	186	32.570968
82331	30/11/1996	163	32.346667
82331	31/12/1996	142.2	31.36129
82331	31/01/1997	220.6	30.180645
82331	28/02/1997	344.5	30.042857
82331	31/03/1997	534.9	29.893548
82331	30/04/1997	310.8	30.673333
82331	31/05/1997	252.2	30.925806
82331	30/06/1997	9.5	32.146667
82331	31/07/1997	0	33.3
82331	31/08/1997	111.5	32.993548
82331	30/09/1997	40.5	35.2

82331	31/10/1997	60.9	35.83871
82331	30/11/1997	182.3	33.153333
82331	31/12/1997	261.5	32.096774
82331	31/01/1998	302.6	31.3
82331	28/02/1998	171.7	32.271429
82331	31/03/1998	210.8	31.493548
82331	30/04/1998	407.2	31.296667
82331	31/05/1998	273.4	31.019355
82331	30/06/1998	167.2	31.276667
82331	31/07/1998	92	31.945161
82331	31/08/1998	41.8	33.087097
82331	30/09/1998	115.6	32.793333
82331	31/10/1998	73.5	33.306452
82331	30/11/1998	153.6	32.026667
82331	31/12/1998	191	32.577419
82331	31/01/1999	411.6	30.277419
82331	28/02/1999	260.8	30.232143
82331	31/03/1999	233.2	30.374194
82331	30/04/1999	421.2	30.546667
82331	31/05/1999	445.4	30.112903
82331	30/06/1999	149.3	31.17
82331	31/07/1999	25.3	31.693548
82331	31/08/1999	40.6	32.587097
82331	30/09/1999	98.8	32.976667
82331	31/10/1999	132.3	33.532258
82331	30/11/1999	203.5	33.016667
82331	31/12/1999	198.3	32.432258
82331	31/01/2000	350.2	30.825806
82331	29/02/2000	344.4	30.534483
82331	31/03/2000	340.7	30.406452
82331	30/04/2000	535.4	30.436667
82331	31/05/2000	172.6	31.458065
82331	30/06/2000	48.2	32.543333
82331	31/07/2000	40.8	31.96129
82331	31/08/2000	140	32.983871
82331	30/09/2000	218.1	33.28
82331	31/10/2000	47.2	33.564516
82331	30/11/2000	169.7	33.846667
82331	31/12/2000	192.3	32.332258
82331	31/01/2001	348.4	29.929032
82331	28/02/2001	219.5	31.271429
82331	31/03/2001	216.8	31.66129
82331	30/04/2001	188.2	31.413333

82331	31/05/2001	231.6	32.270968
82331	30/06/2001	164.1	30.463333
82331	31/07/2001	30.6	32.287097
82331	31/08/2001	14.9	34.525806
82331	30/09/2001	88.2	34.01
82331	31/10/2001	28.1	35.367742
82331	30/11/2001	55	28.546667
82331	31/12/2001	213	31.541935
82331	31/01/2002	380.8	31.848387
82331	28/02/2002	239.9	31.103571
82331	31/03/2002	195.3	31.583871
82331	30/04/2002	376.7	31.31
82331	31/05/2002	262.9	31.048387
82331	30/06/2002	159.1	31.386667
82331	31/07/2002	3.4	32.680645
82331	31/08/2002	35.4	33.996774
82331	30/09/2002	60.1	34.81
82331	31/10/2002	216.1	33.170968
82331	30/11/2002	81.2	32.95
82331	31/12/2002	311.2	30.970968
82331	31/01/2003	105.8	32.006452
82331	28/02/2003	340.9	31.496429
82331	31/03/2003	209.2	31.196774
82331	30/04/2003	390.1	31.04
82331	31/05/2003	219.6	31.47
82331	30/06/2003	110.7	32.283333
82331	31/07/2003	93	32.774194
82331	31/08/2003	118.3	33.112903
82331	30/09/2003	60.9	33.896667
82331	31/10/2003	96.9	34.222581
82331	30/11/2003	119.6	33.536667
82331	31/12/2003	89.9	33.506667
82331	31/01/2004	179.6	32.122581
82331	29/02/2004	150.6	31.393103
82331	31/03/2004	424.2	30.954839
82331	30/04/2004	227.2	31.836667
82331	31/05/2004	422.9	31.158065
82331	30/06/2004	120.2	31.72
82331	31/07/2004	59.6	32.609677
82331	31/08/2004	141.3	33.212903
82331	30/09/2004	112	33.47
82331	31/10/2004	66	33.629032
82331	30/11/2004	13.3	34.69

82331	31/12/2004	140	32.829032
82331	31/01/2005	165.7	33.196774
82331	28/02/2005	331.5	31.657143
82331	31/03/2005	334	31.196774
82331	30/04/2005	404.8	31.473333
82331	31/05/2005	225.5	32.248387
82331	30/06/2005	53.5	33.003333
82331	31/07/2005	52.4	32.945161
82331	31/08/2005	16.2	34.883871
82331	30/09/2005	45.9	34.986667
82331	31/10/2005	75.2	35.203226
82331	30/11/2005	211.6	33.746667
82331	31/12/2005	291.8	31.441935
82331	31/01/2006	173.3	32.335484
82331	28/02/2006	346.4	31.085714
82331	31/03/2006	265.3	31.535484
82331	30/04/2006	252.1	31.193333
82331	31/05/2006	382.1	30.674194
82331	30/06/2006	87	32.636667
82331	31/07/2006	71.6	33.141935
82331	31/08/2006	16.7	34.36129
82331	30/09/2006	32.8	35.153333
82331	31/10/2006	66	35.393548
82331	30/11/2006	294	32.526667
82331	31/12/2006	317.4	32.887097
82331	31/01/2007	414.4	30.7
82331	28/02/2007	137.7	33.228571
82331	31/03/2007	336	31.254839
82331	30/04/2007	343.1	31.3
82331	31/05/2007	165.3	31.883871
82331	30/06/2007	100.2	32.706667
82331	31/07/2007	121.9	33.006452
82331	31/08/2007	133.3	32.996774
82331	30/09/2007	71.7	33.513333
82331	31/10/2007	28.5	34.435484
82331	30/11/2007	226.2	33.91
82331	31/12/2007	327.9	31.596774
82331	31/01/2008	397.4	30.629032
82331	29/02/2008	298.8	31.031034
82331	31/03/2008	553	30.435484
82331	30/04/2008	345.4	31.756667
82331	31/05/2008	264.1	30.651613
82331	30/06/2008	202.7	31.706667

82331	31/07/2008	80.2	33.558065
82331	31/08/2008	58.4	34.351613
82331	30/09/2008	56	33.29
82331	31/10/2008	162.2	32.746667
82331	30/11/2008	280.8	32.413333
82331	31/12/2008	458.1	31.948387
82331	31/01/2009	310.8	30.625806
82331	28/02/2009	457.9	30.407143
82331	31/03/2009	232.5	31.077419
82331	30/04/2009	222.1	31.773333
82331	31/05/2009	114	30.983871
82331	30/06/2009	165.8	31.176667
82331	31/07/2009	25.1	33.064516
82331	31/08/2009	5.4	34.741935
82331	30/09/2009	4.2	35.613333
82331	31/10/2009	26	35.348387
82331	30/11/2009	132.3	35.373333
82331	31/12/2009	262.4	32.180645
82331	31/01/2010	295.8	31.951613
82331	28/02/2010	352.5	31.821429
82331	31/03/2010	206.4	33.480645
82331	30/04/2010	303.4	31.503333
82331	31/05/2010	165.1	32.306452
82331	30/06/2010	119.1	32.456667
82331	31/07/2010	100.6	32.374194
82331	31/08/2010	54.8	34.032258
82331	30/09/2010	26.6	35.266667
82331	31/10/2010	116.9	35.025806
82331	30/11/2010	140.6	33.406897
82331	31/12/2010	290.1	32.403226
82331	31/01/2011	226.8	30.874194
82331	28/02/2011	493.3	30.814286
82331	31/03/2011	323.3	31.16129
82331	30/04/2011	515.9	30.993333
82331	31/05/2011	222.4	31.336667
82331	30/06/2011	121.3	32.666667
82331	31/07/2011	20.2	33.325806
82331	31/08/2011	64.3	34.796774
82331	30/09/2011	41.5	34.47
82331	31/10/2011	283.7	33.596774
82331	30/11/2011	272.8	32.81
82331	31/12/2011	194.5	32.683871
82331	31/01/2012	365.2	31.112903

82331	29/02/2012	288.7	30.693103
82331	31/03/2012	277.4	30.893548
82331	30/04/2012	195.6	31.623333
82331	31/05/2012	167.8	31.977419
82331	30/06/2012	85.4	32.54
82331	31/07/2012	83	32.509677
82331	31/08/2012	26.6	34.045161
82331	30/09/2012	90.3	34.553333
82331	31/10/2012	181.3	34.393548
82331	30/11/2012	284.5	34.116667
82331	31/12/2012	266.2	31.63871
82331	31/01/2013	314.6	32.325806
82331	28/02/2013	342.1	31.178571
82331	31/03/2013	427.4	31.287097
82331	30/04/2013	420.6	31.913333
82331	31/05/2013	238.4	31.932258
82331	30/06/2013	32.3	33.063333
82331	31/07/2013	167.1	32.183871
82331	31/08/2013	53	33.145161
82331	30/09/2013	121	33.91
82331	31/10/2013	193	34.287097
82331	30/11/2013	312.2	32.406667
82331	31/12/2013	101.3	33.245161
82331	31/01/2014	253.3	31.880645
82331	28/02/2014	245.4	31.046429
82331	31/03/2014	527.7	31.16129
82331	30/04/2014	255	31.97
82331	31/05/2014	425	31.496774
82331	30/06/2014	211.7	32.336667
82331	31/07/2014	66.1	32.470968
82331	31/08/2014	32.2	33.996774
82331	30/09/2014	0.6	35.953333
82331	31/10/2014	190.9	33.112903
82331	30/11/2014	196	32.973333
82331	31/12/2014	173.8	32.851613

Fonte: INMET - CSC - BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.

## 8. APÊNDICE

### 8.1 FLUXOS DE CAIXA MENSAIS

#### Resultado da análise econômica da Residência universitária

Inflação (% ao mês)	0,88
Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)	12
Período de análise (anos)	20
Taxa mínima de atratividade (%)	1
Tempo de retorno do investimento (meses)	27
Valor presente líquido (R\$)	147.482,06
Taxa interna de retorno (% ao mês)	4,62

Tabela 1.36: Fluxo de Caixa Mensal

Mês	Economia (R\$)	Custo (R\$)
0 (Janeiro)	-	23.205,00
1 (Fevereiro)	2.050,34	534,63
2 (Março)	2.270,02	564,98
3 (Abril)	2.196,79	554,86
4 (Maio)	1.868,93	511,39
5 (Junho)	887,15	370,15
6 (Julho)	429,63	310,91
7 (Agosto)	318,69	295,54
8 (Setembro)	404,49	307,39
9 (Outubro)	800,37	361,95
10 (Novembro)	1.433,99	449,42
11 (Dezembro)	1.817,95	502,54
12 (Janeiro)	2.484,82	1.968,25
13 (Fevereiro)	2.277,65	591,53
14 (Março)	2.521,68	625,25
15 (Abril)	2.440,34	614,01
16 (Maio)	2.076,13	565,71
17 (Junho)	985,5	408,82
18 (Julho)	477,27	343,01
19 (Agosto)	354,02	325,94
20 (Setembro)	449,34	339,1
21 (Outubro)	889,11	399,7
22 (Novembro)	1.592,96	496,87
23 (Dezembro)	2.019,50	555,88
24 (Janeiro)	2.760,29	2.184,09
25 (Fevereiro)	2.530,16	654,74
26 (Março)	2.801,25	692,2
27 (Abril)	2.710,88	679,71

28 (Maio)	2.306,30	626,06
29 (Junho)	1.094,76	451,77
30 (Julho)	530,18	378,67
31 (Agosto)	393,27	359,7
32 (Setembro)	499,15	374,32
33 (Outubro)	987,68	441,65
34 (Novembro)	1.769,57	549,59
35 (Dezembro)	2.243,39	615,14
36 (Janeiro)	3.066,31	2.423,85
37 (Fevereiro)	2.810,66	724,95
38 (Março)	3.111,80	766,57
39 (Abril)	3.011,42	752,69
40 (Maio)	2.561,99	693,1
41 (Junho)	1.216,12	499,48
42 (Julho)	588,95	418,28
43 (Agosto)	436,87	397,21
44 (Setembro)	554,49	413,45
45 (Outubro)	1.097,18	488,24
46 (Novembro)	1.965,75	608,14
47 (Dezembro)	2.492,10	680,96
48 (Janeiro)	3.406,25	2.690,20
49 (Fevereiro)	3.122,26	802,95
50 (Março)	3.456,79	849,18
51 (Abril)	3.345,28	833,77
52 (Maio)	2.846,02	767,56
53 (Junho)	1.350,95	552,49
54 (Julho)	654,25	462,28
55 (Agosto)	485,3	438,88
56 (Setembro)	615,96	456,91
57 (Outubro)	1.218,81	540
58 (Novembro)	2.183,68	673,2
59 (Dezembro)	2.768,38	754,09
60 (Janeiro)	3.783,88	2.986,08
61 (Fevereiro)	3.468,41	889,6
62 (Março)	3.840,02	940,95
63 (Abril)	3.716,15	923,84
64 (Maio)	3.161,54	850,29
65 (Junho)	1.500,72	611,37
66 (Julho)	726,78	511,16
67 (Agosto)	539,1	485,16
68 (Setembro)	684,25	505,2
69 (Outubro)	1.353,94	597,49
70 (Novembro)	2.425,77	745,46

71 (Dezembro)	3.075,29	835,32
72 (Janeiro)	4.203,38	3.314,75
73 (Fevereiro)	3.852,93	985,86
74 (Março)	4.265,75	1.042,90
75 (Abril)	4.128,14	1.023,89
76 (Maio)	3.512,04	942,19
77 (Junho)	1.667,10	676,78
78 (Julho)	807,35	565,46
79 (Agosto)	598,87	536,58
80 (Setembro)	760,11	558,84
81 (Outubro)	1.504,04	661,36
82 (Novembro)	2.694,70	825,73
83 (Dezembro)	3.416,23	925,55
84 (Janeiro)	4.669,38	3.679,87
85 (Fevereiro)	4.280,08	1.092,78
86 (Março)	4.738,66	1.156,15
87 (Abril)	4.585,80	1.135,03
88 (Maio)	3.901,40	1.044,27
89 (Junho)	1.851,92	749,44
90 (Julho)	896,86	625,78
91 (Agosto)	665,26	593,7
92 (Setembro)	844,38	618,42
93 (Outubro)	1.670,78	732,31
94 (Novembro)	2.993,44	914,91
95 (Dezembro)	3.794,97	1.025,79
96 (Janeiro)	5.187,05	4.085,46
97 (Fevereiro)	4.754,59	1.211,56
98 (Março)	5.264,01	1.281,96
99 (Abril)	5.094,20	1.258,49
100 (Maio)	4.333,92	1.157,67
101 (Junho)	2.057,23	830,15
102 (Julho)	996,29	692,79
103 (Agosto)	739,02	657,15
104 (Setembro)	937,99	684,61
105 (Outubro)	1.856,01	811,13
106 (Novembro)	3.325,31	1.013,97
107 (Dezembro)	4.215,69	1.137,15
108 (Janeiro)	5.762,11	4.536,03
109 (Fevereiro)	5.281,70	1.343,51
110 (Março)	5.847,60	1.421,71
111 (Abril)	5.658,97	1.395,64
112 (Maio)	4.814,40	1.283,64
113 (Junho)	2.285,30	919,82

114 (Julho)	1.106,74	767,22
115 (Agosto)	820,95	727,63
116 (Setembro)	1.041,98	758,14
117 (Outubro)	2.061,78	898,69
118 (Novembro)	3.693,97	1.124,01
119 (Dezembro)	4.683,06	1.260,84
120 (Janeiro)	6.400,92	5.036,54
121 (Fevereiro)	5.867,25	1.490,09
122 (Março)	6.495,89	1.576,95
123 (Abril)	6.286,34	1.548,00
124 (Maio)	5.348,14	1.423,58
125 (Junho)	2.538,66	1.019,42
126 (Julho)	1.229,44	849,91
127 (Agosto)	911,96	805,93
128 (Setembro)	1.157,50	839,82
129 (Outubro)	2.290,35	995,95
130 (Novembro)	4.103,49	1.246,25
131 (Dezembro)	5.202,25	1.398,26
132 (Janeiro)	7.110,55	5.592,54
133 (Fevereiro)	6.517,72	1.652,91
134 (Março)	7.216,05	1.749,41
135 (Abril)	6.983,27	1.717,25
136 (Maio)	5.941,06	1.579,04
137 (Junho)	2.820,10	1.130,07
138 (Julho)	1.365,74	941,76
139 (Agosto)	1.013,06	892,91
140 (Setembro)	1.285,82	930,56
141 (Outubro)	2.544,27	1.103,99
142 (Novembro)	4.558,42	1.382,04
143 (Dezembro)	5.778,99	1.550,90
144 (Janeiro)	7.898,85	6.210,18
145 (Fevereiro)	7.240,30	1.833,79
146 (Março)	8.016,05	1.940,99
147 (Abril)	7.757,46	1.905,26
148 (Maio)	6.599,71	1.751,73
149 (Junho)	3.132,75	1.252,98
150 (Julho)	1.517,15	1.043,80
151 (Agosto)	1.125,38	989,53
152 (Setembro)	1.428,37	1.031,35
153 (Outubro)	2.826,34	1.224,02
154 (Novembro)	5.063,79	1.532,89
155 (Dezembro)	6.419,67	1.720,47
156 (Janeiro)	8.774,55	6.896,29

157 (Fevereiro)	8.042,99	2.034,72
158 (Março)	8.904,74	2.153,80
159 (Abril)	8.617,49	2.114,11
160 (Maio)	7.331,38	1.943,56
161 (Junho)	3.480,06	1.389,52
162 (Julho)	1.685,35	1.157,15
163 (Agosto)	1.250,14	1.096,86
164 (Setembro)	1.586,73	1.143,32
165 (Outubro)	3.139,68	1.357,35
166 (Novembro)	5.625,18	1.700,47
167 (Dezembro)	7.131,38	1.908,84
168 (Janeiro)	9.747,33	7.658,47
169 (Fevereiro)	8.934,67	2.257,93
170 (Março)	9.891,95	2.390,21
171 (Abril)	9.572,86	2.346,12
172 (Maio)	8.144,16	2.156,66
173 (Junho)	3.865,87	1.541,20
174 (Julho)	1.872,20	1.283,07
175 (Agosto)	1.388,74	1.216,09
176 (Setembro)	1.762,64	1.267,71
177 (Outubro)	3.487,75	1.505,46
178 (Novembro)	6.248,81	1.886,62
179 (Dezembro)	7.921,99	2.118,09
180 (Janeiro)	10.827,96	8.505,15
181 (Fevereiro)	9.925,20	2.505,88
182 (Março)	10.988,61	2.652,83
183 (Abril)	10.634,14	2.603,85
184 (Maio)	9.047,05	2.393,39
185 (Junho)	4.294,46	1.709,69
186 (Julho)	2.079,76	1.422,94
187 (Agosto)	1.542,70	1.348,54
188 (Setembro)	1.958,05	1.405,88
189 (Outubro)	3.874,42	1.669,99
190 (Novembro)	6.941,58	2.093,40
191 (Dezembro)	8.800,26	2.350,54
192 (Janeiro)	12.028,39	9.445,70
193 (Fevereiro)	11.025,55	2.781,33
194 (Março)	12.206,85	2.944,56
195 (Abril)	11.813,08	2.890,15
196 (Maio)	10.050,05	2.656,36
197 (Junho)	4.770,56	1.896,87
198 (Julho)	2.310,33	1.578,33
199 (Agosto)	1.713,73	1.495,68

200 (Setembro)	2.175,13	1.559,37
201 (Outubro)	4.303,95	1.852,76
202 (Novembro)	7.711,15	2.323,12
203 (Dezembro)	9.775,89	2.608,76
204 (Janeiro)	13.361,91	10.490,51
205 (Fevereiro)	12.247,88	3.087,30
206 (Março)	13.560,15	3.268,64
207 (Abril)	13.122,73	3.208,19
208 (Maio)	11.164,24	2.948,48
209 (Junho)	5.299,45	2.104,79
210 (Julho)	2.566,46	1.750,93
211 (Agosto)	1.903,72	1.659,13
212 (Setembro)	2.416,27	1.729,88
213 (Outubro)	4.781,11	2.055,79
214 (Novembro)	8.566,04	2.578,30
215 (Dezembro)	10.859,68	2.895,60
216 (Janeiro)	14.843,26	11.651,16
217 (Fevereiro)	13.605,73	3.427,20
218 (Março)	15.063,49	3.628,64
219 (Abril)	14.577,57	3.561,50
220 (Maio)	12.401,95	3.272,99
221 (Junho)	5.886,96	2.335,77
222 (Julho)	2.850,99	1.942,68
223 (Agosto)	2.114,77	1.840,69
224 (Setembro)	2.684,15	1.919,29
225 (Outubro)	5.311,16	2.281,33
226 (Novembro)	9.515,70	2.861,77
227 (Dezembro)	12.063,63	3.214,25
228 (Janeiro)	16.488,84	12.940,49
229 (Fevereiro)	15.114,12	3.804,79
230 (Março)	16.733,48	4.028,56
231 (Abril)	16.193,69	3.953,97
232 (Maio)	13.776,88	3.633,48
233 (Junho)	6.539,61	2.592,35
234 (Julho)	3.167,06	2.155,68
235 (Agosto)	2.349,22	2.042,39
236 (Setembro)	2.981,73	2.129,70
237 (Outubro)	5.899,98	2.531,88
238 (Novembro)	10.570,65	3.176,66
239 (Dezembro)	13.401,05	3.568,23

Fonte: Próprio Autor (2016).

**Resultado da análise econômica da Faculdade de Tecnologia**

Inflação (% ao mês)	0,88
Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)	12
Período de análise (anos)	20
Taxa mínima de atratividade (%)	1
Tempo de retorno do investimento (meses)	22
Valor presente líquido (R\$)	201.146,63
Taxa interna de retorno (% ao mês)	5,89

Tabela 1.37: Fluxo de Caixa Mensal

Mês	Economia (R\$)	Custo (R\$)
0 (Janeiro)	-	23.205,00
1 (Fevereiro)	2.737,72	628,79
2 (Março)	2.776,05	634,15
3 (Abril)	2.928,77	654,94
4 (Maio)	2.248,45	561,26
5 (Junho)	1.002,35	389,76
6 (Julho)	501,13	320,72
7 (Agosto)	371,72	302,82
8 (Setembro)	471,81	316,62
9 (Outubro)	933,57	380,21
10 (Novembro)	1.672,62	481,99
11 (Dezembro)	2.120,48	543,83
12 (Janeiro)	2.995,64	2.036,05
13 (Fevereiro)	3.041,24	696,13
14 (Março)	3.083,81	702,09
15 (Abril)	3.253,47	725,18
16 (Maio)	2.497,73	621,11
17 (Junho)	1.113,48	430,60
18 (Julho)	556,69	353,90
19 (Agosto)	412,93	334,02
20 (Setembro)	524,11	349,35
21 (Outubro)	1.037,07	419,99
22 (Novembro)	1.858,05	533,05
23 (Dezembro)	2.355,57	601,75
24 (Janeiro)	3.327,75	2.259,41
25 (Fevereiro)	3.378,40	770,93
26 (Março)	3.425,69	777,55
27 (Abril)	3.614,16	803,21
28 (Maio)	2.774,63	687,60
29 (Junho)	1.236,92	475,97
30 (Julho)	618,41	390,77

31 (Agosto)	458,71	368,68
32 (Setembro)	582,22	385,71
33 (Outubro)	1.152,04	464,19
34 (Novembro)	2.064,04	589,78
35 (Dezembro)	2.616,71	666,09
36 (Janeiro)	3.696,67	2.507,52
37 (Fevereiro)	3.752,94	854,03
38 (Março)	3.805,48	861,39
39 (Abril)	4.014,84	889,88
40 (Maio)	3.082,24	761,46
41 (Junho)	1.374,05	526,37
42 (Julho)	686,96	431,72
43 (Agosto)	509,57	407,18
44 (Setembro)	646,76	426,10
45 (Outubro)	1.279,76	513,28
46 (Novembro)	2.292,87	652,79
47 (Dezembro)	2.906,81	737,57
48 (Janeiro)	4.106,50	2.783,15
49 (Fevereiro)	4.169,01	946,34
50 (Março)	4.227,37	954,51
51 (Abril)	4.459,94	986,17
52 (Maio)	3.423,95	843,51
53 (Junho)	1.526,38	582,35
54 (Julho)	763,12	477,21
55 (Agosto)	566,06	449,95
56 (Setembro)	718,47	470,97
57 (Outubro)	1.421,64	567,81
58 (Novembro)	2.547,07	722,79
59 (Dezembro)	3.229,07	816,97
60 (Janeiro)	4.561,76	3.089,33
61 (Fevereiro)	4.631,20	1.048,88
62 (Março)	4.696,03	1.057,96
63 (Abril)	4.954,39	1.093,13
64 (Maio)	3.803,54	934,66
65 (Junho)	1.695,60	644,54
66 (Julho)	847,73	527,75
67 (Agosto)	628,82	497,47
68 (Setembro)	798,12	520,81
69 (Outubro)	1.579,25	628,39
70 (Novembro)	2.829,45	800,55
71 (Dezembro)	3.587,06	905,17
72 (Janeiro)	5.067,50	3.429,45
73 (Fevereiro)	5.144,64	1.162,80

74 (Março)	5.216,65	1.172,88
75 (Abril)	5.503,66	1.211,95
76 (Maio)	4.225,22	1.035,91
77 (Junho)	1.883,59	713,63
78 (Julho)	941,71	583,89
79 (Agosto)	698,53	550,25
80 (Setembro)	886,60	576,18
81 (Outubro)	1.754,33	695,69
82 (Novembro)	3.143,13	886,94
83 (Dezembro)	3.984,74	1.003,15
84 (Janeiro)	5.629,30	3.807,29
85 (Fevereiro)	5.714,99	1.289,34
86 (Março)	5.794,99	1.300,54
87 (Abril)	6.113,81	1.343,94
88 (Maio)	4.693,64	1.148,38
89 (Junho)	2.092,41	790,38
90 (Julho)	1.046,11	646,25
91 (Agosto)	775,97	608,88
92 (Setembro)	984,89	637,69
93 (Outubro)	1.948,82	770,44
94 (Novembro)	3.491,59	982,90
95 (Dezembro)	4.426,50	1.111,99
96 (Janeiro)	6.253,39	4.227,01
97 (Fevereiro)	6.348,58	1.429,91
98 (Março)	6.437,45	1.442,36
99 (Abril)	6.791,61	1.490,57
100 (Maio)	5.214,00	1.273,33
101 (Junho)	2.324,38	875,63
102 (Julho)	1.162,09	715,52
103 (Agosto)	862,00	674,01
104 (Setembro)	1.094,08	706,02
105 (Outubro)	2.164,87	853,49
106 (Novembro)	3.878,68	1.089,49
107 (Dezembro)	4.917,24	1.232,90
108 (Janeiro)	6.946,67	4.693,26
109 (Fevereiro)	7.052,41	1.586,07
110 (Março)	7.151,13	1.599,89
111 (Abril)	7.544,56	1.653,44
112 (Maio)	5.792,04	1.412,12
113 (Junho)	2.582,07	970,34
114 (Julho)	1.290,92	792,48
115 (Agosto)	957,56	746,37
116 (Setembro)	1.215,38	781,92

117 (Outubro)	2.404,88	945,74
118 (Novembro)	4.308,69	1.207,91
119 (Dezembro)	5.462,38	1.367,21
120 (Janeiro)	7.716,80	5.211,20
121 (Fevereiro)	7.834,26	1.759,53
122 (Março)	7.943,93	1.774,89
123 (Abril)	8.380,98	1.834,38
124 (Maio)	6.434,17	1.566,30
125 (Junho)	2.868,33	1.075,54
126 (Julho)	1.434,04	877,97
127 (Agosto)	1.063,72	826,74
128 (Setembro)	1.350,12	866,24
129 (Outubro)	2.671,50	1.048,22
130 (Novembro)	4.786,37	1.339,45
131 (Dezembro)	6.067,97	1.516,42
132 (Janeiro)	8.572,32	5.786,57
133 (Fevereiro)	8.702,80	1.952,23
134 (Março)	8.824,62	1.969,29
135 (Abril)	9.310,13	2.035,38
136 (Maio)	7.147,49	1.737,58
137 (Junho)	3.186,32	1.192,41
138 (Julho)	1.593,02	972,93
139 (Agosto)	1.181,65	916,03
140 (Setembro)	1.499,80	959,90
141 (Outubro)	2.967,67	1.162,05
142 (Novembro)	5.317,00	1.485,58
143 (Dezembro)	6.740,68	1.682,16
144 (Janeiro)	9.522,68	6.425,72
145 (Fevereiro)	9.667,63	2.166,29
146 (Março)	9.802,96	2.185,25
147 (Abril)	10.342,29	2.258,66
148 (Maio)	7.939,89	1.927,85
149 (Junho)	3.539,57	1.322,23
150 (Julho)	1.769,63	1.078,42
151 (Agosto)	1.312,65	1.015,21
152 (Setembro)	1.666,07	1.063,95
153 (Outubro)	3.296,68	1.288,51
154 (Novembro)	5.906,47	1.647,90
155 (Dezembro)	7.487,98	1.866,29
156 (Janeiro)	10.578,40	7.135,73
157 (Fevereiro)	10.739,42	2.404,09
158 (Março)	10.889,75	2.425,14
159 (Abril)	11.488,87	2.506,69

160 (Maio)	8.820,14	2.139,20
161 (Junho)	3.931,98	1.466,45
162 (Julho)	1.965,82	1.195,61
163 (Agosto)	1.458,18	1.125,39
164 (Setembro)	1.850,78	1.179,53
165 (Outubro)	3.662,16	1.428,99
166 (Novembro)	6.561,28	1.828,23
167 (Dezembro)	8.318,13	2.070,82
168 (Janeiro)	11.751,16	7.924,45
169 (Fevereiro)	11.930,04	2.668,24
170 (Março)	12.097,03	2.691,63
171 (Abril)	12.762,57	2.782,22
172 (Maio)	9.797,98	2.373,99
173 (Junho)	4.367,90	1.626,66
174 (Julho)	2.183,75	1.325,79
175 (Agosto)	1.619,84	1.247,79
176 (Setembro)	2.055,96	1.307,93
177 (Outubro)	4.068,16	1.585,05
178 (Novembro)	7.288,69	2.028,54
179 (Dezembro)	9.240,31	2.298,03
180 (Janeiro)	13.053,94	8.800,62
181 (Fevereiro)	13.252,65	2.961,68
182 (Março)	13.438,16	2.987,67
183 (Abril)	14.177,48	3.088,30
184 (Maio)	10.884,22	2.634,81
185 (Junho)	4.852,14	1.804,63
186 (Julho)	2.425,85	1.470,40
187 (Agosto)	1.799,42	1.383,75
188 (Setembro)	2.283,90	1.450,56
189 (Outubro)	4.519,17	1.758,40
190 (Novembro)	8.096,74	2.251,06
191 (Dezembro)	10.264,73	2.550,43
192 (Janeiro)	14.501,15	9.773,92
193 (Fevereiro)	14.721,89	3.287,66
194 (Março)	14.927,97	3.316,52
195 (Abril)	15.749,26	3.428,31
196 (Maio)	12.090,89	2.924,55
197 (Junho)	5.390,07	2.002,32
198 (Julho)	2.694,79	1.631,05
199 (Agosto)	1.998,91	1.534,79
200 (Setembro)	2.537,10	1.609,01
201 (Outubro)	5.020,19	1.950,98
202 (Novembro)	8.994,38	2.498,26

203 (Dezembro)	11.402,72	2.830,81
204 (Janeiro)	16.108,81	10.855,13
205 (Fevereiro)	16.354,02	3.649,77
206 (Março)	16.582,94	3.681,83
207 (Abril)	17.495,28	3.806,02
208 (Maio)	13.431,33	3.246,41
209 (Junho)	5.987,63	2.221,94
210 (Julho)	2.993,55	1.809,50
211 (Agosto)	2.220,52	1.702,57
212 (Setembro)	2.818,37	1.785,02
213 (Outubro)	5.576,74	2.164,90
214 (Novembro)	9.991,53	2.772,85
215 (Dezembro)	12.666,87	3.142,27
216 (Janeiro)	17.894,70	12.056,20
217 (Fevereiro)	18.167,09	4.052,03
218 (Março)	18.421,39	4.087,65
219 (Abril)	19.434,88	4.225,60
220 (Maio)	14.920,38	3.603,95
221 (Junho)	6.651,45	2.465,90
222 (Julho)	3.325,43	2.007,74
223 (Agosto)	2.466,69	1.888,95
224 (Setembro)	3.130,83	1.980,54
225 (Outubro)	6.195,00	2.402,54
226 (Novembro)	11.099,23	3.077,89
227 (Dezembro)	14.071,17	3.488,26
228 (Janeiro)	19.878,57	13.390,43
229 (Fevereiro)	20.181,16	4.498,88
230 (Março)	20.463,66	4.538,45
231 (Abril)	21.589,51	4.691,70
232 (Maio)	16.574,51	4.001,12
233 (Junho)	7.388,85	2.736,91
234 (Julho)	3.694,10	2.227,96
235 (Agosto)	2.740,16	2.096,00
236 (Setembro)	3.477,92	2.197,74
237 (Outubro)	6.881,81	2.666,52
238 (Novembro)	12.329,74	3.416,75
239 (Dezembro)	15.631,16	3.872,62

Fonte: Próprio Autor (2016).

**Resultado da análise econômica da Faculdade de Ciências Agrárias**

Inflação (% ao mês)	0,88
Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)	12
Período de análise (anos)	20
Taxa mínima de atratividade (%)	1
Resultado da análise econômica	
Tempo de retorno do investimento (meses)	15
Valor presente líquido (R\$)	235.838,68
Taxa interna de retorno (% ao mês)	7,55

Tabela 1.38: Fluxo de Caixa Mensal

Mês	Economia (R\$)	Custo (R\$)
0 (Janeiro)	-	19.787,00
1 (Fevereiro)	2.704,23	575,91
2 (Março)	2.858,15	597,17
3 (Abril)	2.779,65	586,41
4 (Maio)	2.352,79	527,44
5 (Junho)	1.165,27	363,78
6 (Julho)	582,58	283,57
7 (Agosto)	432,14	262,78
8 (Setembro)	548,49	278,85
9 (Outubro)	1.085,31	352,82
10 (Novembro)	1.889,58	463,57
11 (Dezembro)	2.334,12	524,92
12 (Janeiro)	3.180,18	1.587,06
13 (Fevereiro)	3.004,03	637,39
14 (Março)	3.175,02	661,01
15 (Abril)	3.087,81	649,05
16 (Maio)	2.613,63	583,55
17 (Junho)	1.294,46	401,74
18 (Julho)	647,17	312,64
19 (Agosto)	480,05	289,55
20 (Setembro)	609,30	307,40
21 (Outubro)	1.205,63	389,56
22 (Novembro)	2.099,07	512,60
23 (Dezembro)	2.592,89	580,75
24 (Janeiro)	3.532,75	1.760,64
25 (Fevereiro)	3.337,07	705,68
26 (Março)	3.527,02	731,92
27 (Abril)	3.430,14	718,63
28 (Maio)	2.903,39	645,87
29 (Junho)	1.437,97	443,91

30 (Julho)	718,92	344,93
31 (Agosto)	533,27	319,28
32 (Setembro)	676,85	339,11
33 (Outubro)	1.339,29	430,38
34 (Novembro)	2.331,78	567,06
35 (Dezembro)	2.880,35	642,76
36 (Janeiro)	3.924,40	1.953,46
37 (Fevereiro)	3.707,03	781,54
38 (Março)	3.918,04	810,69
39 (Abril)	3.810,42	795,93
40 (Maio)	3.225,27	715,10
41 (Junho)	1.597,39	490,76
42 (Julho)	798,62	380,79
43 (Agosto)	592,39	352,30
44 (Setembro)	751,89	374,33
45 (Outubro)	1.487,77	475,72
46 (Novembro)	2.590,29	627,55
47 (Dezembro)	3.199,68	711,65
48 (Janeiro)	4.359,48	2.167,66
49 (Fevereiro)	4.118,00	865,82
50 (Março)	4.352,40	898,20
51 (Abril)	4.232,86	881,80
52 (Maio)	3.582,83	792,01
53 (Junho)	1.774,48	542,79
54 (Julho)	887,16	420,64
55 (Agosto)	658,07	388,99
56 (Setembro)	835,25	413,46
57 (Outubro)	1.652,71	526,09
58 (Novembro)	2.877,46	694,75
59 (Dezembro)	3.554,41	788,18
60 (Janeiro)	4.842,79	2.405,61
61 (Fevereiro)	4.574,54	959,44
62 (Março)	4.834,93	995,40
63 (Abril)	4.702,13	977,19
64 (Maio)	3.980,04	877,45
65 (Junho)	1.971,21	600,60
66 (Julho)	985,51	464,90
67 (Agosto)	731,02	429,74
68 (Setembro)	927,84	456,93
69 (Outubro)	1.835,94	582,05
70 (Novembro)	3.196,47	769,41
71 (Dezembro)	3.948,47	873,18
72 (Janeiro)	5.379,68	2.669,93

73 (Fevereiro)	5.081,69	1.063,43
74 (Março)	5.370,95	1.103,39
75 (Abril)	5.223,42	1.083,16
76 (Maio)	4.421,29	972,36
77 (Junho)	2.189,74	664,81
78 (Julho)	1.094,77	514,08
79 (Agosto)	812,07	475,02
80 (Setembro)	1.030,71	505,22
81 (Outubro)	2.039,48	644,21
82 (Novembro)	3.550,84	852,34
83 (Dezembro)	4.386,21	967,62
84 (Janeiro)	5.976,09	2.963,56
85 (Fevereiro)	5.645,07	1.178,96
86 (Março)	5.966,39	1.223,34
87 (Abril)	5.802,51	1.200,87
88 (Maio)	4.911,45	1.077,79
89 (Junho)	2.432,51	736,15
90 (Julho)	1.216,14	568,70
91 (Agosto)	902,10	525,31
92 (Setembro)	1.144,98	558,86
93 (Outubro)	2.265,58	713,26
94 (Novembro)	3.944,50	944,46
95 (Dezembro)	4.872,48	1.072,52
96 (Janeiro)	6.638,62	3.289,74
97 (Fevereiro)	6.270,90	1.307,29
98 (Março)	6.627,85	1.356,60
99 (Abril)	6.445,80	1.331,63
100 (Maio)	5.455,95	1.194,90
101 (Junho)	2.702,18	815,39
102 (Julho)	1.350,97	629,38
103 (Agosto)	1.002,11	581,18
104 (Setembro)	1.271,91	618,44
105 (Outubro)	2.516,75	789,96
106 (Novembro)	4.381,81	1.046,80
107 (Dezembro)	5.412,66	1.189,06
108 (Janeiro)	7.374,61	3.652,08
109 (Fevereiro)	6.966,12	1.449,86
110 (Março)	7.362,64	1.504,62
111 (Abril)	7.160,41	1.476,89
112 (Maio)	6.060,82	1.325,00
113 (Junho)	3.001,76	903,41
114 (Julho)	1.500,74	696,78
115 (Agosto)	1.113,20	643,24

116 (Setembro)	1.412,92	684,64
117 (Outubro)	2.795,77	875,17
118 (Novembro)	4.867,59	1.160,48
119 (Dezembro)	6.012,73	1.318,51
120 (Janeiro)	8.192,19	4.054,60
121 (Fevereiro)	7.738,41	1.608,22
122 (Março)	8.178,89	1.669,06
123 (Abril)	7.954,24	1.638,26
124 (Maio)	6.732,74	1.469,53
125 (Junho)	3.334,54	1.001,20
126 (Julho)	1.667,12	771,66
127 (Agosto)	1.236,62	712,18
128 (Setembro)	1.569,57	758,17
129 (Outubro)	3.105,72	969,82
130 (Novembro)	5.407,23	1.286,76
131 (Dezembro)	6.679,33	1.462,32
132 (Janeiro)	9.100,41	4.501,74
133 (Fevereiro)	8.596,32	1.784,15
134 (Março)	9.085,64	1.851,73
135 (Abril)	8.836,08	1.817,51
136 (Maio)	7.479,16	1.630,08
137 (Junho)	3.704,23	1.109,83
138 (Julho)	1.851,95	854,84
139 (Agosto)	1.373,72	788,76
140 (Setembro)	1.743,57	839,85
141 (Outubro)	3.450,03	1.074,97
142 (Novembro)	6.006,70	1.427,05
143 (Dezembro)	7.419,83	1.622,06
144 (Janeiro)	10.109,31	4.998,45
145 (Fevereiro)	9.549,34	1.979,57
146 (Março)	10.092,91	2.054,65
147 (Abril)	9.815,69	2.016,63
148 (Maio)	8.308,33	1.808,42
149 (Junho)	4.114,89	1.230,50
150 (Julho)	2.057,26	947,24
151 (Agosto)	1.526,01	873,84
152 (Setembro)	1.936,87	930,59
153 (Outubro)	3.832,51	1.191,77
154 (Novembro)	6.672,62	1.582,89
155 (Dezembro)	8.242,42	1.799,52
156 (Janeiro)	11.230,07	5.550,22
157 (Fevereiro)	10.608,02	2.196,67
158 (Março)	11.211,85	2.280,07

159 (Abril)	10.903,89	2.237,84
160 (Maio)	9.229,43	2.006,54
161 (Junho)	4.571,08	1.364,54
162 (Julho)	2.285,34	1.049,88
163 (Agosto)	1.695,19	968,34
164 (Setembro)	2.151,60	1.031,39
165 (Outubro)	4.257,40	1.321,53
166 (Novembro)	7.412,38	1.756,00
167 (Dezembro)	9.156,20	1.996,65
168 (Janeiro)	12.475,08	6.163,17
169 (Fevereiro)	11.784,07	2.437,83
170 (Março)	12.454,84	2.530,47
171 (Abril)	12.112,74	2.483,56
172 (Maio)	10.252,64	2.226,63
173 (Junho)	5.077,85	1.513,45
174 (Julho)	2.538,70	1.163,90
175 (Agosto)	1.883,13	1.073,33
176 (Setembro)	2.390,14	1.143,36
177 (Outubro)	4.729,39	1.465,67
178 (Novembro)	8.234,14	1.948,31
179 (Dezembro)	10.171,30	2.215,64
180 (Janeiro)	13.858,12	6.844,08
181 (Fevereiro)	13.090,50	2.705,72
182 (Março)	13.835,63	2.808,64
183 (Abril)	13.455,61	2.756,53
184 (Maio)	11.389,29	2.471,11
185 (Junho)	5.640,80	1.678,87
186 (Julho)	2.820,15	1.290,57
187 (Agosto)	2.091,90	1.189,95
188 (Setembro)	2.655,12	1.267,75
189 (Outubro)	5.253,71	1.625,79
190 (Novembro)	9.147,01	2.161,93
191 (Dezembro)	11.298,93	2.458,90
192 (Janeiro)	15.394,48	7.600,47
193 (Fevereiro)	14.541,76	3.003,32
194 (Março)	15.369,50	3.117,65
195 (Abril)	14.947,35	3.059,76
196 (Maio)	12.651,95	2.742,69
197 (Junho)	6.266,16	1.862,63
198 (Julho)	3.132,80	1.431,28
199 (Agosto)	2.323,81	1.319,50
200 (Setembro)	2.949,48	1.405,93
201 (Outubro)	5.836,16	1.803,66

202 (Novembro)	10.161,09	2.399,24
203 (Dezembro)	12.551,57	2.729,14
204 (Janeiro)	17.101,18	8.440,72
205 (Fevereiro)	16.153,92	3.333,91
206 (Março)	17.073,43	3.460,91
207 (Abril)	16.604,47	3.396,61
208 (Maio)	14.054,59	3.044,39
209 (Junho)	6.960,86	2.066,75
210 (Julho)	3.480,12	1.587,58
211 (Agosto)	2.581,44	1.463,42
212 (Setembro)	3.276,47	1.559,42
213 (Outubro)	6.483,18	2.001,25
214 (Novembro)	11.287,59	2.662,86
215 (Dezembro)	13.943,09	3.029,33
216 (Janeiro)	18.997,08	9.374,12
217 (Fevereiro)	17.944,81	3.701,15
218 (Março)	18.966,26	3.842,23
219 (Abril)	18.445,31	3.770,80
220 (Maio)	15.612,74	3.379,53
221 (Junho)	7.732,56	2.293,51
222 (Julho)	3.865,94	1.761,22
223 (Agosto)	2.867,63	1.623,29
224 (Setembro)	3.639,71	1.729,94
225 (Outubro)	7.201,93	2.220,75
226 (Novembro)	12.538,97	2.955,71
227 (Dezembro)	15.488,88	3.362,80
228 (Janeiro)	21.103,17	10.411,00
229 (Fevereiro)	19.934,24	4.109,11
230 (Março)	21.068,93	4.265,83
231 (Abril)	20.490,23	4.186,47
232 (Maio)	17.343,63	3.751,83
233 (Junho)	8.589,83	2.545,41
234 (Julho)	4.294,53	1.954,10
235 (Agosto)	3.185,55	1.800,88
236 (Setembro)	4.043,22	1.919,36
237 (Outubro)	8.000,37	2.464,58
238 (Novembro)	13.929,09	3.281,02
239 (Dezembro)	17.206,03	3.733,25

Fonte: Próprio Autor (2016).