

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

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS  
PLUVIAIS PARA REDUÇÃO DE CUSTO COM  
ABASTECIMENTO: CASO IFAM-CMC

RENATO COSTA MENA BARRETO

MANAUS . AM – BRASIL

2013

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

RENATO COSTA MENA BARRETO

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS  
PLUVIAIS PARA REDUÇÃO DE CUSTO COM  
ABASTECIMENTO: CASO IFAM-CMC

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

ORIENTADOR: PROF<sup>o</sup>. DR NILSON RODRIGUES BARREIROS

MANAUS, AM – BRASIL

2013

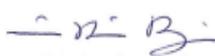
RENATO COSTA MENA BARRETO

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA  
PLUVIAIS PARA REDUÇÃO DE CUSTO COM  
ABASTECIMENTO: CASO IFAM-CMC

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 Gestão da Produção.

Aprovada em 30 de dezembro de 2013.

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. NILSON RODRIGUES BARREIROS, Presidente.  
Universidade Federal do Amazonas

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> ANTONIETA DO LAGO VIEIRA, Membro.  
Universidade Federal do Amazonas

  
Prof. Dr. NELSON KUWAHARA, Membro.  
Universidade Federal do Amazonas

## **RESUMO**

A captação da água de chuva pode ser uma maneira rápida de se obter grandes volumes de água, e de razoável qualidade, somado com a possibilidade de aproveitamento do telhado da edificação, a canalização da água captada até um reservatório, para posterior utilização. Propor um sistema de captação de águas pluviais como forma de diminuir custos com abastecimento no Instituto Federal Amazonas - Campus Manaus Centro - IFAM-CMC. Apresentando cálculos com o método de Rippl: Analítico e Gráfico para dimensionamento de reservatórios. A utilização de um intervalo de confiança de 95% para todos os meses dos anos do período de 1961 a 2012 fornecidos pelo Instituto de Meteorologia INMET também os pontos de captação considerando toda a área de telhado da Instituição. Os valores mínimos, médios e máximos de potenciais de captações de águas pluviais comprovam a viabilidade da implantação de um sistema de captação de águas pluviais.

**PALAVRA CHAVE:** Água da Chuva, Abastecimento, Consumo.

## ABSTRACT

*The capture of rainwater can be a quick way to obtain large volumes of water, and of reasonable quality, coupled with the possibility of using the roof of the building, the channeling of water abstracted to a reservoir for later use. Propose a system for rainwater harvesting in order to reduce supply costs with the Federal Institute Amazonas - Manaus Campus Center IFAM - CMC. Introducing calculations with the method Rippl: Analytical and Chart for sizing reservoirs. The use of a confidence interval of 95 % for each month of the years 1961 to 2012 provided by the Institute of Meteorology INMET also capture points considering the entire roof area of the institution the minimum, average and maximum values of potential funding storm water prove the feasibility of implementing a system of rainwater harvesting. .*

**KEYWORD:** *Rainwater, Supply, Consumption.*

## LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

FUCAPI - Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

IFAM-CMC - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - Campus-  
Manaus-Centro

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia

NO<sub>2</sub> - Óxido de Nitrogênio

PROSAB - O Programa de Pesquisas em Saneamento Básico

SO<sub>2</sub> - Dióxido de Enxofre

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

## FIGURAS

Figura 1- Água no Planeta .....	16
Figura 2- Distribuição da água.....	16
Figura 3- Ciclo hidrológico.....	21
Figura 4 - Sistema 1.....	30
Figura 5 - Sistema 2.....	31
Figura 6 - Sistema 3.....	31
Figura 7 - Sistema 4.....	32
Figura 8 - Sistema 5.....	32
Figura 9 - Sistema 6.....	36
Figura 10-Sistema 7.....	34
Figura 11 – Procedimento de cálculo da estimativa de consumo de água potável.....	34
Figura 12 – Tarifa da Manaus Ambiental.....	35
Figura 13 – Estimativa de consumo de água potável.....	36
Figura 14 - Delineamento da pesquisa.....	39
Figura 15 - Área de captação 6 lateral.....	46
Figura 16 - Área de captação 6 frente.....	46
Figura 17 – Água da chuva Edificação 12.....	46
Figura 18 - Conexões de saída de água.....	46
Figura 19 Captação de água de chuva no IFAM-CMC.....	47
Figura 20 - Bombas elevatórias.....	47
Figura 21 - Registro do tanque inferior.....	47
Figura 22 - Segundo reservatório.....	48
Figura 23 - Reservatório superior.....	48
Figura 24 - Registros de controle.....	48
Figura 25 - Mangueiras para incêndio.....	48
Figura 26 - Conexões para banheiros.....	48
Figura 27 - Jardim.....	48
Figura 28 -Caixa d'água de 15 m <sup>3</sup> .....	49
Figura 29 – Vista interna da cisterna 26 m <sup>3</sup> .....	49
Figura 30 – Conexão interna para caixa d'água.....	49
Figura 31 - Cisterna com dois reservatórios construídos.....	49
Figura 32 - Influência do vento na inclinação da chuva.....	56

Figura 33 Cálculo do valor da área de contribuição (A) em m <sup>2</sup> .....	57
Figura 34- Planta baixa da Edificação nº 5.....	57
Figura 35 - Localização da instalação do sistema de captação de águas pluviais.....	63

## TABELAS

Tabela 01 - Distribuição de Água na Hidrosfera.....	17
Tabela 02 - Servidores e Discentes do IFAM-CMC.....	38
Tabela 03- Infraestrutura do IFAM-CMC.....	38
Tabela 04 - Volume de Água para Consumo.....	45
Tabela 05 – Dados Parciais do Anexo ABNT 10844/1089.....	50
Tabela 06 - Capacidade do reservatório com área de captação de 100 m <sup>2</sup> .....	52
Tabela 07- Dimensionamento de reservatório: método gráfico de Rippl.....	53
Tabela 08 – Estimativa de consumo de água potável.....	60
Tabela 09 - Tipos de usos e porcentagem de utilização de consumo interno.....	61
Tabela 10 – Os custos envolvidos na construção de um sistema de aproveitamento de água de chuva.....	63
Tabela 11 - Precipitações e dos Volumes mínimos, médios e máximos anuais.....	66

## GRÁFICOS

Gráfico 1 – Estatística para o mês de Janeiro.....	41
Gráfico 2 - Estatística para o mês de Fevereiro.....	41
Gráfico 3 - Estatística para o mês de Março.....	41
Gráfico 4 - Estatística para o mês de Abril.....	42
Gráfico 5 - Estatística para o mês de Maio.....	42
Gráfico 6 - Estatística para o mês de Junho.....	42
Gráfico 7 -Estatística para o mês de Julho.....	43
Gráfico 8-Estatística para o mês de Agosto.....	43
Gráfico 9-Estatística para o mês de Setembro.....	43
Gráfico10-Estatística para o mês de Outubro.....	44
Gráfico11-Estatística para o mês de Novembro.....	44
Gráfico 12-Estatística para o mês de Dezembro.....	44
Gráfico 13– Precipitações mínimas, medias e máximas de 52 anos.....	45
Gráfico 14 - Método de Rippl.....	54
Gráfico 15 - Estimativa de consumo de água potável.....	62
Gráfico 16- Precipitações 13 anos.....	64
Gráfico 17 - Precipitações 13 anos.....	65
Gráfico 18 - Precipitações 13 anos.....	65
Gráfico 19 - Precipitações 13 anos.....	66
Gráfico 20 - Médias mensais das precipitações de 52 anos.....	66

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.3 JUSTIFICATIVA.....	19
1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	19
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
<b>2. CICLO HIDROLÓGICO.....</b>	<b>21</b>
2.1 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NO MUNDO.....	22
2.2 HISTÓRICO POLÍTICA DAS ÁGUAS.....	24
2.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NO BRASIL.....	26
2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NO AMAZONAS.....	27
2.5 USO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS.....	28
2.6 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL ANTES DE ATINGIR O SOLO.....	28
2.7 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL APÓS ESCOARNA SUPERFÍCIE.....	29
2.8 SISTEMAS DE COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL.....	29
<b>2.8.1 Sistema 1.....</b>	<b>30</b>
<b>2.8.2 Sistema 2.....</b>	<b>30</b>
<b>2.8.3 Sistema 3.....</b>	<b>31</b>
<b>2.8.4 Sistema 4.....</b>	<b>32</b>
<b>2.8.5 Sistema 5.....</b>	<b>32</b>
<b>2.8.6 Sistema6.....</b>	<b>33</b>
<b>2.8.7 Sistema7.....</b>	<b>33</b>
2.9 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	34
2.10 – PROCEDIMENTO DE CALCULO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL.....	35
2.11- CUSTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	36
2.12 – RETORNO DO INVESTIMENTO.....	37
<b>3 ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>37</b>
3.1 FUNDAMENTAÇÃO DA PESQUISA.....	39
3.2 PROCEDIMENTOS.....	39
3.3 ESTUDO ESTATÍSTICO DAS PRECIPITAÇÕES LUVIOMÉTRICAS.....	40
3.4 CÁLCULO DO VOLUME DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA INSTITUIÇÃO.....	45
3.5 DETERMINAÇÃO DE ÁREA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA.....	46

3.6 DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA “I”.....	50
3.7 MÉTODOS DE CAPTAÇÃO.....	51
<b>3.7.1 Método de rippl (analítico).....</b>	<b>51</b>
<b>3.7.2 Método de rippl (gráfico).....</b>	<b>53</b>
<b>3.7.3 Método azevedo neto.....</b>	<b>54</b>
<b>3.7.4 Método prático alemão.....</b>	<b>55</b>
<b>3.7.5 Método prático inglês.....</b>	<b>55</b>
<b>3.7.6 Método prático australiano.....</b>	<b>55</b>
3.8 CALCULO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO CONSIDERANDO A NBR 10844/89.....	56
3.9 DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DAS EDIFICAÇÕES COM USO DO AUTOCAD. ...	57
3.10 CÁLCULO DA VAZÃO DA EDIFICAÇÃO CONFORME A NBR 10844/89.....	58
3.11 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO IFAM-CMC - METODOLOGIA.....	59
<b>3.11.1 Área de cobertura e intensidade pluviométrica.....</b>	<b>60</b>
<b>3.11.2 Calculo capacidade de captação de cada área disponível.....</b>	<b>60</b>
<b>3.11.3 Determinação de valores per capita médio “q”.....</b>	<b>60</b>
<b>3.11.4 Custo do consumo de água potável com abastecimento pela companhia local.....</b>	<b>61</b>
<b>3.11.5 Custo de instalação do sistema de captação.....</b>	<b>62</b>
<b>3.11.6 Retorno do investimento, metodologia.....</b>	<b>64</b>
<b>4.ANALISE DE DADOS.....</b>	<b>64</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>
<b>OUTRAS OBRAS CONSULTADAS.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO III.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO IV.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO V.....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE II .....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE III.....</b>	<b>94</b>

## AGRADECIMENTOS

- A DEUS, pela força que tenho recebido ao longo deste trabalho e na vida.
- Aos meus pais Maria Tereza Costa Mena Barreto e Sebastião Soares Mena Barreto (*in memoriam*), pelo apoio que recebi ao longo de toda minha vida e formação sem a qual não seria possível a elaboração deste trabalho.
- A minha esposa Cremilda Socorro Maquiné Coelho, pelo amor, carinho e incentivo constante, em todo momento.
- Aos meus orientadores neste trabalho Prof<sup>o</sup> Dr Nilson Rodrigues Barreiros, Prof<sup>a</sup> Dra. Antonieta do Lago Viera.
- Aos professores, do Programa de Mestrado em Engenharia da Produção – Faculdade de Tecnologia pela contribuição fundamental na obtenção dos créditos e pesquisa.
- Aos funcionários do IFAM do Departamento de Engenharia; da Gerência de Administração e Manutenção; Gerência de Administração e Planejamento; Gerência de Recursos Humanos pelo material fornecido como tabelas, planta baixa e fotos da instituição.

## EPIGRAFE

Aquilo que escuto eu esqueço,  
aquilo que vejo eu lembro,  
aquilo que faço eu aprendo.

Confúcio 550 a 479 a.C.

## INTRODUÇÃO

A racionalização dos usos da água potável, a preservação e conservação dos recursos hídricos pela utilização de fontes alternativas, tais como águas pluviais e águas cinza (águas provenientes do tanque de máquina de lavar roupa, do chuveiro e do lavatório) para fins não potáveis, são de suma importância não só para o Brasil, mas para todo o planeta, tendo em vista que a poluição urbana e rural está transformando a água em um bem finito e a escassez de água de qualidade ocorrerá em poucos anos (JABUR, BENETTI, SILIPRANDI, 2011).

TOMAZ (2003) estima-se que a coleta de água de chuva para aproveitamento pode gerar uma economia de 30% do uso de água potável. Antes da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial devem-se considerar dados de precipitação pluviométrica da localidade, da edificação como áreas de captação e o consumo mensal não potável, obtendo assim estimativas da economia gerada através deste sistema.

FLESCHE (2011, p. 11) em seu trabalho informa que empresas vêm investindo em sistemas próprios de captação e tratamento de água. Adotando medidas para captação de água da chuva propondo a valorização dela e redução dos efeitos de enchentes e vazões de efluentes eliminando prejuízos materiais.

*A gestão hídrica é uma preocupação crescente por parte de todos. As grandes empresas vêm investindo em sistemas próprios de captação e tratamento de água, a fim de não depender das concessionárias para o seu abastecimento. (...). 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 (FLESCHE, 2011, P.11)*

CONCEIÇÃO *et al.* (2011) afirmam que a água cobre cerca de 70% da superfície terrestre (Figura 1). A água doce explorável representa apenas 0,3% de água na natureza, o restante de 2,7 % de água doce não explorável e outros 97% são encontrados nos oceanos. (Figura 2).

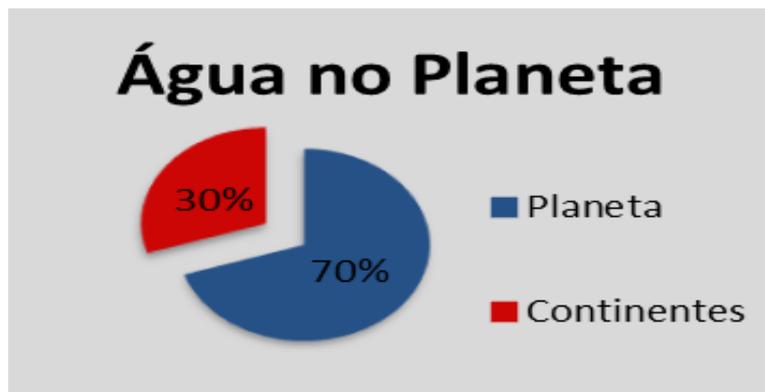


Figura 1- Água no Planeta

Fonte: CONCEIÇÃO et al. (2011)

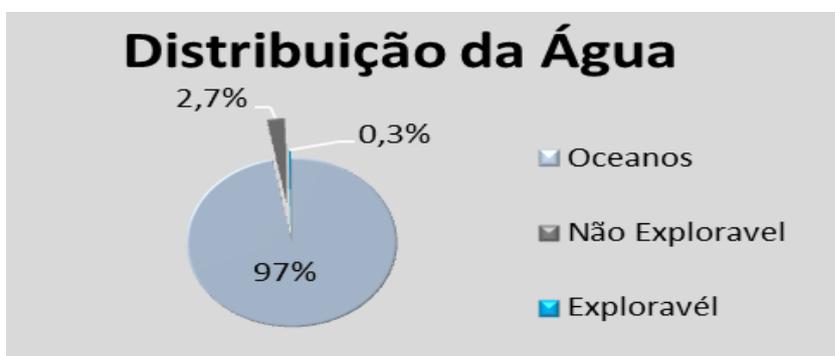


Figura 2- Distribuição da água

Fonte: CONCEIÇÃO et al. (2011)

MAIA (2009) apresenta outros valores:

*Aproximadamente 2/3 da superfície de nosso planeta é coberta por água. Essa "abundância" aparente nos tem levado a considerar a água como um elemento barato, abundante e inesgotável. Porém, de toda a água disponível no planeta, em torno de 97,6% está concentrada nos oceanos e água doce corresponde aos 2,4% restante. Deste 2,4%, apenas 0,31% não estão concentrados nas calotas polares. Logo, de toda a água da superfície da Terra, menos de 0,02% está disponível em rios e lagos na forma apropriada para o consumo humano. (MAIA, 2009, p 22)*

E também na Tabela 01 com valores aproximados.

TABELA 01 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA HIDROSFERA

OCEANOS	97,2%
Geleiras e calotas de gelo	2,15%
Água presente no subsolo	0,62% aproximadamente
Água da superfície (rios, lagos, biomassa)	0,029% aproximadamente
Água presente na atmosfera	0,001% aproximadamente

Fonte: U. S. Geological Survey

O Brasil tem posição privilegiada no mundo, em relação à disponibilidade de recursos hídricos. A vazão média anual dos rios em território brasileiro é de cerca de 180 mil m<sup>3</sup>/s. Esse valor corresponde a aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos, que é de 1,5 milhão de m<sup>3</sup>/s (Shiklomanov et al., 2000). Se forem levadas em conta as vazões oriundas em território estrangeiro e que ingressam no país (Amazônica: 86.321 mil m<sup>3</sup>/s; Uruguai: 878 m<sup>3</sup>/s e Paraguai: 595 m<sup>3</sup>/s), a vazão média total atinge valores da ordem de 267 mil m<sup>3</sup>/s (18% da disponibilidade mundial) (MORENGO, 2008)

JABUR, BENETTI e SILIPRANDI (2011, p. 2) mostram que:

*O aproveitamento da água pluvial tem uma função primordial nos tempos atuais, pois em função da poluição dos corpos d'águas, torna-se cada vez difícil de encontrar água de boa qualidade para o consumo humano, com agravante que parte desta é desperdiçada por usos inadequados. O consumo de água potável tem aumentado proporcionalmente ao crescimento populacional do planeta. Quanto maior o poder aquisitivo populacional, maior o consumo de água, com o uso de equipamentos como: máquinas de lavar louça, máquinas de lavar roupas entre outros. A água potável deveria ser utilizada para fins nobres (uso humano), enquanto a água pluvial substituiria em função não tão nobre, como a lavagem de calçadas, rega de jardim ou em uso para vasos sanitários. Deste modo, poder-se-ia manter a água de qualidade para beber, cozinhar e tomar banho. (JABUR; BENETTI e SILIPRANDI 2011, p. 2).*

O Norte do Brasil apresenta três núcleos de precipitação abundantes. O primeiro máximo de precipitação anual está localizado no noroeste da Amazônia, podendo ocorrer chuvas acima de 3000 mm/ano. O segundo centro está localizado na parte central da Amazônia, com precipitação de 2500 mm/ano (FIGUEROA e NOBRE, 1990). Já o terceiro centro localiza-se na parte sul da Amazônia, com precipitação acima de 1750 mm/ano (MARENGO, 2008).

A Amazônia detém 74% dos recursos hídricos superficiais e é habitada por menos de 5% da população brasileira. A menor vazão média por habitante é observada na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, com média inferior a 1.200 m<sup>3</sup>/hab/ano. Em algumas bacias dessa região, são registrados valores menores que 500 m<sup>3</sup>/hab/ano. Destacam-se ainda, na condição de regiões com pouca disponibilidade relativa, algumas bacias das regiões hidrográficas do Atlântico Leste, Parnaíba e São Francisco. Na porção semiárida dessas regiões, onde o fenômeno da seca tem repercussões mais graves, a água é um fator crítico para as populações locais (GEO BRASIL, 2007).

*“A média de precipitação na região é 2300 mm anuais (FISCH, 1996), porém estes valores não são uniformes em toda a região...”*

Manaus, capital do Estado do Amazonas, localiza-se no centro geográfico da Amazônia, na sub-região Rio Negro/Solimões, norte do Brasil, Com área de 11.458 km<sup>2</sup>. O clima é tropical, quente e úmido, com temperatura média anual entre 23,3 e 31,4°C. Com duas estações inverno (chuvas) e verão (estiagem). A umidade relativa em torno de 80% e a precipitação é de 2.286 mm (SILVA *et al.*, 2010).

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Propor um sistema de gestão de captação de águas pluviais como forma de diminuir custos com abastecimento: Caso IFAM-CMC.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar os índices pluviométricos de água na cidade de Manaus;

Identificar os pontos de captação de águas pluviais no IFAM-CMC;

Calcular área de captação de águas pluviais no IFAM-CMC;

Dimensionar reservatórios para a armazenagem de água da chuva no IFAM-CMC.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

As atividades desenvolvidas em instituições públicas muitas vezes são apoiadas e viabilizadas com uma estrutura predial oferecendo condições de execução. No caso de uma escola faz parte do público: discente, docentes, funcionários administrativos, visitantes e convidados. A estes que permanecem na instituição por muitas horas diárias deve ser oferecido condições de higiene, contando com o abastecimento de água potável e esgoto sanitário.

Um sistema de captação de águas pluviais proporciona a minimização do consumo em todo o mundo, o problema que permanece é quanto ao desperdício de grandes volumes de água potável. Os sistemas de aproveitamento de água pluvial são formados basicamente pela área de captação (geralmente coberturas), os componentes de transporte (calhas e condutores verticais) e o reservatório.

Desta forma, percebe-se a necessidade da utilização de aproveitamento de água pluvial com captação em telhados. Uma alternativa que visa suprir a demanda de água no IFAM-CMC, este recurso natural amplamente disponível em Manaus- AM que possui um alto índice pluviométrico.

### 1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

As atividades propostas estão na elaboração de procedimento para captação de águas pluviais; identificação de pontos de captação de águas pluviais; calcular áreas de captação de águas pluviais no prédio da instituição que possa ser utilizado; estudo do índice pluviométrico do local, o dimensionamento de reservatórios para a armazenagem de água de chuva para auxiliar no projeto de captação da água.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura da presente dissertação surgira como resultado dos objetivos enunciados, sendo que o respectivo texto foi organizado em cinco capítulos. Nos parágrafos que se seguem é efetuada uma descrição de cada um desses capítulos.

No capítulo 1 será apresentado a introdução, justificativa, delimitação do estudo, objetivo geral e os específicos e a própria estruturação do estudo.

O capítulo 2 irá constar todo o embasamento teórico, aproveitamento de água pluvial em Manaus, o funcionamento de sistemas de aproveitamento de água de chuva e fundamentação teórica quanto ao estudo de viabilidade econômica de sistemas de captação sugerindo dados em Manaus e da SABESP em São Paulo envolvendo consumo e custos.

O capítulo 3 será feito um estudo das precipitações na cidade de Manaus de como deve ser feito o cálculo da área de captação de água pluvial; apresentando cálculos do método de Rippl utilizando dados de precipitação pluviométrica também os pontos de captação considerando toda a área de telhado do instituto proporcionando um melhor uso de água potável no IFAM-CMC efetuando o estudo de viabilidade econômica para um sistema de captação.

O capítulo 4 irá apresentar análise de dados da série histórica de 1961 a 2012 utilizando dados de precipitação pluviométrica para dimensionamento de reservatório de águas pluviais.

O último capítulo mostra resultados provenientes do estudo realizado nos capítulos 3 e 4. E por fim as conclusões comentando as propostas e respostas a todos os objetivos.

## 2. CICLO HIDROLÓGICO

AQUINO e GUTIERREZ (2010) definem o ciclo hidrológico como a forma pela qual a hidrologia descreve a circulação de água pela natureza.

*De acordo com esta definição, a água fica circulando pelo planeta e não se perde. Ela pode estar inicialmente no mar, do qual evapora pela ação da energia solar, condensando-se na atmosfera e caindo na forma de chuva para retornar ao mar, antes passando, em alguns casos, por reservatórios subterrâneos ou corpos d'água superficiais (rios e lagos). Outro exemplo de percurso da água é a condensação e precipitação antes da formação das nuvens (orvalho) ou ainda a evaporação da água durante a chuva, ou diretamente dos cursos d'água superficiais, sem chegar ao mar. (AQUINO, GUTIERREZ, 2010, p 2)*

O movimento da água é chamado de ciclo hidrológico, ilustrado na Figura 3.

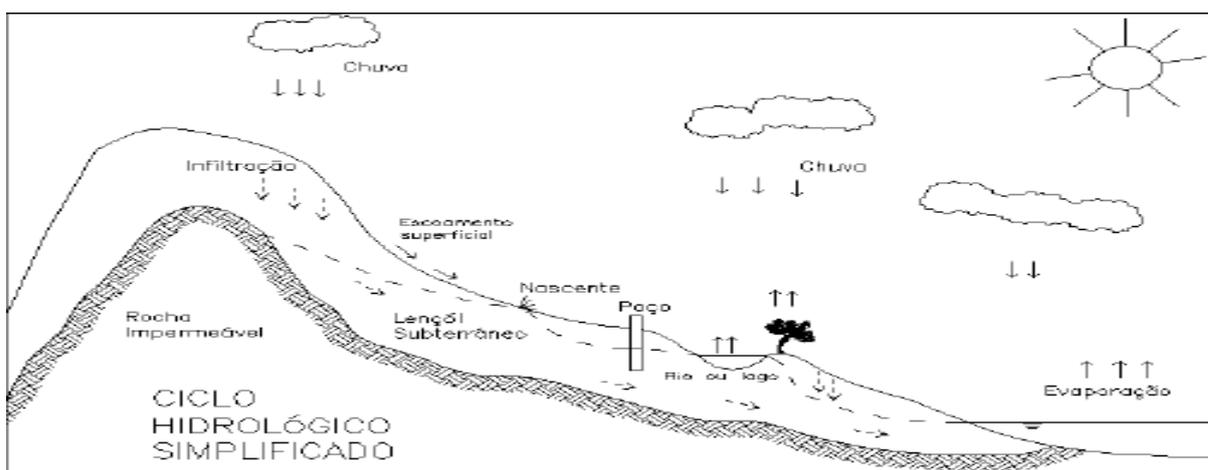


Figura 3 Ciclo hidrológico

Fonte: AQUINO, GUTIERREZ, 2010, p 2

*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 (ABIB et al,2010)*

## 2.1 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NO MUNDO

O aproveitamento da água da chuva é uma prática difundida em várias partes do mundo. Em algumas regiões, a água da chuva é a praticamente a única forma de se ter acesso à água. Em outras, esta prática é usada como forma de preservar os mananciais superficiais e as águas subterrâneas:

Em Botswana, país onde a água também é escassa, a precipitação anual na sua região sudeste é de 250 mm e concentrada em poucos dias, o que demonstra o quanto é restrito o fenômeno da chuva. Tanta importância é dada por este país à chuva, que a sua moeda corrente é chamada de Pula ou chuva em nossa língua. Lá, o Centro de Tecnologia de Botswana, promove a instalação de unidades de captação da água da chuva por telhas e tanques;

Um dos países que mais utiliza sistemas de aproveitamento de água pluvial e promove estudos e pesquisas nessa área, é o Japão. Como exemplo, tem-se o caso de Tóquio, onde regulamentos do governo metropolitano obrigam que todos os prédios com área construída maior que 30.000 m<sup>2</sup> ou que utilize mais de 100 m<sup>3</sup> por dia de água para fins não potáveis, façam reciclagem da água de chuva e de água servida (água de lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar roupas). Além disso, a fim de evitar enchentes, devem ser construídos reservatórios de retenção de água de chuva em áreas de terrenos maiores de 10.000 m<sup>2</sup> ou em edifícios que tenham mais que 3.000 m<sup>2</sup> de área construída (TOMAZ, 2003).

Também no Japão, uso de água da chuva e a infiltração tem sido estimulada com a participação ativa da população, como forma de prevenir as enchentes urbanas e restaurar as fontes de água; também o estádio japonês Tokyo Dome é um dos projetos arquitetônicos de aproveitamento de água mais criativos do mundo. O teto do Tokyo Dome, é feito de plástico resistente e pode ser inflado ou desinflado a qualquer momento. A cobertura funciona como uma lona gigante para colher as chuvas. A água que é captada ali vai para um tanque no subsolo, onde é tratada e distribuída para o sistema de combate a incêndio do prédio. Um terço da água empregada no Tokyo Dome durante o ano inteiro chega do céu, de graça. (ANGELO *et al*, 2000)

Em Formosa, um exemplo do aproveitamento da água da chuva é em um Jardim Zoológico. Os visitantes são apresentados com diferentes dispositivos para o aproveitamento da água da

chuva. Além disso, esta água é usada nos prédio da administração, bem como no tratamento dos animais.

Na Tailândia, país do sudeste asiático, que possui as águas subterrâneas muito salinas devido à formação do seu território ser dada por uma regressão marítima, a precipitação anual é de aproximadamente 1300 mm, e raramente chove na estação seca que vai de outubro a janeiro.

Em países industrializados, como a Alemanha, a população e as autoridades públicas estão apoiando ativamente o aproveitamento de água de chuva. O uso da água da chuva é estimulado com o propósito de conservar as águas subterrâneas, pois este é o recurso mais utilizado para o abastecimento público. O sistema, subsidiado pelas prefeituras, consiste na captação da água pelos telhados e armazenado em cisternas de concreto de  $6\text{m}^3$ . Esta água é utilizada para descarga nos banheiros, lavagem de roupas entre outros propósitos e o excesso desta água é infiltrada no solo para regar os cafeeiros (HANSEN, 1996).

Na cidade de Hamburgo, o Centro de Manutenção da *Lufthansa-Technik AG*, é uma referência internacional na recuperação e manutenção de aeronaves, com condicionamento de turbinas, recuperação de estruturas e manutenção de equipamentos. A água da chuva é usada sobretudo em serviços de lavagem de aeronaves e na seção de pinturas. Ela substitui até 60% da demanda anteriormente suprida por água encanada.

Os jogos olímpicos de verão 2000 em Sidney, na Austrália tiveram a participação do Greenpeace para planejar a alimentação dos banheiros do alojamento dos atletas com água da chuva, bem como os 1500 banheiros do Estádio Olímpico Austrália.

Na Inglaterra, em Londres, no *Millenium Dome*, a companhia de água *Thames Water*, que já aproveita 55% das precipitações, testa várias formas de reaproveitamento de águas, entre elas a da água da chuva. A construção de uma cobertura de fibra de vidro, ancorada em 12 torres de aço de 100 m de altura, com 320m de diâmetro, altura de 50m e uma área de 100 mil  $\text{m}^2$ , permite a captação de um volume de água que contribui com 20% para o consumo diário de  $500\text{ m}^3$  dos banheiros (BELLA CALHA, 2002).

Registros históricos indicam que a água da chuva já é utilizada pela humanidade há milhares de anos. Existem inúmeras cisternas escavadas em rochas, utilizadas para aproveitamento de água pluvial, que são anteriores a 3.000 a.C. Em Israel, encontra-se um dos exemplos mais conhecidos, a famosa fortaleza de Masada, com dez reservatórios escavados na rocha, tendo como capacidade total 40 milhões de litros.

No México, existem cisternas ainda em uso, que datam antes da chegada de Cristóvão Colombo à América (TOMAZ, 2003).

Países como Estados Unidos e Cingapura também estão desenvolvendo pesquisas referentes ao aproveitamento de água pluvial. Em 1992, iniciou-se sistema de uso de água de chuva no Aeroporto de Chagi, em Cingapura. A chuva captada nas pistas de decolagem e aterrissagem é coletada e utilizada para descarga dos banheiros (GROUP RAINDROPS, 2002).

## 2.2 HISTÓRICO DA POLÍTICA DAS ÁGUAS

O início da história da gestão dos Recursos Hídricos no Brasil se deu como Decreto 24.643/1934, conhecido Código das Águas ou Lei das Águas, confirmando que, na época, as águas eram consideradas recursos naturais renováveis, portanto o importante era proporcionar o desenvolvimento industrial e agrícola do país, incentivando, principalmente, a produção de energia elétrica conforme visto abaixo:

*Presidência da República Casa Civil, TÍTULO V - 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 caem 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 caem, 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. 105. O proprietário edificará de maneira que o beiral de seu telhado não despeje sobre o prédio vizinho, deixando entre este e o beiral, quando por outro modo não o possa evitar, um intervalo de 10 centímetros, quando menos, de modo que as águas se escoem.*

*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. (Decreto 24.643/34)*

Na década de oitenta, as necessidades de controle das águas impuseram novo entendimento e motivaram intensas discussões entre técnicos e especialistas brasileiros. Ocorreram debates internacionais e, como consequência trouxe o consenso da criação de um sistema integrado e descentralizado, gerando um novo modelo para uma gestão descentralizada em níveis de bacias hidrográficas e trata a água como um bem de valor econômico.

Já a Constituição de 1988 e a Lei 9.433/1997 modificaram a classificação quanto ao domínio, o uso e o aproveitamento das águas no país, preocupando-se com a atualização do tratamento, tendo em vista incentivar e controlar o uso industrial e suprir as exigências do ramo hidráulico, mantendo a prioridade ao desenvolvimento econômico.

A Lei 9.433/97 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos determinando, em seu artigo primeiro, que “a água é um bem de domínio público”; em 2006, com base na mesma lei, foi criado o Plano Nacional de Recursos Hídricos, tendo como principal objetivo dar um tratamento gerencial, ratificando a prioridade da água para consumo humano; o valor econômico trouxe a cobrança pelo uso da água, como meio de controle racional do uso e, sobretudo, gerador de recursos para investimentos na gestão da água em cada bacia hidrográfica. Estas vieram a ser, a cada ano, o principal meio de sustentação do novo sistema decisório descentralizado e participativo. As bacias hoje são compostas pelos representantes dos poderes públicos federal, estadual e municipal, usuários e da sociedade civil.

O que se tem a observar é que o sistema de gestão ainda está muito pouco institucionalizado e onde os mecanismos operacionais de cobrança pelo uso da água ainda estão indefinidos, muito embora surpreenda o surgimento de novos comitês de bacias estaduais e preparação para novos federais.

### 2.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NO BRASIL

O país possui, desde a década de 30, abrangente legislação sobre a água: o Código de Águas, instituído pelo Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934. O referido Código é considerado uma das leis de águas mais completas do planeta, pois diversos princípios e instrumentos de gestão adotados recentemente nos países que mais avançaram na gestão de suas águas já eram previstos em alguns de seus artigos. (LUCHINI et al, 2003)

A gestão dos recursos hídricos, nos moldes da Lei dos Recursos Hídricos, configura as forças políticas regionais capazes de arrecadar recursos com a cobrança pelo uso da água, promover seu uso adequado e cuidar de sua proteção. Com o advento dessa lei, o país alcança as condições básicas para entrar em nova fase de gerenciamento de seus recursos hídricos, na qual todos os usuários, as comunidades envolvidas e os governos regionais e locais decidem pelo melhor uso da água e pelos investimentos necessários, organizados em torno de suas bacias (BORSOI, 1997).

O registro que se tem é que pelo menos 14 estados já cuida de suas próprias leis de recursos hídricos, baseadas nos documentos federais existentes. O que mais se tem discutido nos últimos anos é o domínio do tema das águas superficiais e subterrâneas. Pertence a União quando se acham armazenadas em reservatórios federais, e estaduais quando represadas nos açudes estaduais. As transferências das águas entre Estados é outro assunto em permanente discussão. O Código Civil também se ocupa do tema.

O Nordeste brasileiro conta com programas governamentais para a construção de cisternas rurais, como é o caso do estado de Pernambuco. Trata-se do Programa Convivência com a Seca, prevendo entre diversas ações de infraestrutura hídrica, a construção de 13.000 cisternas, localizadas nas Regiões do Sertão e Agreste do estado (LIBERAL, PORTO, 1999 ). Ainda na região nordeste, mais especificamente na Ilha de Fernando de Noronha, desde 1943 funciona um sistema coletivo de coleta de águas de chuva (AZEVEDO NETTO, 1991).

Em Santa Catarina temos o primeiro uso comprovado da chuva no século XVIII, por ocasião da construção das Fortalezas de Florianópolis. Na Fortaleza de Santo Antônio, situada na pequena Ilha de Ratoles, sem fonte de água, foi construída uma cisterna que coletava a água

dos telhados e que era usada para fins diversos, inclusive para o consumo das tropas (RAMOS, 1983).

Em Florianópolis foi realizado um estudo por (MAESTRI, 2003) em que eles identificaram, visitaram e entrevistaram os responsáveis por algumas propriedades (residências e uma empresa de floricultura) que já utilizam a água da chuva. Em dezembro de 2002 foi realizada visita para o conhecimento do sistema em uma residência localizada no bairro Santo Antonio de Lisboa. Em resposta ao questionário elaborado, o proprietário afirmou que resolveu aproveitar a água da chuva, objetivando reduzir os gastos com água, na busca da sustentabilidade, além de contribuir para preservação do meio ambiente. A água da chuva que é coletada do telhado da casa é destinada para lavação de carros e calçadas, irrigação de hortas e jardim, consumo e lavação de animais e abastecimento de uma pequena lagoa. Estima-se uma economia mensal média de 50% na taxa de água.

#### 2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NO AMAZONAS

O primeiro projeto de captação da água de chuva para residências do Amazonas foi instalado no início de 2006, em Manacapuru, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Piranha. São 76 famílias, que receberam um kit de calha, tubulação e caixa d'água, ao custo médio de R\$ 550,00 por família. Com o nome "PROCHUVA – Água é Vida". No final do ano 2006 esta iniciativa foi analisada pela Fundação Nacional de Saúde. Os técnicos da FUNASA avaliaram de forma extremamente positiva a experiência desenvolvida pelo Governo do Amazonas.

Junto com os pesquisadores do Programa de Tecnologias Socioambientais da FUCAPI Pedro Sosa, Allan Kardec, Andrea Asmus, Hellen Souza e Ana Hilda Costa, desenvolveu um sistema de coleta e tratamento que pode muito bem ser adaptado para moradias, indústrias, condomínios, parques, postos de lavar carros, lavanderias, etc.

## 2.5 USO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS

A água de chuva pode ser utilizada em várias atividades com fins não potáveis no setor residencial, industrial e agrícola. No setor residencial, pode-se utilizá-la em descargas de vasos sanitários, lavação de roupas, sistemas de controle de incêndio, lavagem de automóveis, lavagem de pisos e irrigação de jardins. Já no setor industrial, pode ser utilizada para resfriamento evaporativo, climatização interna, lavanderia industrial, lavagem de maquinários, abastecimento de caldeiras, lava jatos de veículos e limpeza industrial, entre outros. Na agricultura, vem sendo empregada principalmente na irrigação de plantações.

## 2.6 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL ANTES DE ATINGIR O SOLO

A composição da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também a presença de carga poluidora. Próximo ao oceano, a água de chuva apresenta elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em concentrações proporcionais às encontradas na água do mar.

Distante da costa, os elementos presentes são de origens terrestres: partículas de solo que podem conter sílica, alumínio e ferro, por exemplo, e elementos cuja emissão são de origens biológicas, como o nitrogênio, fósforo e enxofre.

Em áreas como centros urbanos e pólos industriais, são encontradas alterações nas concentrações naturais da água de chuva devido a poluentes do ar, como o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), óxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) ou ainda chumbo, zinco e outros. A reação desses gases na atmosfera, com o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e com a chuva, forma ácidos que diminuem o pH da água. Se tivermos água destilada, o pH é de 5,6. Pode-se dizer que ele é sempre ácido ao redor de 5,0. Em regiões poluídas pode-se chegar a valores como 3,5 quando há o fenômeno da “chuva ácida”. (TOMAZ, 2005).

## 2.7 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL APÓS ESCOARNA SUPERFÍCIE

No aproveitamento de água da chuva, são usados os telhados e dependendo dos materiais utilizados em sua confecção, a contaminação poderá ser ainda maior. Como exemplos de contaminação pode se citar: fezes de aves, ratos e outros animais bem como poeiras, folhas, revestimento do telhado, fibrocimento, tintas, etc.(podem trazer problemas de contaminação por bactérias e de parasitas gastrointestinais). Chumbo e arsênio também podem ser encontrados na água de chuva. Além disso, a água de chuva também é ótima para irrigações e utilização em piscinas (TOMAZ, 2005).

Os melhores telhados quanto ao aspecto bacteriológico são pela ordem: metálico>fibrocimento>plásticos>telhas cerâmicas. O volume de água que deve ser rejeitado no *first flush* depende do tipo de material do telhado e da quantidade de contaminação. É recomendado que os primeiros 1 mm e 2 mm de chuva devem ser rejeitados pois apresentam uma grande quantidade de bactérias (TERRY, 2001).

## 2.8 SISTEMAS DE COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

O funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água de pluvial consiste de maneira geral, na captação da água da chuva que cai sobre os telhados ou lajes da edificação. A água é conduzida até o local de armazenamento através de calhas, condutores horizontais e verticais, passando por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas. Em alguns sistemas é utilizado dispositivo para desviar as primeiras águas de chuva. Após passar pelo filtro, a água é armazenada geralmente em reservatório enterrado (cisterna), e bombeada a um segundo reservatório elevado, do qual as tubulações específicas de água pluvial irão distribuí-la para o consumo não potável (MAY, 2004). A seguir será mostrado alguns exemplos de sistemas de captação de águas pluviais podendo ser fonte de inspiração para o projeto em pauta:

### 2.8.1 Sistema 1

É um sistema de aproveitamento de água de chuva em residências propostos pela empresa Bella Calha em 2007, a água captada é conduzida para um filtro separador de folhas e posterior armazenagem na cisterna na etapa seguinte a água é transportada para um reservatório superior para distribuição na residência como água não potável para vasos sanitários, máquina de lavar roupas e lavagem de carros. Neste sistema o excesso de água captada no reservatório inferior e no filtro é descartado na galeria pluvial.



Figura 4 – Sistema 1

Fonte: (BELLA CALHA, 2007)

### 2.8.2 Sistema 2

Este sistema prevê a eliminação do primeiro minuto de chuva ou chuva inicial que vem carregada de detritos, resultado da lavagem do telhado.

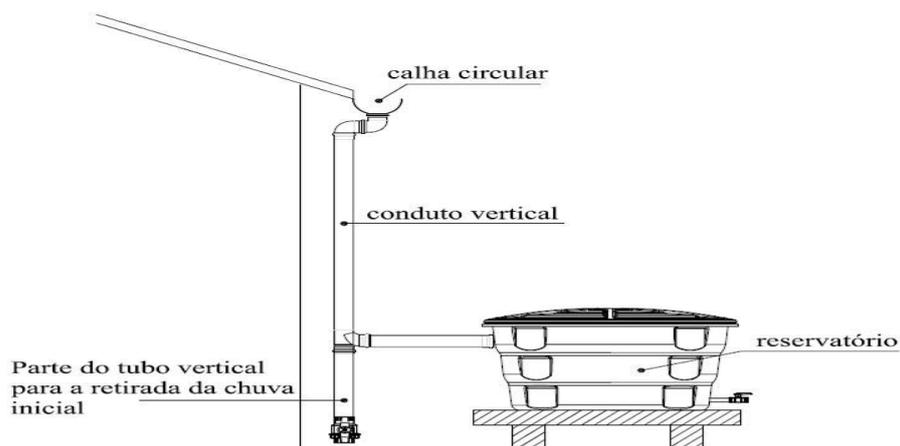


Figura 5 - Modelo básico para coleta de águas pluviais Sistema 2.

Fonte: modificado (FRENDICH, OLIYNIK, 2002).

### 2.8.3 Sistema 3

Faz a captação da água diretamente da superfície de telhado podendo causar obstrução na entrada de água no primeiro tanque necessitando de um dispositivo para eliminação de detritos. Apresentando também um grande número de reservatórios funcionando como vasos comunicantes mantendo o mesmo nível para todos.

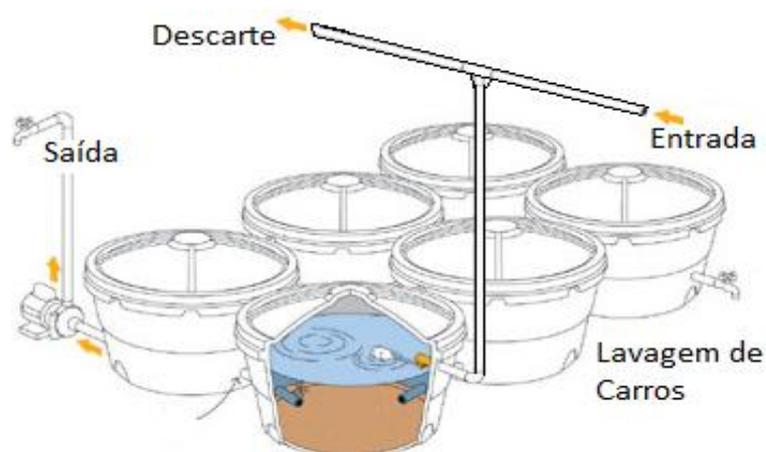


Figura 6 – Esquema de instalação do Sistema 3

Fonte: SETTI (2000).

### 2.8.4 Sistema 4

O esquema a seguir foi apresentado por Elisabete de Jesus Peres Bertolo em junho de 2006. É a forma simplificada de um sistema predial de aproveitamento das águas pluviais, utilizado em residências, na Alemanha.



Figura 7 - Sistema 4

Fonte: MEEMKEN (1994)

### 2.8.5 Sistema 5

Rafael Zini Ouriques e Lidiane Bittencourt Barroso apresentam outros modelos em 2009

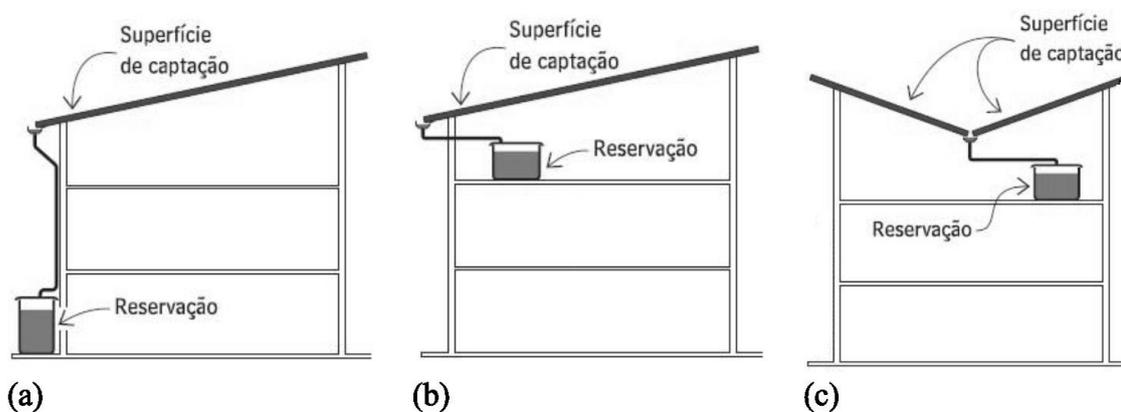


Figura 8 - Sistema 5.

Fonte: TÉCHNE (2008).

### 2.8.6 Sistema 6

Ana Paula Duarte do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) mostra um sistema com outras fontes de água: captação de água da chuva em telhado de lavatórios de cozinhas e banheiros. Utilizada em vasos sanitários e lavagens de carro.

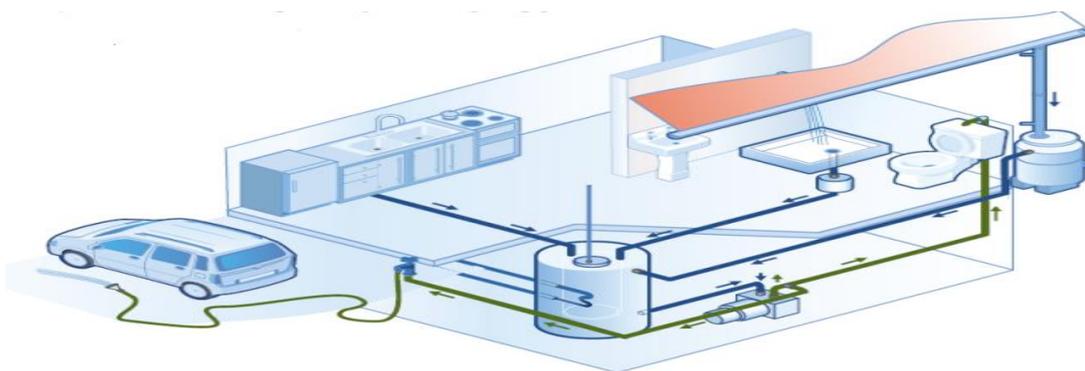


Figura 9 – Sistema 6

Fonte: Ana Paula Duarte

### 2.8.7 Sistema 7

Sistema proposto na FUCAPI em Manaus. Este é um sistema de extrema importância, face à dificuldade de se obter volumes deste recurso em quantidade e qualidade para as demandas atuais e futuras, limitando o desenvolvimento e o bem estar de muitas populações. A captação da água de chuva para fins não potáveis reduz a captação de águas de excelente qualidade, como por exemplo, as águas subterrâneas e, proporciona a economia deste valioso recurso. (SOSA, 2012)



Figura 10- Sistema 7

Fonte: (SOSA, 2012).

## 2.9 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO IFAM-CMC

Um estudo da viabilidade econômica para sistemas de aproveitamento de água pluviais é de grande importância na relação custo/benefício mostrando a viabilidade da instalação desse sistema. Fazendo algumas considerações podemos realizar cálculos de estimativa de consumo seguindo o procedimento a seguir Figura 11:

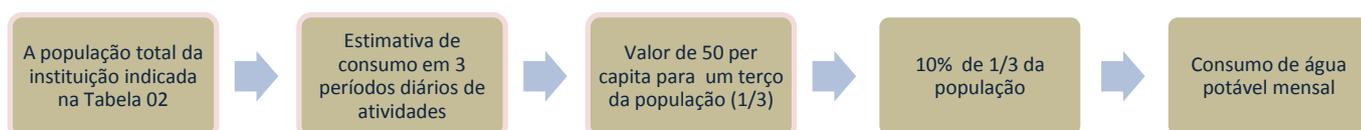


Figura 11 - Procedimento de cálculos da estimativa de consumo de água potável mensal em 3 períodos de atividades diárias

## 2.10 PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL

## Estrutura tarifária da Manaus ambiental

Faixas de consumo	Tarifa R\$/ m <sup>3</sup>
Residencial 0 a 10 m <sup>3</sup> .....	R\$ 2,019
Residencial 11 a 20 m <sup>3</sup> .....	R\$ 3,914
Residencial 21 a 30 m <sup>3</sup> .....	R\$ 5,974
Residencial 31 a 40 m <sup>3</sup> .....	R\$ 8,136
Residencial 41 a 60 m <sup>3</sup> .....	R\$ 9,386
Residencial maio de 60 m <sup>3</sup> .....	R\$ 10,814
Industrial 0 a 40 m <sup>3</sup> .....	R\$ 9,342
Industrial Superior a 40 m <sup>3</sup> .....	R\$ 12,814
Público 0 a 12 m <sup>3</sup> .....	R\$ 9,342
Público Superior a 12 m <sup>3</sup> .....	R\$ 12,814
Comercial 0 a 12 m <sup>3</sup> .....	R\$ 7,161
Comercial Superior a 12 m <sup>3</sup> .....	R\$ 9,972

Figura 12 - Tarifa da Manaus Ambiental Fonte: ARSAM, 2013

Esta última referência disponibilizada pela ARSAM é utilizada em procedimento de cálculo de consumo de água potável na Instituição e na comunidade local.

- Procedimento de cálculo do consumo de água potável.
- ✓ O consumidor deve multiplicar os primeiros 10 (dez) m<sup>3</sup> de seu consumo total de 27 m<sup>3</sup> e multiplica-lo pelo valor constante na primeira faixa de consumo da tabela ao lado. (Ex.: 10 m<sup>3</sup> X R\$ 1,140 = R\$ 11,40).
- ✓ O consumidor deve multiplicar os outros 10 (dez) m<sup>3</sup> de seu consumo total de 27 m<sup>3</sup> e multiplicar por pelo valor constante na segunda faixa de consumo da tabela ao lado. (Ex.: 10 m<sup>3</sup> X R\$ 2,209 = R\$ 22,09).
- ✓ O consumidor deve multiplicar os 07 (sete) m<sup>3</sup> restantes do total de 27 m<sup>3</sup> e multiplicar por pelo valor constante na terceira faixa de consumo da tabela ao lado. (Ex.: 7 m<sup>3</sup> X R\$ 3,373 = R\$ 23,61).
- ✓ O consumidor deve agora somar os 03 (três) resultados. (Ex.: R\$ 11,40 + 22,09 + 23,61 = R\$ 57,10).
- ✓ O resultado encontrado corresponde em Reais (R\$) ao volume de água consumido pelo usuário, neste caso, o consumidor pagará R\$ 57,10 por 27 m<sup>3</sup>. (NOTA: Caso o consumidor seja também atendido pela Rede Coletora de Esgoto, o valor cobrado por tal serviço corresponderá a 80% do valor de seu consumo de água).

- ✓ Para saber o valor cobrado pela coleta de seu esgoto, o consumidor deverá multiplicar o valor de seu consumo de água pelo coeficiente de consumo 0,80. (Ex.: R\$ 57,10 x 0,80 = 45,68).
- ✓ Neste caso, o valor cobrado em sua conta de serviços de abastecimento de Água e coleta de Esgoto referente a 27 m<sup>3</sup> será de R\$ 102,78. (Ex.: R\$ 57,10 (água) + R\$ 45,68 (esgoto) = R\$ 102,78).

Fonte: ARSAM, 2013

Com os valores de consumo de água potável mensal é mostrado na Figura 13, dados discriminados no APENDICE II.

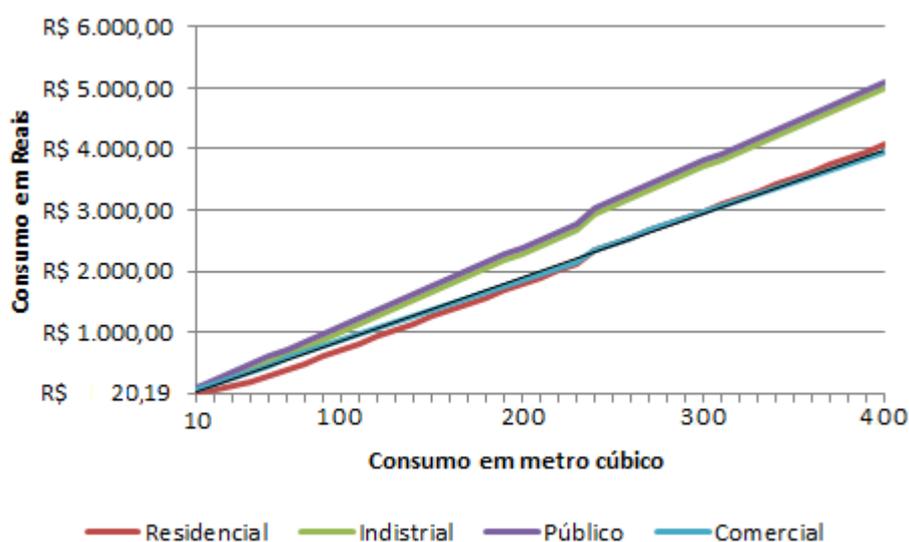


Figura 13 - Estimativa de consumo de água potável

Fonte: o autor

## 2.11 CUSTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS COMPONENTES INSTALADOS NO SISTEMA.

Esta etapa da pesquisa deve ser elaborada planilhas com valores do sistema de captação visto na TABELA 10, veja também figura 35 com a localização de todos os componentes.

## 2.12 RETORNO DO INVESTIMENTO

A maneira adequada de realiza cálculos de retorno de investimento é adotar um memorial de cálculo como o publicado na Cartilha de Edifícios Públicos Sustentáveis:

No memorial de cálculo de retorno do investimento é realizado em dois métodos e com apoio também de um software. (ANEXO IV)

- ✓ O Método 1 é um cálculo que desconsidera as variantes de custo de tarifa e aplicação financeira.
- ✓ O Método 2 são consideradas duas variantes, a primeira considera o provável rendimento líquido que o valor investido na instalação teria caso o montante fosse aplicado no sistema financeiro. Essa variante funciona como um redutor do valor do retorno do investimento. A segunda variante considera a diferença entre o aumento real da tarifa e a inflação do ano anterior, funcionando como um fator de aumento do valor de retorno do investimento.
- ✓ Software de apoio tecnológico: O programa Senado verde disponibiliza para download e uso a planilha automatizada para o cálculo do investimento que é parte do software SIGES (Sistema de Gestão para Edifícios Sustentáveis),

fonte: [HTTP://www.senado.gov.br/sf/senado/programas/senadoverde/siges](http://www.senado.gov.br/sf/senado/programas/senadoverde/siges)

fonte: (VIGGIANO,2010)

## 3. ÁREA DE ESTUDO

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM-CMC) localizado na Av. 7 de setembro, 1975 – Centro, Manaus – Amazonas é uma instituição de ensino público federal que atende várias modalidades de ensino como: Ensino Médio Integrado ao Técnico, Ensino de Graduação, Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão.

Como toda instituição de ensino no IFAM-CMC no seu projeto predial é previsto banheiros além de vasos sanitários e mictórios totalizando 30 pontos de consumo de água potável. A pesquisa se concentra efetivamente em calcular a área de telhado para captação de águas pluviais e no estudo das precipitações em região próxima da instituição de ensino.

No IFAM–CMC possui o seguinte corpo administrativo, docente e discente mostrado na Tabela 02:

Tabela 02 - SERVIDORES E DISCENTES DO IFAM-CMC

Formação	Quantidade
Docente	176
Administrativo	127
Discente do Ensino Técnico	2748
Discente do Ensino Superior	887
Total	3938

Fonte: Gerência de Recursos Humanos – Campus Manaus Centro

Como toda instituição de ensino no IFAM-CMC no seu projeto de infraestrutura construída é composta por vários ambientes (Tabela 3) que demandam utilização de água para seu funcionamento e permanência dos servidores e alunos.

Tabela 03 – INFRAESTRUTURA DO IFAM-CMC

DEPENDÊNCIAS	Quantidade
Laboratórios	76
Sanitários	38
Área de Convivência.	3
Refeitório/Lanchonetes	2
Sala de Pesquisa	7
Espaço Cultural	4
Ginásio de Esportes	1
Quadra Descoberta	3
Piscina	1

Fonte: Gerência de Administração e Planejamento

Diante do número de usuários e área construída de 42.445 m<sup>2</sup>, o IFAM-CMC, necessita dispor de um grande volume de água para atender as necessidades individuais e coletivas, o que demanda um alto consumo, devido ao fato de que tudo utilizado na instituição é oriunda de um poço de um sistema de tubulação que recebe água da companhia de abastecimento Manaus Ambiental. Tendo em vista que aproximadamente 37% da área construída possui cobertura de telhado e calha, que conduz toda água de chuva por tubulação e posteriormente para o esgoto. Este volume d'água estimado pode ser uma solução para minimizar o consumo. A captação da água de chuva no IFAM-CMC pode ser uma maneira rápida de se obter um grande volume de água em um período de tempo bastante reduzido, e de razoável qualidade, somado com a possibilidade de aproveitamento do teto da edificação, e canalização da água

precipitada até uma caixa ou reservatório, para posterior utilização como águas para lavagem de banheiros, descargas de vasos sanitários e áreas externas.

As vantagens fundamentais relacionadas com o aproveitamento da água da chuva no IFAM-CMC é a redução do consumo de água potável e do custo de fornecimento da mesma reduzindo também o seu desperdício.

### 3.1 FUNDAMENTAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa tem caráter descritivo, pois procura descrever e interpretar os fatores para o processo de gestão da água de chuva que neste trabalho é composto entre a captação de água de chuva na estrutura de telhado do IFAM-CMC e também no dimensionamento de reservatórios. Como forma de atingir os objetivos específicos, é proposto um caminho metodológico em 3 etapas que serão: Pesquisa bibliográfica e calculo de áreas de captação; Determinação de pontos de consumo e dimensionamento de reservatórios; Propostas de captação de água pluvial e Análise de Resultados.

### 3.2 PROCEDIMENTOS

O encaminhamento metodológico da pesquisa apresenta-se na Figura 14 em três etapas

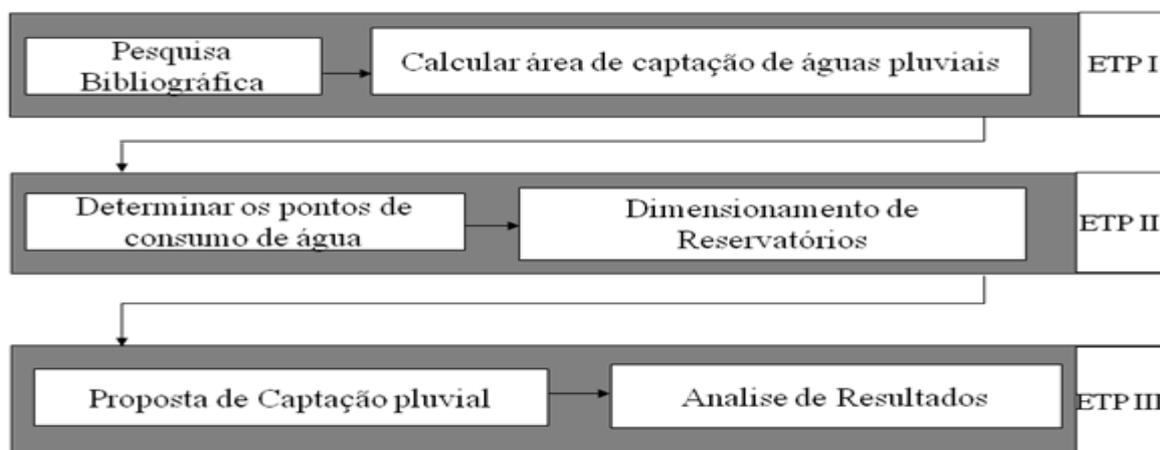


Figura 14 - Delineamento da pesquisa

Fonte: SILVA DE SÁ, 2004

ETP I: foi realizada uma pesquisa bibliográfica quanto ao uso de águas pluviais; do cálculo da área de captação de águas pluviais e posteriormente foi realizado um estudo estatístico das precipitações em milímetros na cidade de Manaus-AM.

ETP II: Determinação e quantificação dos pontos de consumo de água e dos métodos de dimensionamento de reservatórios considerando dados da edificação como a área de captação de água disponível, a precipitação pluviométrica na localidade e o estudo do consumo mensal para obter estimativas quanto a economia gerada através do sistema de captação.

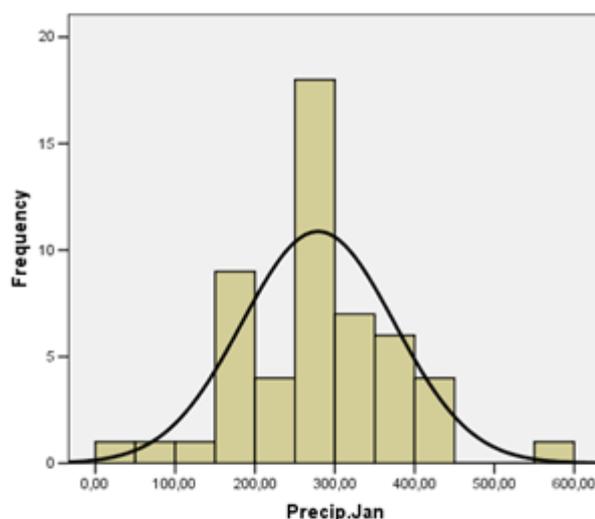
ETP III: Nesta fase deve ser realizada a proposta de captação adequada para a instituição finalizando a proposta do sistema de captação de águas de chuva com à análise de resultados para a dissertação.

Realizou-se um estudo nesta escala crescente de contextos mais precisamente no IFAM-CMC. Foram utilizados dados de precipitação da chuva em milímetros (mm) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da capital do estado.

Um estudo estatístico das precipitações pluviométricas é apresentado para dar apoio a decisões de projeto de um sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva relacionando o volume de água que pode ser captado na estrutura de telhado da instituição em Manaus utilizando dados do INMET Estação: MANAUS - AM (OMM: 82331) , Latitude: -3.1°, Longitude: -60.01°, Altitude: 61.25m no período de 01/01/1961 a 29/12/2012. Como a Região Amazônica apresenta precipitação média de 2300 mm anuais. Sabe-se, contudo, que esse valor não é uniforme, apresentando variações entre as porções oriental, central e ocidental da região (NASCIMENTO *et al.*, 2009).

### 3.3 ESTUDO ESTATÍSTICO DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

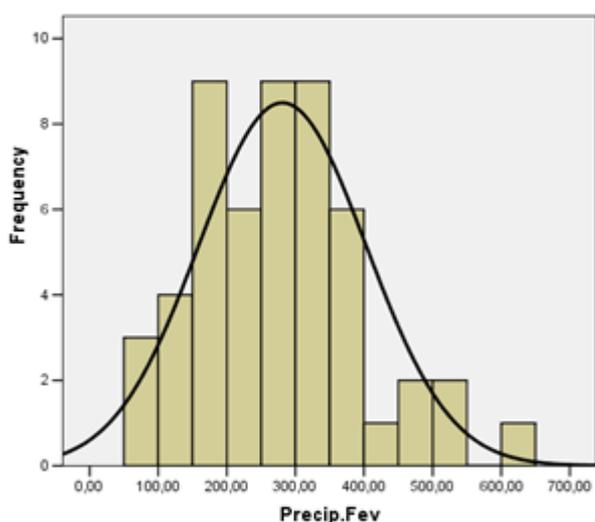
Utilizando o intervalo de confiança para todos os meses dos anos no período de 1961 a 2012, foi possível aproximar a distribuição das precipitações para uma distribuição de Gauss com limite inferior e superior para cada mês com 95% de probabilidades de ocorrência de precipitações na cidade de Manaus APENDICE I conforme Gráfico 1 ao Gráfico 13 a seguir:



Precipitações em (mm) mês de Janeiro

CLASSE	FREQUÊNCIA
33	3
110	6
187	8
263	23
340	10
417	1
494	1
571	1
Média= 279	
Mediana= 286	
Moda= 305	
Desvio padrão= 95	
Mínimo= 33	
Máximo= 571	
Total de anos = 52	

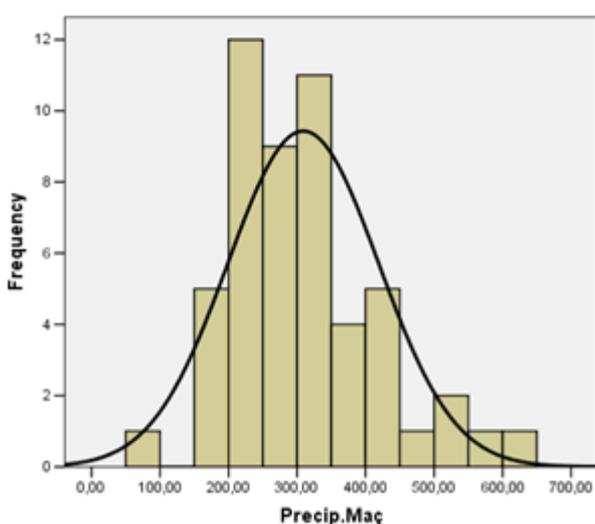
Gráfico 1 – Estatística para o mês de Janeiro



Precipitações em (mm) mês de Fevereiro

CLASSE	FREQUÊNCIA
78	8
155	11
232	12
309	13
386	4
463	1
540	3
617	3
Média= 281	
Mediana= 269	
Moda= 317	
Desvio padrão= 122	
Mínimo= 78	
Máximo= 617	
Total de anos = 52	

Gráfico2 -Estatística para o mês de Fevereiro



Precipitações em (mm) mês de Março

CLASSE	FREQUÊNCIA
60	1
141	10
223	18
305	12
387	7
469	2
551	2
633	2
Média= 309	
Mediana= 295	
Moda= 797	
Desvio padrão= 110	
Mínimo= 60	
Máximo= 633	
Total de anos = 52	

Gráfico 3 - Estatística para o mês de Março

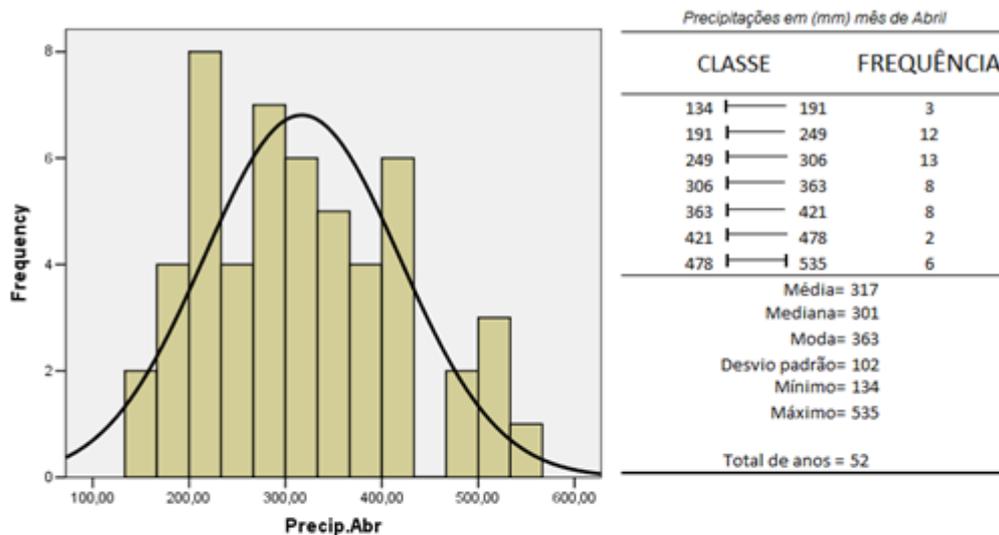


Gráfico 4 Estatística do mês de Abril

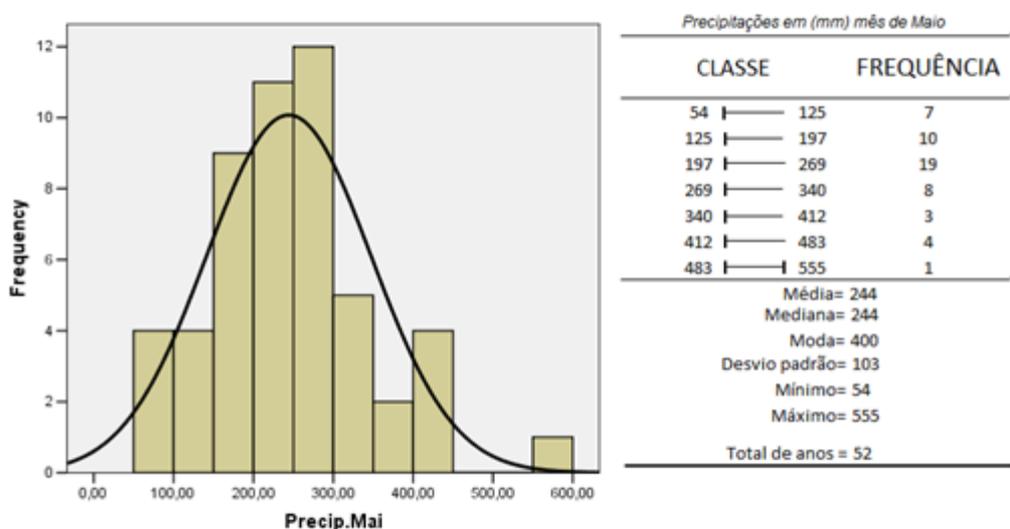


Gráfico 5 - Estatística do mês de Maio

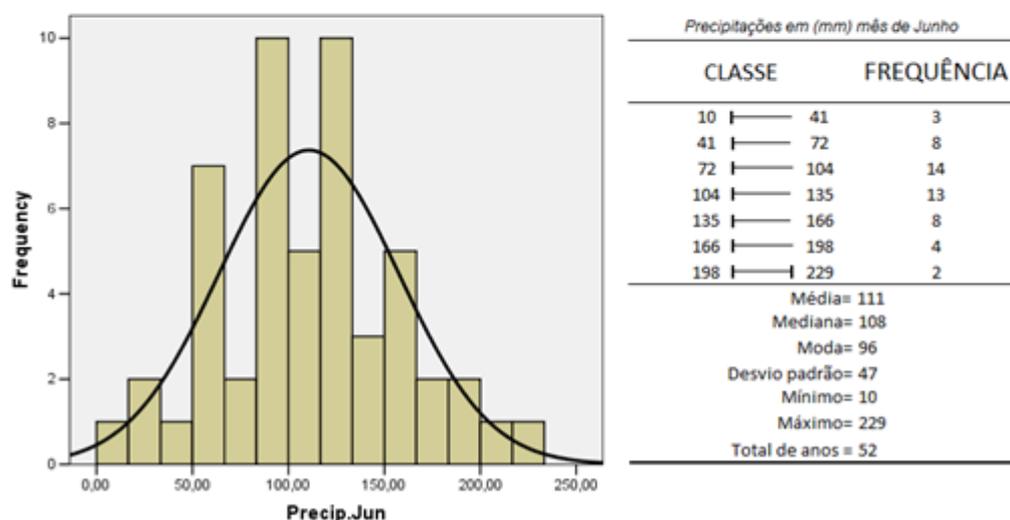


Gráfico 6 - Estatística do mês de junho

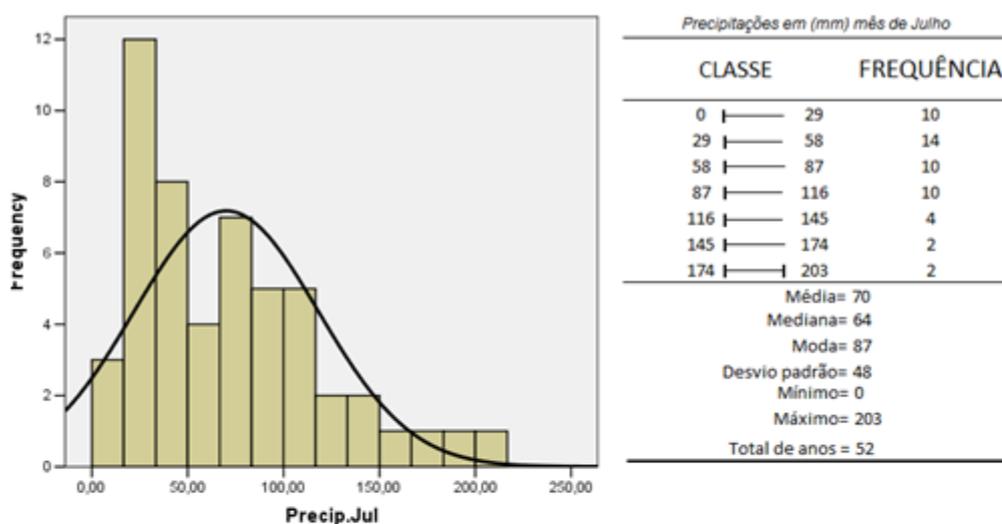


Gráfico 7 Estatística do mês de Julho

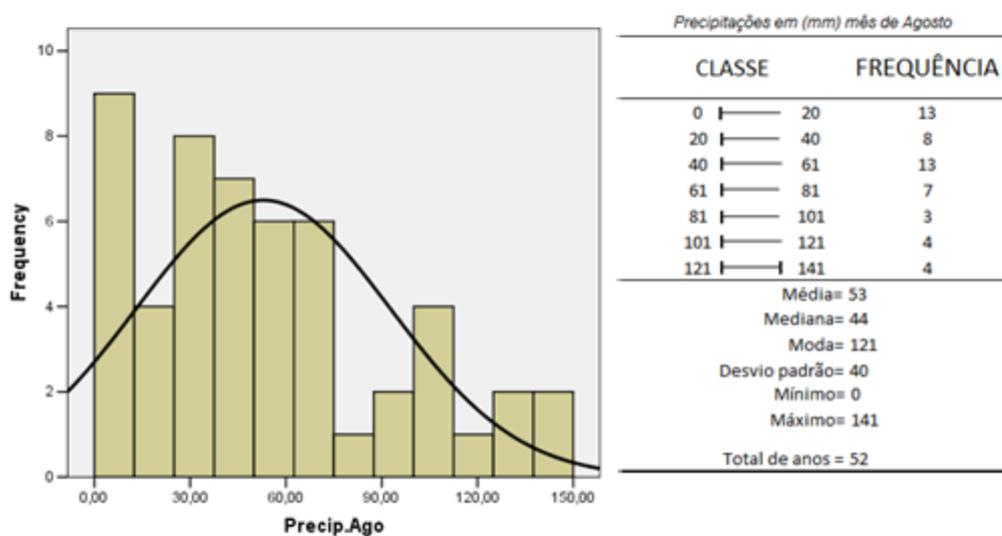


Gráfico 8 Estatística do mês de Agosto

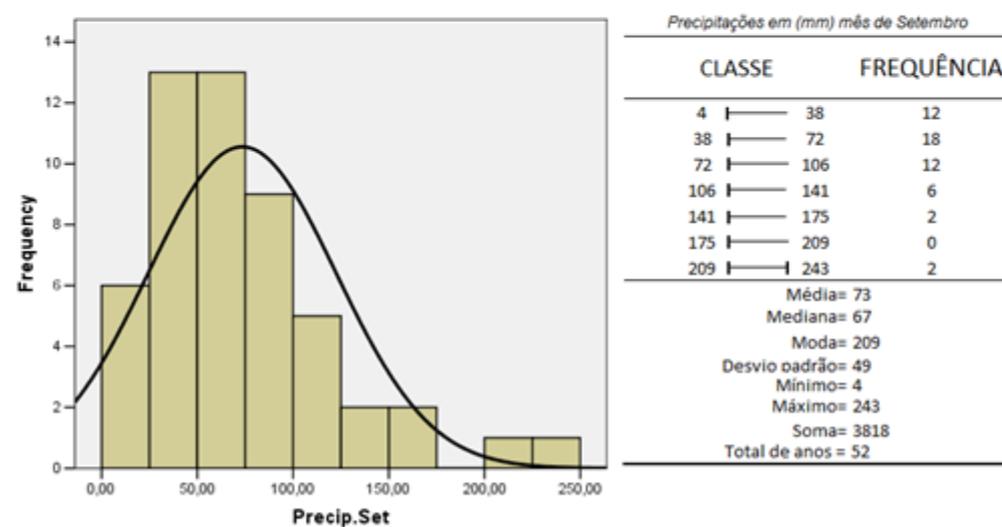


Gráfico 9 Estatística do mes de Setembro

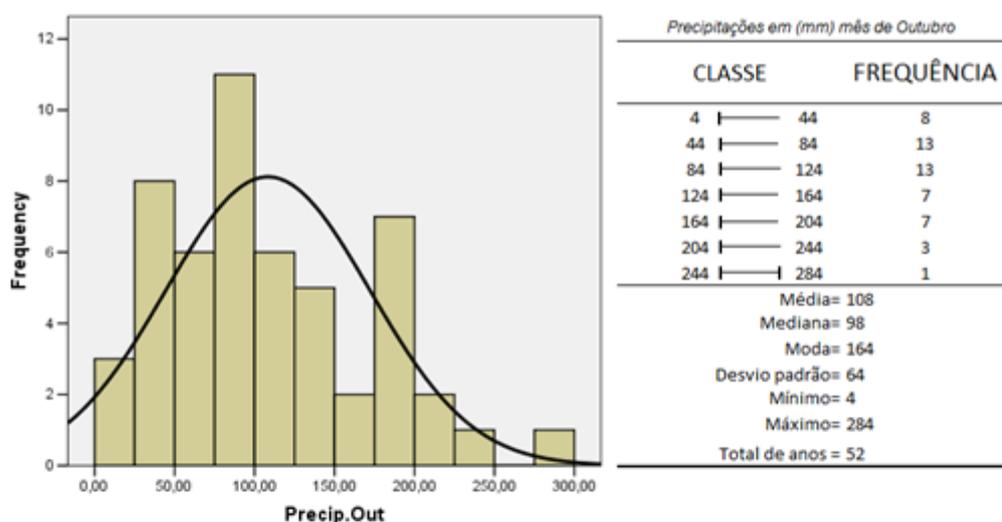


Gráfico 10 Estatística do mês de Outubro

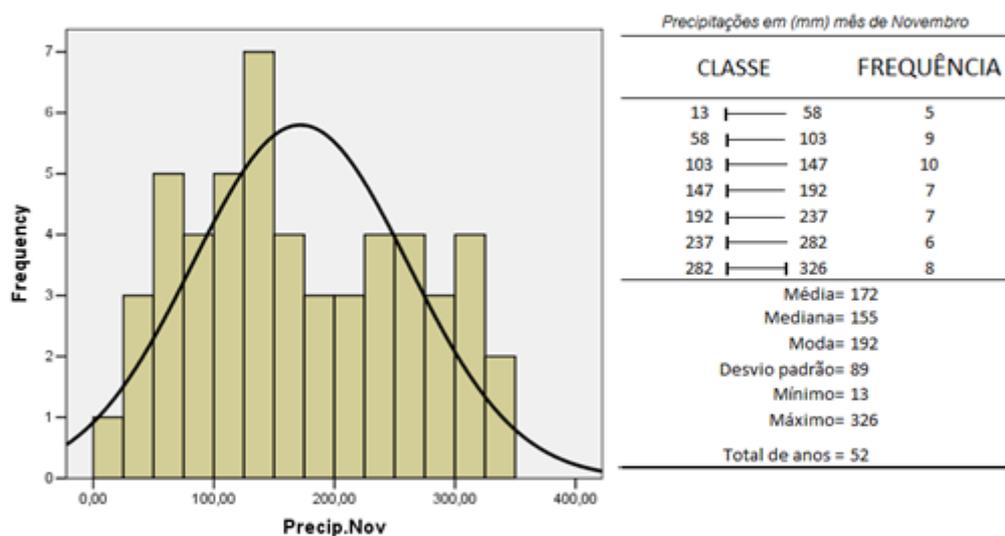


Gráfico 11 Estatística do mês de Novembro

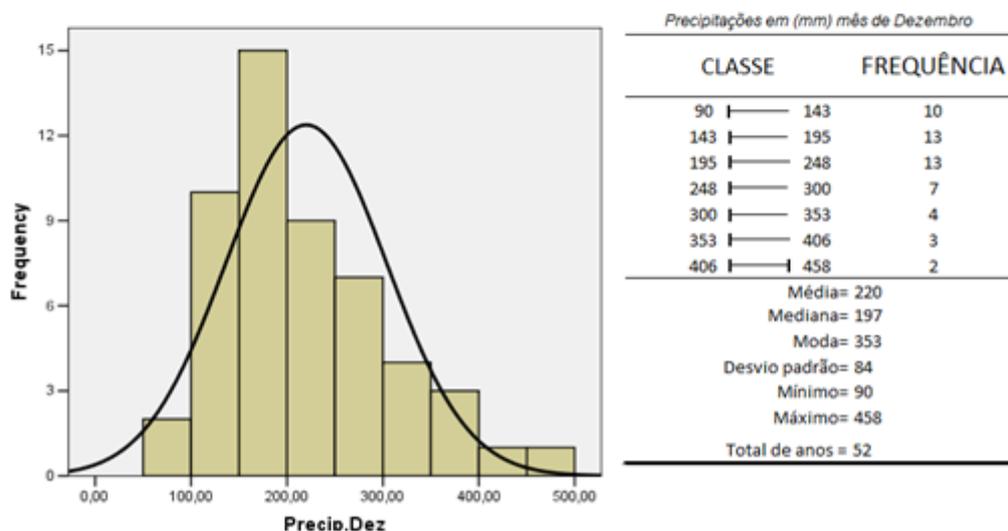


Gráfico 12 Estatística do mês de Dezembro

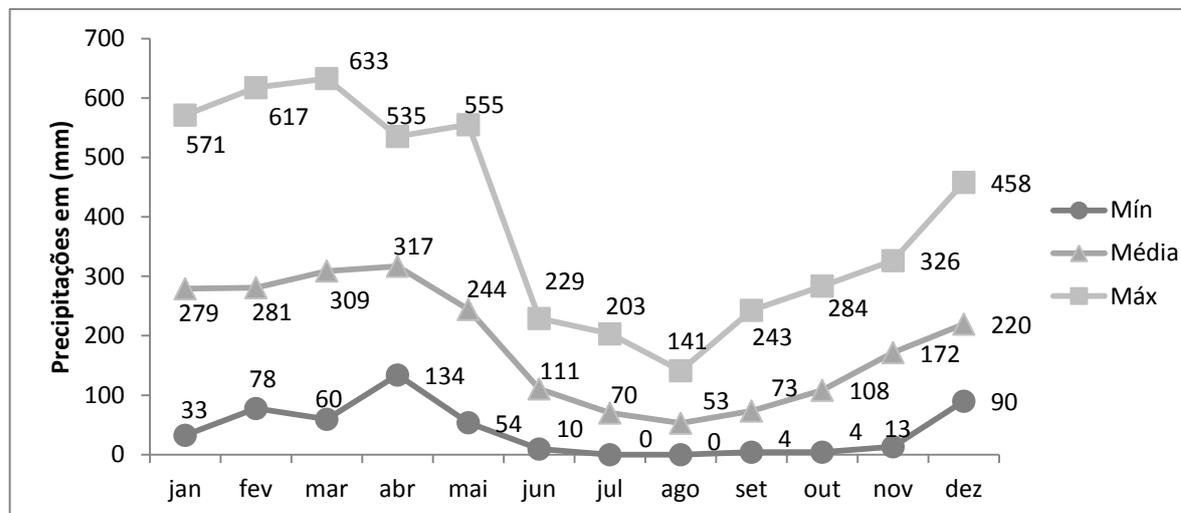


Gráfico 13 – Precipitações dos meses de Janeiro a Dezembro

Fonte: o Autor

### 3.4 CÁLCULO DO VOLUME DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA INSTITUIÇÃO

Estimativa de uso do lavatório é equivalente a 1 litro de água; Descarga= 6 litros; Mictório=1 litro. Considerando todos os pontos de consumo para o cálculo do consumo para 20 dias úteis e dois acionamentos diários.

Tabela 04 - VOLUME DE ÁGUA PARA CONSUMO

Consumo = (( Lavatório x 1 litro) + (Vaso x 6 litros) + (Mictórios x 1 litro)) x 2 x 20 =  
Total geral 28 360 litros/mês = 28,36 m<sup>3</sup>/mês

Lavatórios	Vasos	Mictórios	Consumo (m <sup>3</sup> )
84	99	31	28,36

Fonte: o autor

### 3.5 DETERMINAÇÃO DE ÁREA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA

Os sistemas de aproveitamento da água de chuva, as diretrizes de projeto e dimensionamento de reservatórios estão descritas na norma brasileira – NBR 15.527 – água da chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, publicada em 24.10.2007 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Portanto, a sua aplicação procede para usos não potáveis em que a água de chuva pode ser utilizada após tratamento adequado.

As edificações do IFAM-CMC são semelhantes com características próximas a estas serão identificadas agora Figuras 15 a Figura 27.



Figura 15-Área de captação 6 Lateral



Figura 16 - Área de captação 6 Frente



Figura 17 – Água da chuva Edificação 12



Figura 18–Conexões de saída de água

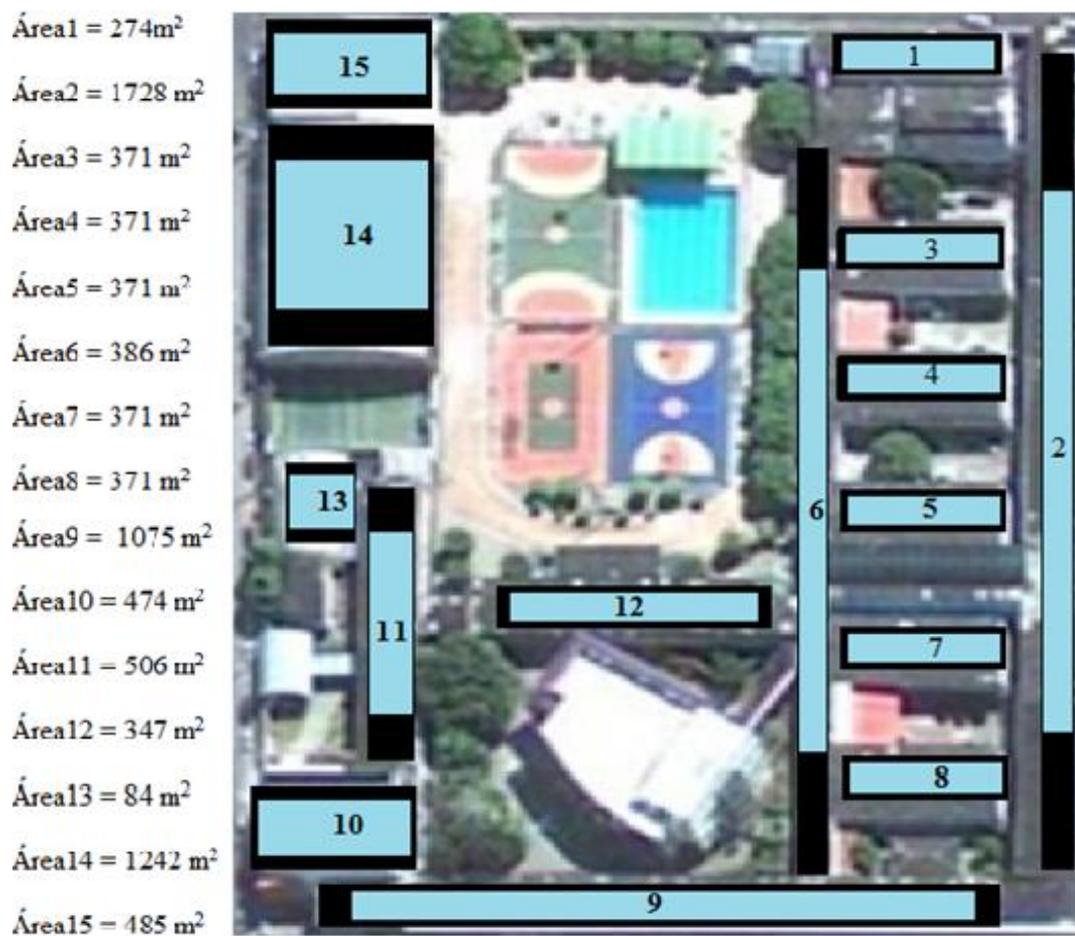


Figura 19- Captação de água de chuva no IFAM-CMC

Fonte: Google Earth adaptado pelo autor



Figura 20 – Bombas elevatórias



Figura 21 – Registro do tanque inferior



Figura 22 – Segundo reservatório



Figura 23– Reservatório superior



Figura 24 - Registros de controle



Figura 25 – Mangueiras para incêndio



Figura 26 – Conexões para banheiros



Figura 27– Jardim

A determinação da demanda, bem como os estudos das séries históricas ou sintéticas e a escolha foi baseada no fato desta edificação serem semelhantes a outras com mesmas características de projeto, além da edificação de número 5 encontram-se as de número 3, 4, 7, 8, somando 5 vezes o volume de água captada na área estudada. Considerando também que a área total com instalação de calha têm um total de 8456 m<sup>2</sup> com a menor área de 84 m<sup>2</sup> e a maior de 1728 m<sup>2</sup>.

No IFAM-CMC em suas instalações prediais encontra-se uma caixa d'água para 15m<sup>3</sup>e uma cisterna de aproximadamente 36 m<sup>3</sup>. Conforme Figura 28 a Figura 31.

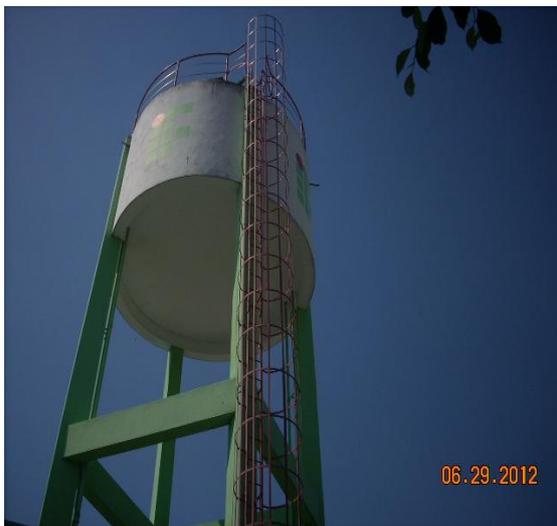


Figura 28 -Caixa d'água de 15 m<sup>3</sup>



Figura 29 – Vista interna da cisterna 36 m<sup>3</sup>



Figura 30 -Conexão interna para caixa d'água

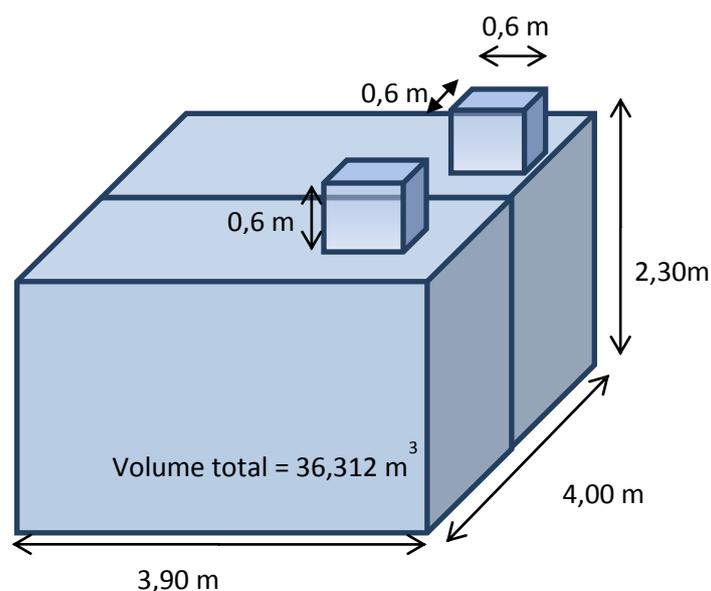


Figura 31 - Cisterna com dois reservatórios

### 3.6 DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA “I”

Para fins de dissertação, foi feita a partir da fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno. Tomou-se como base dados pluviométricos locais consultando a Tabela 5 da ABNT 10844/1989, no caso de Manaus –AM tem-se 3 valores para cada período de retorno deve ser fixado segundo as características da área a ser drenada, obedecendo ao estabelecido a seguir:

Tabela 05 – DADOS PARCIAIS DO ANEXO ABNT 10844/1089

Chuvas Intensas no Brasil (Duração - 5 min)			
Local	Intensidade pluviométrica (mm/h) Período de retorno (anos)		
	1	5	25
Manaus – AM	I = 138	I = 180	I = 198

Fonte: ABNT 10844/1989

A duração de precipitação deve ser fixada em  $t = 5\text{min}$ . Se forem conhecidos, com precisão, valores de tempo de concentração e houver dados de intensidade pluviométrica correspondentes, estes podem ser utilizados. Isto é permitido quanto a outros valores de período de retorno para obras especiais. Para construção até  $100\text{ m}^2$  de área de projeção horizontal, salvo casos especiais, pode-se adotar:  $I = 150\text{ mm/h}$ .

No caso do IFAM-CMC fez-se necessário o cálculo da área de captação pois ela é maior que  $100\text{m}^2$  para uma edificação.

O volume que o reservatório de água de chuva deve comportar pode ser a questão mais importante referente ao sistema. De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), existem vários métodos para encontrar esse volume, podendo ser citados os Métodos de Azevedo Neto, de Rippl, da Simulação, o Prático Inglês, entre outros. Neste trabalho, foram utilizados dois dos métodos descritos nessa norma: o Método de Azevedo Neto e o Método Prático Inglês. Segundo recomendações de FENDRICH (2002), o Método Prático Inglês é a forma mais adequada para dimensionar o reservatório de água de chuva, pois está baseado no aproveitamento da chuva média anual do local. (OURIQUES e BARROSO, 2009).

### 3.7 MÉTODOS DE CAPTAÇÃO

Existem vários métodos de captação que foram estudados neste trabalho.

#### 3.7.1 MÉTODO DE RIPPL (ANALÍTICO)

É um método de cálculo do volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico observado.

Neste método, o volume de água que escoar pela superfície de captação é subtraída da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo. A máxima diferença acumulada positiva é o volume do reservatório para 100% de confiança. (SCHILLER; LATHAN, 1982).

Este método foi proposto também por Tomaz em 2003. Assim “*Existem duas maneiras de se usar o método de Rippl para demanda constante o método analítico e o método gráfico.*” (TOMAZ, 2003).

“O método de Rippl geralmente super dimensiona o reservatório, mas é bom usá-lo para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação. (TOMAZ, 2003)

Geralmente se usa uma série histórica de precipitações mensais, o mais longo possível para se aplicar o método de Rippl.

Dimensionamento de reservatórios pelo método de Rippl para demanda constante de 9,24 m<sup>3</sup>/mês usando as chuvas médias mensais na cidade de Manaus – AM para uma área de telhado de 100 m<sup>2</sup>.

Tabela 6- CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO COM ÁREA DE CAPTAÇÃO DE 100 m<sup>2</sup>

Col.1	Col.2	Col.3	Col.4	Col.5	Col.6	Col.7	Col.8
Jan	279	9,24	100	22	-13,09	0	E
Fev	281	9,24	100	22	-13,23	0	E
Abr	317	9,24	100	25	-16,12	0	E
Mai	244	9,24	100	20	-10,3	0	E
Jun	111	9,24	100	9	0,39	0,39	S
Jul	70	9,24	100	6	3,64	4,02	S
Ago	53	9,24	100	4	5,01	<b>8,64</b>	S
Set	73	9,24	100	6	3,37	8,37	D
Out	108	9,24	100	9	0,57	3,94	D
Nov	172	9,24	100	14	-4,5	0	E
Dez	220	9,24	100	18	-8,33	0	E
Total	2237	2208		179			

Fonte: (TOMAZ, 2003)

Este quadro foi baseado nas informações de Plínio Tomaz com dados adaptados do IFAM-CMC.

Col 1 – Período de tempo considerado;

Col 2 - Chuva Média Mensal (mm);

Col 3 - Demanda constante mensal (m<sup>3</sup>);

Col 4 - Área de captação(m<sup>2</sup>);

Col 5 - Volume de chuva mensal(m<sup>3</sup>);

Col6 – Diferença da demanda - volume de chuva(m<sup>3</sup>);

Col 7 – Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m<sup>3</sup>);

Col 8 – E = Água no extravasou; D = nível baixando; S = nível subindo.

O resultado para este método corresponde ao valor máximo do volume positivo reservado que é de 8,64 m<sup>3</sup>.

### 3.7.2 MÉTODO DE RIPPL (GRÁFICO)

O resultado para este método apresenta duas curvas, a primeira apresenta o volume de chuva acumulada de janeiro a dezembro e a segunda o volume de demanda acumulada de janeiro a dezembro.

TABELA 07 – DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO: MÉTODO GRÁFICO DE RIPPL

Mês	Vol. chuva acumulada	Vol. de demanda acumulada
Jan	22,3	9,24
Fev	44,8	18,48
Mar	69,5	27,72
Abr	94,9	36,96
Mai	<b>114,4</b>	46,20
Jun	123,3	55,44
Jul	128,9	64,68
Ago	133,1	73,92
Set	139,0	83,16
Out	<b>147,7</b>	92,40
Nov	161,4	101,64
Dez	179,0	110,88

Fonte: TOMAZ, 2003

Os valores em negrito correspondem os limites pluviométricos, inferior e superior, da água de chuva acumulado e também considerando as retas paralelas que devem ser traçadas ao gráfico da demanda acumulada, ver Gráfico 14.

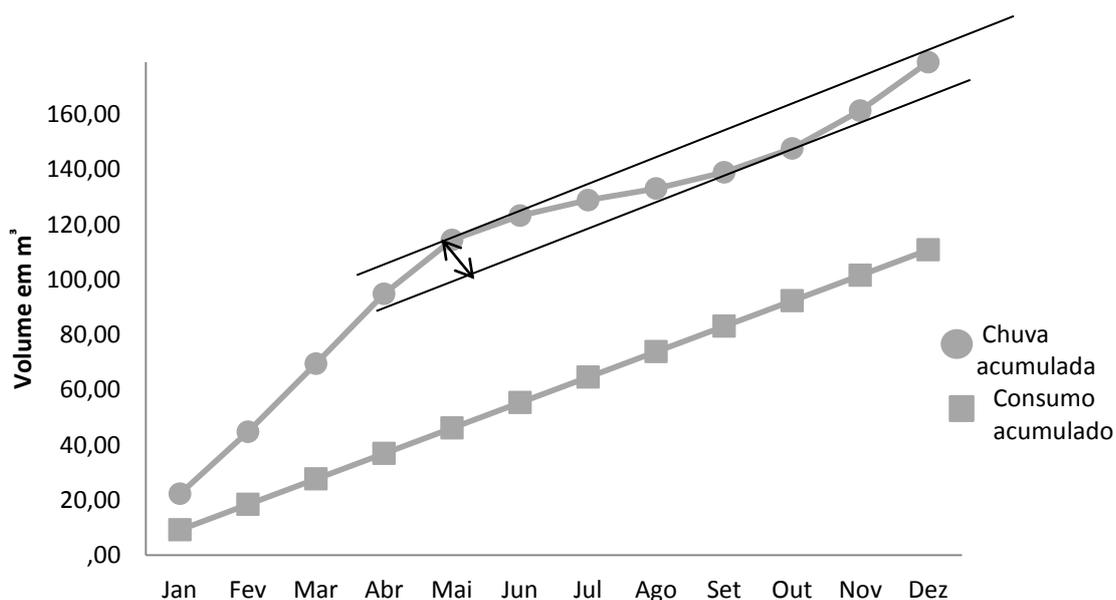


Gráfico 14 - Método de Rippl

Fonte: Tomaz, 2003

No gráfico da chuva acumulada são traçadas duas retas paralelas a curva de consumo acumulado a diferença dos limites máximos e mínimos corresponde ao volume do reservatório.

Analisando o gráfico é achada a diferença das captações nos meses de Outubro e maio:  
 Volume interno do reservatório =  $147,7 - 114,4 = 33,3 \text{ m}^3$ .

### 3.7.3 MÉTODO AZEVEDO NETO

Obtêm-se o volume do reservatório de água pluvial por meio da equação:

$$V_{an} = 0,0042 \times P_a \times A \times T \quad (1)$$

Onde:

$V_{an}$  = volume do reservatório (litros);

$P_a$  = precipitação pluviométrica anual média (mm/ano = litros/  $\text{m}^2$  por ano);

$A$  = área de captação ( $\text{m}^2$ );

$T$  = número de meses de pouca chuva ou seca.

### 3.7.4 MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

É um método empírico, segundo o qual se toma o menor entre os seguintes valores para o volume do reservatório: 6% do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V \text{ adotado} = \text{mínimo entre (V e D)} \times 0,06 \quad (2)$$

Onde:

V = volume anual de precipitação aproveitável (Litros);

D = demanda anual de água não potável (Litros).

### 3.7.5 MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

É um método empírico apresentado na NBR 15527 (ABNT, 2007):

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (3)$$

Onde:

P = precipitação média anual (mm);

A = área de coleta em projeção (m<sup>2</sup>);

V = volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L).

### 3.7.6 MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO

$$Q = (A \times C \times (P - 1))/1000 \quad (4)$$

Onde:

C = Coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,8;

$P$  = precipitação média mensal (mm);  $I$  = Intercepção da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, é de 2 mm;  $A$  = área de coleta ( $m^2$ );  $Q$  = volume mensal produzido pela chuva ( $m^3$ );

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores de confiança e volume do reservatório.

$$V(t) = V(t-1) + Q_t - Dt \quad (5)$$

Onde:  $Q(t)$  = volume mensal produzido pela chuva no mês  $t$  ( $m^3$ );

$V(t)$  = volume de água no fim do mês  $t$  ( $m^3$ );

$V(t-1)$  = volume de água no início do mês  $t$  ( $m^3$ );

$Dt$  = demanda mensal ( $m^3$ ).

### 3.8 CALCULO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO CONSIDERANDO A NBR 10844 /89

No cálculo da área de contribuição, considerar-se os fatores de inclinação da cobertura e das paredes que interceptem água de chuva e também deva ser drenada pela cobertura, Figura 32.

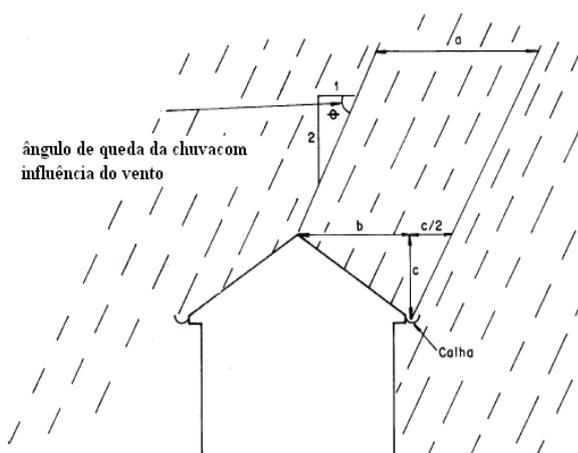


Figura 32 –Influência do vento na inclinação da chuva

Fonte NBR 10844/1989

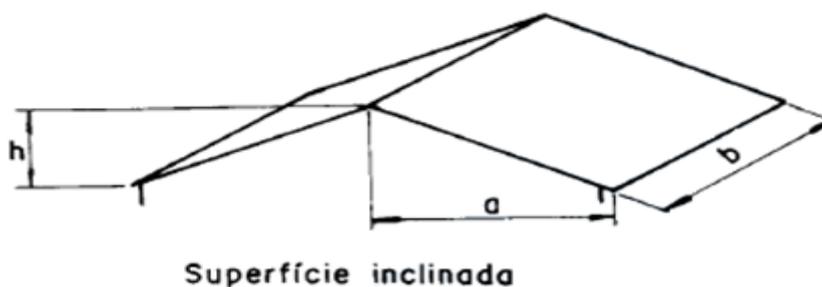


Figura 33 -Cálculo do valor da área de contribuição (A) em m<sup>2</sup>

Fonte NBR 10844/1989

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) b \quad (6)$$

### 3.9 DETERMINAÇÃO DE ÁREA DAS EDIFICAÇÕES COM USO DE AUTOCAD

Quando a instituição tem disponível a planta baixa das áreas de captação de água da chuva adotou-se a medição com uso do comando AREA do software AutoCAD:

O comando AREA é uma ferramenta para calcular a Área e o perímetro de figuras em tela gráfica. Para obter o valor de uma determinada área podemos seguir os passos do comando área: Área = 371, Perimeter = 84.9902

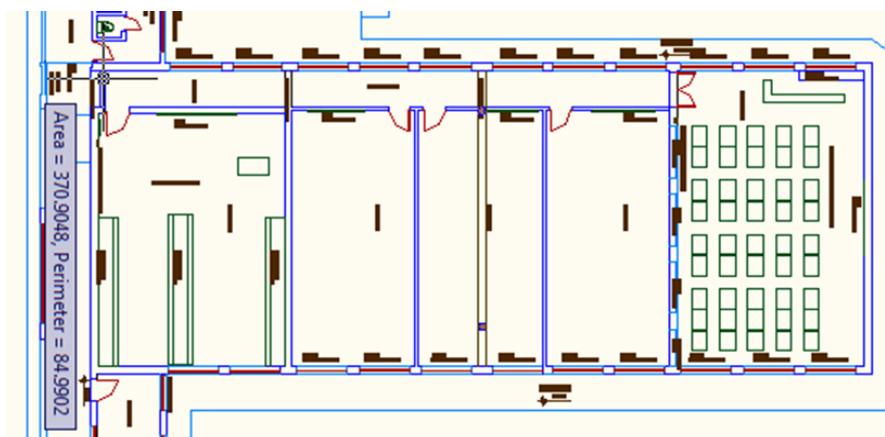


Figura 34-Planta baixa da Edificação nº 5

Fonte: IFAM-CMC

### 3.10 CÁLCULO DA VAZÃO DA EDIFICAÇÃO CONFORME A NBR 10844/89

A vazão de projeto deve ser calculada pela fórmula:

$$Q = \frac{I.A}{60} \quad (7)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em l/min (litros por minuto)

I = intensidade pluviométrica, em mm/h (milímetro por hora)

A = área de contribuição, em m<sup>2</sup> (metro quadrado)

Para calcular os resultados da equação 7 foram feitas as seguintes considerações:

O tempo de retorno escolhido foi o de 25 anos;

Intensidade pluviométrica I = 198 mm/h mostrado na tabela 1e calculo da área A.

$$Q = \left( \frac{198 \times 371}{60} \right) = 1224,3 \text{ litros/min}$$

Esta vazão corresponde ao valor  $Q_1 = 20,4$  litros/segundo. As projeções quanto ao potencial de volume de água que pode ser captado na instituição, lembrando que este valor é para o tempo de 5 minutos de chuva intensa, pode ser multiplicado pelas áreas restantes das edificações que já possua sistema de calha instalado.

Outro exemplo de cálculo do volume de água pluvial é recomendado na revista UNIFEBE por (TOMAZ, 2005) utilizando a seguinte fórmula:

$$Q = i A \quad (8)$$

Onde:

i= intensidade pluviométrica de chuva do ano anterior

A= área (m<sup>2</sup>)

Portanto, se utilizar toda a área do telhado e considerar que a média mensal de chuvas em 2012 foi de 0,178 m pode-se chegar no seguinte resultado:

$$Q = i A = 0,178 \times 371 = 66 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Onde:

$$i = P$$

$$A = S$$

Para o cálculo da vazão na dissertação foi utilizada a seguinte fórmula proposta por: (MACINTYRE, 1990).

$$Q = \frac{S.P}{3600} = \quad (9)$$

Onde: **S**= área e **P** = precipitação

Apresentando o resultado do cálculo da equação (4) Temos:

$$Q = \frac{371 \text{ m}^2 \times 0,178 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 0,0183 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerando este resultado do cálculo da vazão  $Q = 0,0183 \text{ m}^3/\text{s}$  e considerando uma precipitação de 5 minutos chegou-se no valor de volume total de água captação de aproximadamente 5,49 metros cúbicos para cada área de  $371 \text{ m}^2$ .

Desse modo pode-se também calcular os valores mínimos e máximos do volume de captação em cobertura de  $371 \text{ m}^2$  de água pluvial mensal.

Observando no gráfico 13, o mês de janeiro o valor mínimo de captação é de 33 mm e o máximo é de 571 mm, com a previsão de captação do volume de água em uma área de  $371 \text{ m}^2$  entre  $44 \text{ m}^3$  a  $763 \text{ m}^3$ , os valores na cor vermelha deve ser considerado o limite inferior, igual a zero é o que ocorre nos meses de julho e agosto.

Desse modo pode-se também calcular os valores mínimos médios e máximos do volume de captação em cobertura de  $371 \text{ m}^2$  de água pluvial mensal.

### 3.11 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO IFAM-CMC - METODOLOGIA

Para esse estudo, deve-se consultar e coletar dados baseado em:

- ✓ Área de cobertura e Intensidade pluviométrica;
- ✓ Per capita médio "q";
- ✓ Custo do consumo de água potável com abastecimento pela companhia local;

- ✓ Custo de instalação do sistema de captação;
- ✓ Cálculo capacidade de captação de cada área disponível;
- ✓ Consultar consumo de água em descargas de bacias sanitárias, chuveiros e lavagens em geral no Brasil;
- ✓ A população total da Instituição;
- ✓ Estimativa de consumo em 3 períodos diários de atividades;
- ✓ Consumo de água potável mensal

### **3.11.1 ÁREA DE COBERTURA E INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA**

Considerando a Área de cobertura e Intensidade pluviométrica, podemos usar a Equação 7 na seção 3.10 que teve resultado de, aproximadamente,  $66 \text{ m}^3/\text{mês}$ , ou seja, 66.000 litros/mês. Por sua vez, a determinação dessas vazões implica no conhecimento da demanda de água na localidade, que é função do número de habitantes a serem atendidos e do consumo per capita.

### **3.11.2 CÁLCULO CAPACIDADE DE CAPTAÇÃO DE CADA ÁREA DISPONÍVEL**

O APENDICE III deste trabalho é mostrado resultados de cálculos do potencial de captação de águas pluviais ao longo do ano considerando todas as quinze (15) áreas de captação disponível.

### **3.11.3 DETERMINAÇÃO DE VALORES PER CAPITA MÉDIO “q”**

A relação entre o volume de água distribuído na comunidade e a população consumidora (inclui demandas comercial, pública, de indústrias que não consomem volume significativo de água no seu processamento e perdas). Na elaboração de projetos de sistemas de abastecimento, caso não haja estudos preliminares que indiquem valores específicos, é frequente o emprego de per capita médios nos seguintes intervalos:

TABELA 8 ESTIMATIVA DE CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL

Se $P \leq 10\ 000$ habitantes $\rightarrow 150 < q < 200$ l/hab.dia;
Se $10\ 000 \leq P \leq 50\ 000$ habitantes $\rightarrow 200 < q < 250$ l/hab.dia;
Se P for superior a 50 000 habitantes $\rightarrow q_{\text{mín}} = 250$ l/hab.dia;
População temporária $\rightarrow q = 100$ l/hab.dia;
Chafariz $\rightarrow q = 30$ l/hab.dia

Fonte:(MEDEIROS FILHO 2009)

De acordo com Medeiros, o consumo médio de água de uma população inferior a 10.000 habitantes é de  $150 \leq q \leq 200$  l/hab.dia e de uma população temporária é igual a 100 l/hab.dia.

A média de consumo brasileiro é de 160 litros/dia x habitante e, como pode ser verificado na tabela 9.

TABELA 9 TIPOS DE USOS E PORCENTAGEM DE UTILIZAÇÃO DE CONSUMO INTERNO

Tipos de usos de água	Porcentagem	Consumo residencial no Brasil supondo média mensal de
Descarga de bacia sanitária	27%	43
Chuveiro	17%	27
Lavagem de roupa	22%	35
Vazamento em geral	14%	22
Lavagem de pratos	2%	3
Consumo nas torneiras	16%	26
Outros	2%	3

Fonte: adaptado de Vickers, 2001

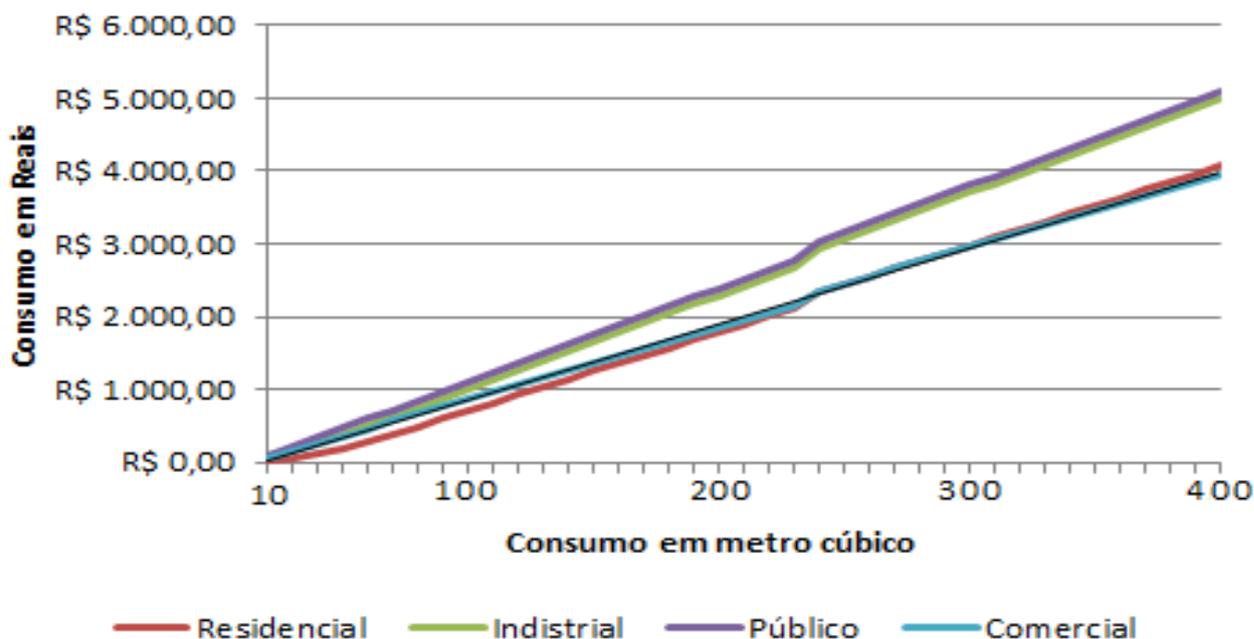
Mostra que a economia de água potável seria de 27% se utilizarmos água de chuva apenas nas descargas de bacias sanitárias.

Outra maneira de consulta pode ser adotada a Tabela de Estimativas de Consumo Predial Médio Diário da SABESP ANEXO II onde encontramos o valor de 50 per capita para Escolas com até 3 períodos. Esta última referência é a que melhor representou o consumo per capita no IFAM-CMC.

### 3.11.4 CUSTO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL COM ABASTECIMENTO PELA COMPANHIA LOCAL

Fazendo algumas considerações podemos realizar cálculos de estimativa de consumo seguindo o procedimento a seguir:

- ✓ A população total da Instituição indicada na Tabela 02
- ✓ Estimativa de consumo em 3 períodos diários de atividades
- ✓ Valor de 50 per capita para um terço da população (1/3)
- ✓ 10% de 1/3 da população
- ✓ Consumo de água potável mensal



Com os valores de consumo de água potável mensal é mostrado na Figura 36,.

Gráfico 15 - Estimativa de consumo de água potável

Fonte : o autor

Considerando a população total da instituição de 3938 pessoas, Tabela 02, podemos fazer uma estimativa de consumo em 3 períodos diários de atividades com o valor de 50 per capita para um terço da população (1/3) que corresponde a 1300 pessoas/período. O consumo de água potável estimado para esta população é de 6.498,00 litros, aproximadamente 6,5 m<sup>3</sup>/período/dia. Considerando os três (3) períodos diários e vinte (20) dias úteis o consumo de água potável na IFAM-CMC 389.862 litros ou aproximadamente 390 m<sup>3</sup> que corresponde a um custo mensal de R\$ 4.955,80.

### 3.11.5 CUSTO DE INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO

O Sistema de captação de águas pluviais que melhor representa a proposta é o sistema mostrado na Figura 35 .

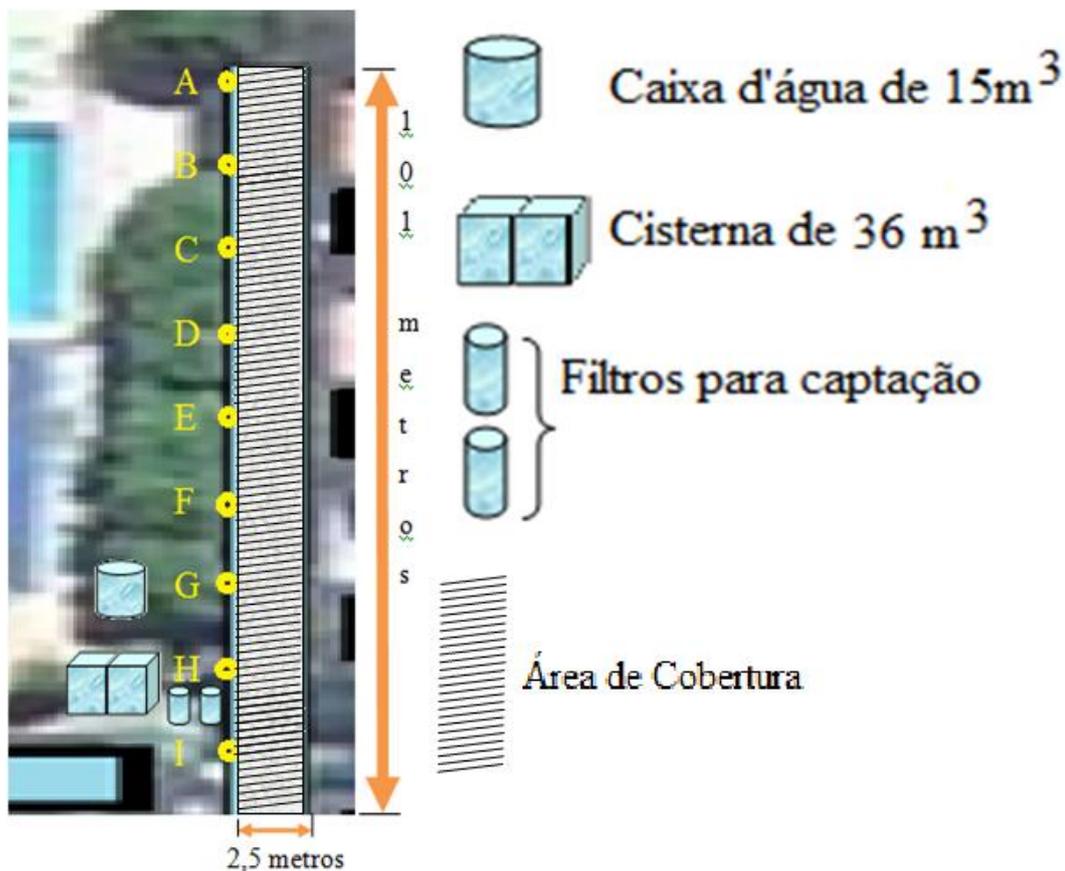


Figura 35 - Localização da instalação do sistema de captação de águas pluviais. Fonte: O Autor

TABELA 10 OS CUSTOS ENVOLVIDOS NA CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.

Componentes	Unid.	Quant	Valor Unit.	Valor
101 metros de condutores horizontais 100 mm	pç	17	R\$ 20,00	R\$ 340,00
Uma conexão de joelho PVC 100 mm	pç	1	R\$ 6,00	R\$ 6,00
Oito conexões em T PVC 100 mm	pç	8	R\$ 6,00	R\$ 48,00
Filtro para a água pluvial captada	um	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Bomba elevatória	um	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Conexões de ¾ de polegada	pç	2	R\$ 10,00	R\$ 20,00
Troca da cobertura para telhas metálicas	metro	101	R\$ 18,00	R\$ 1.818,00
Troca de componentes após vida útil	um	um	R\$ 310,00	R\$ 2.482,00
Mão de Obra	um	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
			TOTAL	R\$ 5.964,00

Fonte: o autor

### 3.11.6 RETORNO DO INVESTIMENTO , METODOLOGIA

O cálculo de retorno pode ser adotado memoriais de cálculos visto no ANEXO IV utilizando dois métodos.

O Método 1 faz uso da equação 10

$$Ri = \frac{c}{ci \times Q} \quad (10)$$

O método 2 é baseado na fórmula dos juros compostos utilizando o software Excel.

#### 4. ANALISE DE DADOS

A média anual de precipitações pluviométricas apresenta valores em torno de 2.286 mm (SILVA *et al.*, 2010) a 2300 mm segundo (NASCIMENTO *et al.*, 2009)., nesta dissertação o valor médio anual de precipitações foi de 2.237 mm considerando a série histórica dos últimos 52 anos fornecidos pelo INMET. É mostrado a seguir a evolução das precipitações em mm (milímetros) nos últimos cinquenta e dois anos (52 anos) de 1961 a 2012 divididos em 13 anos para cada gráfico.

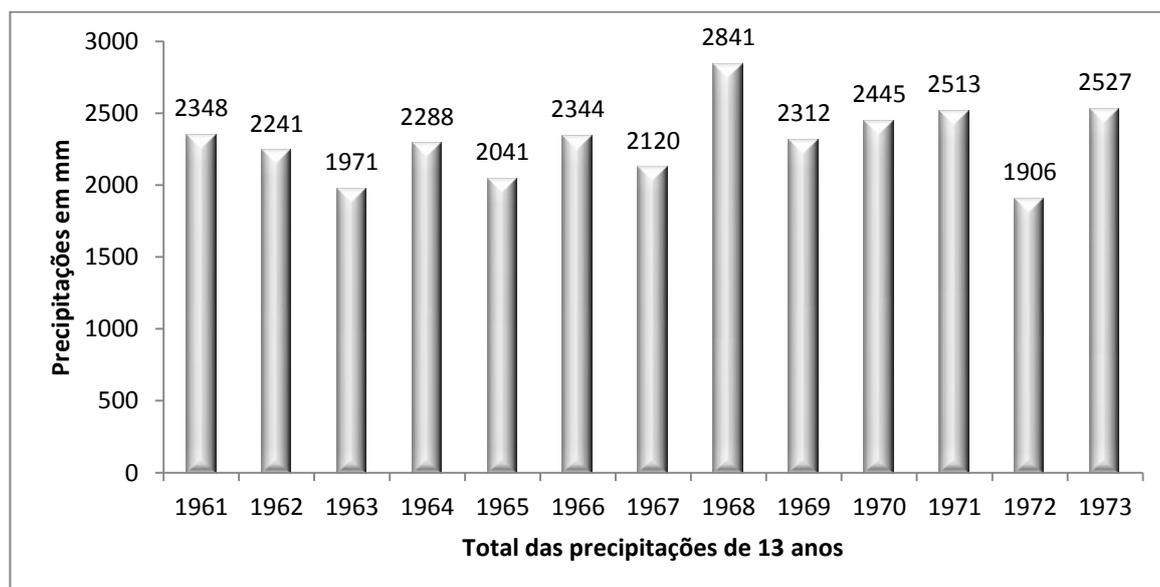


Gráfico16 - Precipitações 13 anos

Fonte: o Autor

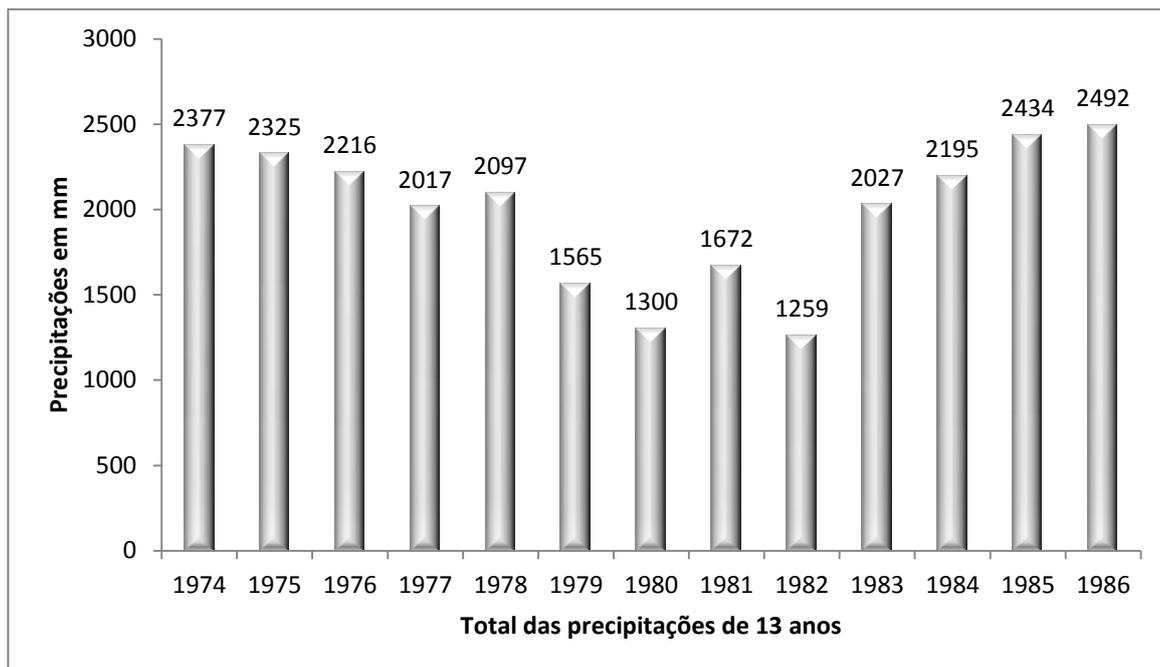


Gráfico17 - Precipitações 13 anos

Fonte: o Autor

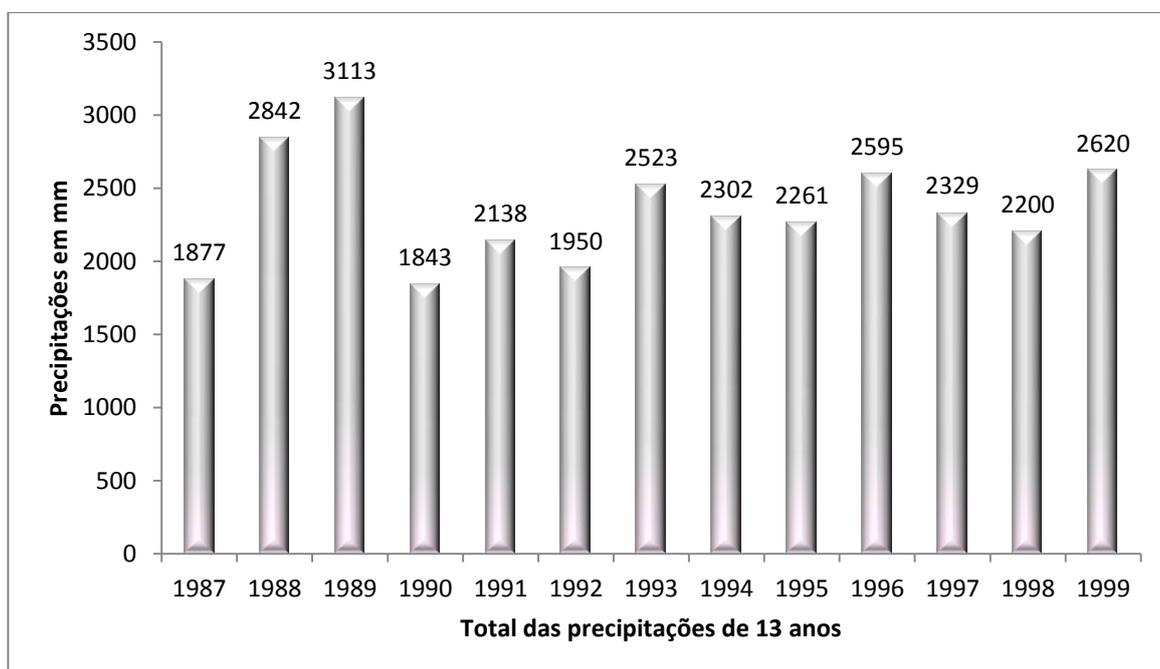


Gráfico18 - Precipitações 13 anos

Fonte: o Autor

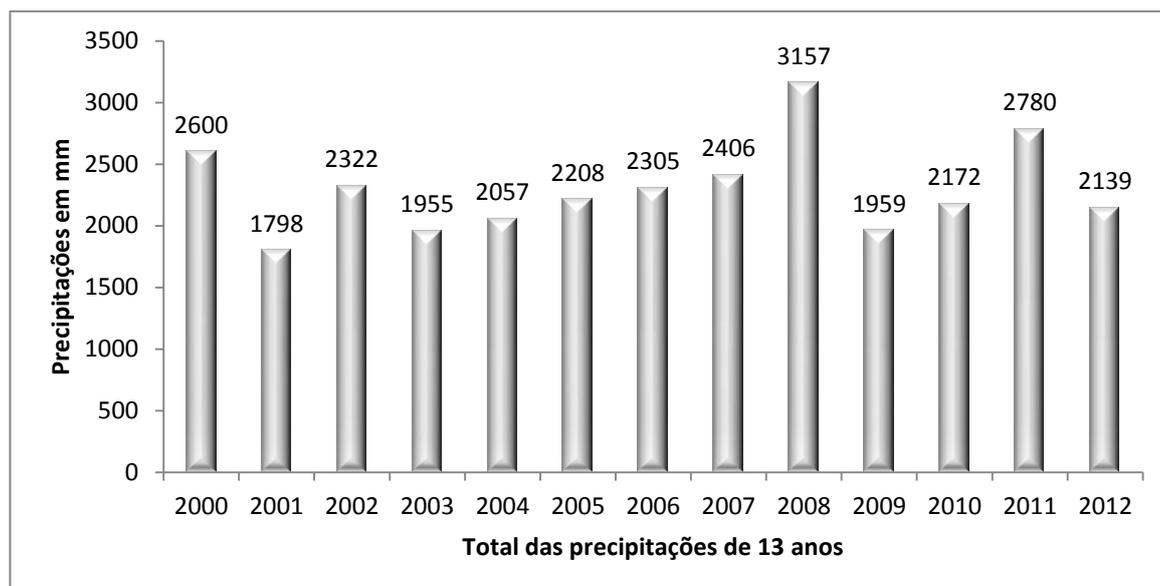


Gráfico19 - Precipitações 13 anos

Fonte: o Autor

Tabela 11 -Precipitações e Volumes Mínimos, Médios e Máximos Anuais

Meses	jan	fev	Mar	abr	mai	jun	Jul	ago	set	out	nov	dez
Precipitações Mín (mm)	33	78	60	134	54	10	0	0	4	4	13	90
Precipitação Média (mm)	279	281	309	317	244	111	70	53	73	108	172	220
Precipitação Máxima (mm)	571	617	633	535	555	229	203	141	243	284	326	458
Volume Mínimo (m <sup>3</sup> )	44	104	79	179	72	13	0	0	6	6	18	120
Volume Médio (m <sup>3</sup> )	373	375	413	423	326	148	94	71	98	145	229	293
Volume Máximo (m <sup>3</sup> )	763	825	845	715	741	306	271	189	324	379	436	612

Fonte: o Autor

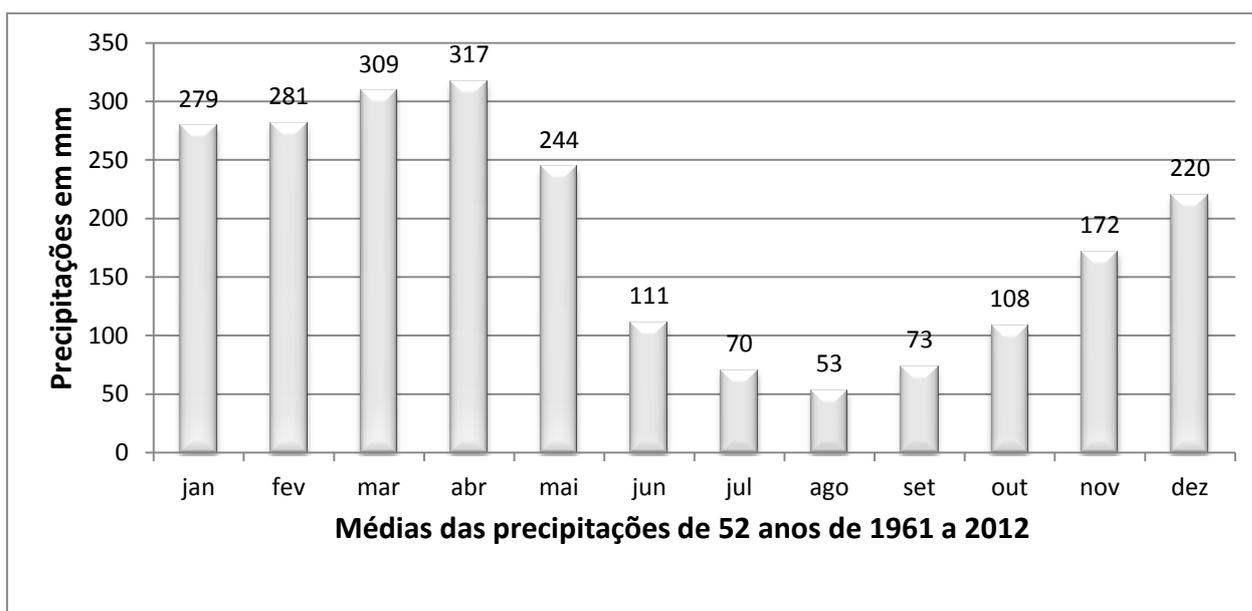


Gráfico 20 – Médias mensais das precipitações de 52 anos

Fonte: o Autor

## Conclusão

A utilização de um intervalo de confiança para todos os meses dos anos do período de 1961 a 2012, de modo a aproximar a distribuição das precipitações para uma distribuição de Gauss com limite inferior e superior para cada mês com 95% de probabilidades de ocorrência de precipitações, fez com que esse modo pudesse também calcular os valores mínimos, médios e máximos de volume e captação de água pluvial mensal.

Os valores médios de potenciais de captações de águas pluviais comprovam a viabilidade da implantação de um sistema para o IFAM-CMC, considerando os meses de agosto com um menor volume médio de  $71 \text{ m}^3$  e abril com o maior volume médio  $423 \text{ m}^3$ . Estes valores foram calculados em função de uma edificação com área igual a  $371 \text{ m}^2$  devendo ser reduzido em 20% o descarte do primeiro momento de chuva, e multiplicado pelas outras edificações com características semelhantes com um total de cinco (5), considerando também as quinze (15) áreas de coberturas no intervalo de  $84 \text{ m}^2$  a  $1.728 \text{ m}^2$  totalizando  $8456 \text{ m}^2$ .

É apresentada no ANEXO I a planta baixa do térreo com localização de pontos de consumo de água potável como banheiros, piscina da instituição que também possui um volume significativo e extremamente necessário para as atividades esportivas desenvolvidas na instituição. O andar superior possui também banheiros e caixa d'água com volume de  $15 \text{ m}^3$ .

O método que apresentou melhor resultado foi o método de Rippl tanto no modo analítico como também no modo gráfico adequado para a instituição IFAM-CMC.

No método de Rippl (analítico) apresentou uma capacidade para o reservatório em torno de  $8,64 \text{ m}^3$  próximo do valor de demanda de água diária e no método de Rippl (gráfico) apresentou volume de  $33,3 \text{ m}^3$ , este se aproxima da capacidade da cisterna sob a caixa d'água que apresenta uma capacidade aproximada de  $36,312 \text{ m}^3$ .

Cabe comentar que esta cisterna com capacidade de aproximadamente 36.312 litros já se encontra instalada proporcionando uma economia no projeto. Esta é utilizada apenas durante as manutenções do poço artesiano e abastecida com água potável da companhia de águas de Manaus veja as Figura 29, Figura 30 e Figura 31.

Considerando as manutenções do poço, ocorre de 3 a 4 anos o uso da cisterna está abaixo do ideal. Pode-se também aproveitar a estrutura da cisterna quando da instalação do projeto de

captação de águas pluviais, evitando assim rachadura e outros danos provocados pela falta de uso.

Quanto a escolha do sistema de captação o Sistema 1 (Figura 4) é o que melhor se aproxima das condições apresentada na Instituição, possui: Área de Captação; decidas de calhas; separador de folhas; filtros; armazenagem de água na cisterna; bombeamento para reservatório superior e descarte após uso.

Na identificação dos pontos foram localizadas 15 áreas de captação Figura 19.

No cálculo de áreas foram propostos dois métodos o primeiro considerando as normas da ABNT 10844/89; o segundo considerando cálculos com uso do AUTOCAD usando o comando ÁREA quando se tem disponível a planta baixa da Instituição este foi o caso do IFAM-CMC.

Um estudo de viabilidade econômica para um sistema de captação de águas pluviais no IFAM- CMC foi elaborado trazendo confirmações quanto a necessidade de implantação deste sistema.

Alguns ANEXOS deste trabalho são recomendados pela Cartilha de Edifícios Públicos Sustentáveis do Programa Senado Verde publicado em 13/08/2010

O consumo de água recomendado pela SABESP para Escolas por período (até 3) é de 50 per capita, ANEXO II- Tabela de Estimativas do Consumo Predial Médio Diário. Com esta informação foi elaborado em planilha eletrônica com valores de consumo em metro cúbico ( $m^3$ ) e cálculo de custo dos respectivos consumos para o residência, industrial, público e comercial. A Escolas encontram-se na classe público, a previsão de consumo e custos encontrados foi de  $390 m^3 /mês$  e Custo R\$ 4.955,80.

O ANEXO III é mostrado como montar matrizes de avaliação de materiais, com pontuação e peso de materiais adotados no sistema de captação.

O ANEXO IV é mostrado um memorial de cálculos para retorno do investimento

O ANEXO V mostra como dimensionar sistemas de aproveitamento de água da chuva.

Quanto ao estudo das precipitações pluviométricas na região foram elaborados cálculos de captações médias mensais nos últimos 52 anos APENDICE I com dados mensais de 1961 a 2012; Curva de Gauss para os meses de janeiro a dezembro neste período; o gráfico 13 com máximos, mínimos e médias das precipitações em milímetros (mm); gráfico 20 com as médias mensais dos últimos 52 anos.

Com esta proposta de um sistema de captação de água da chuva pode-se a partir deste momento coletar dados pluviométricos na instituição para uso em futuras pesquisas. Este trabalho deve ter continuidade gerando futuros artigos como um novo referencial quanto a captação de águas de chuva para fins não potáveis em instituições públicas na região proporcionando uma valorização e economia da água tratada que é um bem de grande valor para o cidadão.

E por fim, já se tem conversas junto a direção superior do Instituto para o compromisso de implantação do Sistema de captação e gestão de águas.

## REFERÊNCIAS

**ABIB**, Carlos Henrique; **ALONSO**, Denise de Fátima; **FERNANDES**, Solange Aparecida; **SAAD**, Antonio Roberto; **SILVA**, Vanda dos Santos. Desenvolvimento sustentável e reciclagem de água *SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND WATER RECYCLING*. *Revista Terceiro Setor*, v.4, n.1, 2010

**ABNT**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844. Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

**ABNT**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. São Paulo, 2007.

**AQUINO**, Marcos H G de Aquino, **GUTIERREZ**, Ruben H. SUBSÍDIOS PARA REFLEXÃO DOS GESTORES SOBRE O TEMA “ÁGUA” E SUA IMPORTÂNCIA PARA AS INSTITUIÇÕES BRASILEIRAS VII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – 2010

**BARROSO**, Lidiane Bittencourt Rafael Zini Ouriques. Águas pluviais: uma alternativa para o futuro das cidades. *Disc. Scientia.*, S. Maria, v. 10, n. 1, p. 77-91, 2009.

**CONCEIÇÃO**, Fabiano Tomazini, **SARDINHA** Diego de Souza, **NAVARRO** Guillermo Rafael Beltran, **ANTUNES**, Maria Lúcia Pereira e **ANGELUCCI**, Vivian Andréada et al. Composição química das águas pluviais e deposição atmosférica anual. *Quim. Nova*, Vol. 34, No. 4, 610-616, 2011. Recebido em 21/5/10; aceito em 27/10/10; publicado na web em 26/1/11, *Vol. 34, No. 4*, p.610

**FENDRINCH**, R. Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana. Tese (Doutorado em Geologia) - Curso de Pós-graduação em Geologia Ambiental - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

**FISCH**, Gilberto *et al.* Clima da Amazônia. *Revista Climanalise*, 1996.

**FLESCH**, Vinicius da Costa. Aproveitamento de Águas Pluviais: Análise do Projeto de Um Edifício Vertical. Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia Departamento de Engenharia Civil. Porto Alegre Julho 2011, Cap.1, p.11

**JABUR**, Andrea Sartori (UTFPR) **BENETTI**, Heloiza Piassa (UTFPR) **SILIPRANDI** Elizangela Marcelo. APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS. VII CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO 12 e 13 de agosto de 2011, p.2

**JAQUES** Reginaldo Campolino. Qualidade da Água de Chuva no Município de Florianópolis e sua Potencialidade para Aproveitamento em Edificações Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC – BRASIL março -2005.

**KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R.V.** Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS, 2005. 110p. (Apostila para Curso de Especialização em gestão de Recursos Hídricos).

LIMA Ricardo Paganelli de, Machado Thiago Garcia. Aproveitamento de Água Pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações. Barretos – 2008 p.16

**LUCHINI** Adriana de Mello et al. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 10, n. 2, p.87-94, abril/junho 2003

**MARENGO, J. A.; DIAS, P. S.** Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. In: Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (Ed.) *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3. ed. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da USP, Academia Brasileira de Ciências, 2006. p.63-109.

**MARENGO, José Antônio.** *ÁGUA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS. ESTUDOS AVANÇADOS* 22 (63), 2008

**MAIA** Fabiane Lopes. Aproveitamento de Água Aplicada às Instalações da Equipe de Educação Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009 p. 22.

**MARINOSKI** Ana Kelly. Aproveitamento de Água Pluvial para Fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – SC. Universidade Federal De Santa Catarina Centro Tecnológico - Departamento De Engenharia Civil, julho 2007.

**MAY, Simone.** Estudos da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. São Paulo, 2004. – Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

**MEDEIROS FILHO, Carlos Fernandes de .** ABASTECIMENTO DE ÁGUAS Universidade Federal de Campina Grande – UFCG Campina Grande – PB 2009

**NASCIMENTO, Telma Santos do et al.** Precipitação na Amazônia: Análise da Variação entre as Porções Central e Ocidental, 2009. UFAM, Manaus – AM, p.1

**REBOITA, Michelle Simões; GAN, Manoel Alonso, ROCHA, Rosmeri Porfírio da e AMBRIZZI** Tércio. REGIMES DE PRECIPITAÇÃO NA AMÉRICA DO SUL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. Revista brasileira de meteorologia, v.25, n.2, 185 - 204, 2010, p. 195

**SILVA DE SÁ, José Alberto.** Identificação dos fatores para o processo de formação e gestão de alianças estratégicas do tipo consórcio em pequenas e médias empresas construtoras. Um estudo de caso. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL. 2004 P.77.

**SILVA**, Diego Xavier (ICICT/Fiocruz), **BARCELLOS**, Christovam (ICICT/Fiocruz); **BACURI**, Rita (CPqLMD/Fiocruz). Vulnerabilidade e efeitos das mudanças climáticas na saúde pública em Manaus. Ministério da Saúde. FIOCUZ, FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - 2010

**TAUCHEN E BRANDLI**. A Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior: Modelo para Implantação em Campus Universitário. *GESTÃO & PRODUÇÃO*, v.13, n.3, p.503-515, set.-dez. 2006

**TOMAZ**, Plínio. Aproveitamento de água da chuva. São Paulo, Navegar, 2005, 180p ISBN: 85-87678-23-x. **THOMAS**, Terry et al. Bacteriological Quality of Water in DRWH.RWH Conference, IITD, New Delhi, April 2001.

**VIGGIANO**, Mário Hermes Stanziona. *CARTILHA DE EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS* - Senado Verde • Brasília • 2010.

### **OUTRAS OBRAS CONSULTADAS**

**CARDOSO**, Daniel Corrêa. Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações de Interesse Social – Caso: “Minha Casa Minha Vida”. Feira de Santana-BA 2010 p. 30

**CUNHA**, Luís Veiga da. Perspectivas da Gestão da Água para o Século XXI: Desafios e Oportunidades. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto- RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos V. 7 n.4 Out/Dez 2002, 65-73

**d’AGUILA**, P. S. et al. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 16(3):791-798, jul-set, 2000 Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental , 2005 , P 14.

**INMET** - Dados de precipitação em milímetros Estação: MANAUS -AM (OMM: 82331) , Latitude(graus) : -3.1, Longitude (graus) : -60.01, Altitude(metros): 61.25 no período de 01/01/1961 a 29/12/2012.

**DUARTE**, Juan; **SALERMO**, Lia. Potencial de Conservação de Água em Edificações Escolares: Tecnologias Aplicáveis-2008. **TAUCHEN E BRANDL**, 2006. Feira de Santana-2009, p16.

**FERREIRA**, Denize; **SCHMITT**, MINATTI, Demarche, **FRANCISCO**, Alexandre, Maria Rosineide. REUSO DE ÁGUA PLUVIAL: UM ESTUDO DE VIABILIDADE De um PROJETO NO CAMPUS DA UNIFEDE EM BRUSQUE (SC). *Revista da Unifebe*. Recebido: 16/11/2009 - Aceito: 21/09/2010 p.16 , p17.

**GIACCHINI** Margolaine, Alceu Gomes de Andrade Filho. IV-056 – Aproveitamento da Água de Chuva nas Edificações. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental . 2005

**GIATTI**, Leandro Luiz .Reflexões sobre Água de Abastecimento e Saúde Pública: um estudo de caso na Amazônia Brasileira.Saúde e Sociedade v.16, n.1, p.134-144, jan-abr 2007

HTTP://WWW.ceara.gov.br/Histórico Política das Águas Publicado ( Qua, 15 de Outubro de 2008 12:40 ).

**MACINTYRE**, A.J.Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias. Rio de Janeiro, RJ. Editora LTC, 1990.

**MATTA**, Milton ;**ABREU**, Francisco de ; **DUARTE**, André Montenegro; **RIBEIRO**, Mário Ramos; **CAVALCANTE**, Itabaci; (UFP|A e UFC) . AMBIENTE. PLANETA Agosto de 2013 p.29 e p. 30.

**NEVES**, Mário Valente.Algumas Sugestões Relativas À Gestão da Água na Região do Porto Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. (2006)

**NUNES**, PAULO.Conceito de Gestão e de Gestor - Data de Publicação: 01/05/2006

**OURIQUES**, R. Z. et al. Aproveitamento da água de chuva em escola para fins não-potáveis, Santa Maria-RS. In: VI SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 2008, Porto Alegre-RS. Anais... SIQA, 2008.

**OURIQUES**, Rafael Zini e **BARROSO**, Lidiane Bittencourt. ÁGUAS PLUVIAIS: UMA ALTERNATIVA PARA O FUTURO DAS CIDADES - *Disc. Scientia*. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 10, n. 1, p. 77-91, 2009. P.80

**SETTI**, 2000, A. A. Gestão de Recursos Hídricos; aspectos legais, econômicos e sociais. In: Gestão de Recursos Hídricos. Demétrius David da Silva, Fernando Falco Pruski.(Edit) Brasília, DF: Editora: UFV [et al.]. 2000.

**SILVA**, Ricardo Toledo e **PORTO**, Monica Ferreira do Amaral. Gestão Urbana e Gestão das Águas: Caminhos da Integração Estudos Avançados 17 (47), 2003

**TAMIOSSO**, C. F. Captação da água da chuva no laboratório de engenharia ambiental. Trabalho final de graduação. Centro Universitário Franciscano. Curso de Engenharia Ambiental, Santa Maria, 2007.

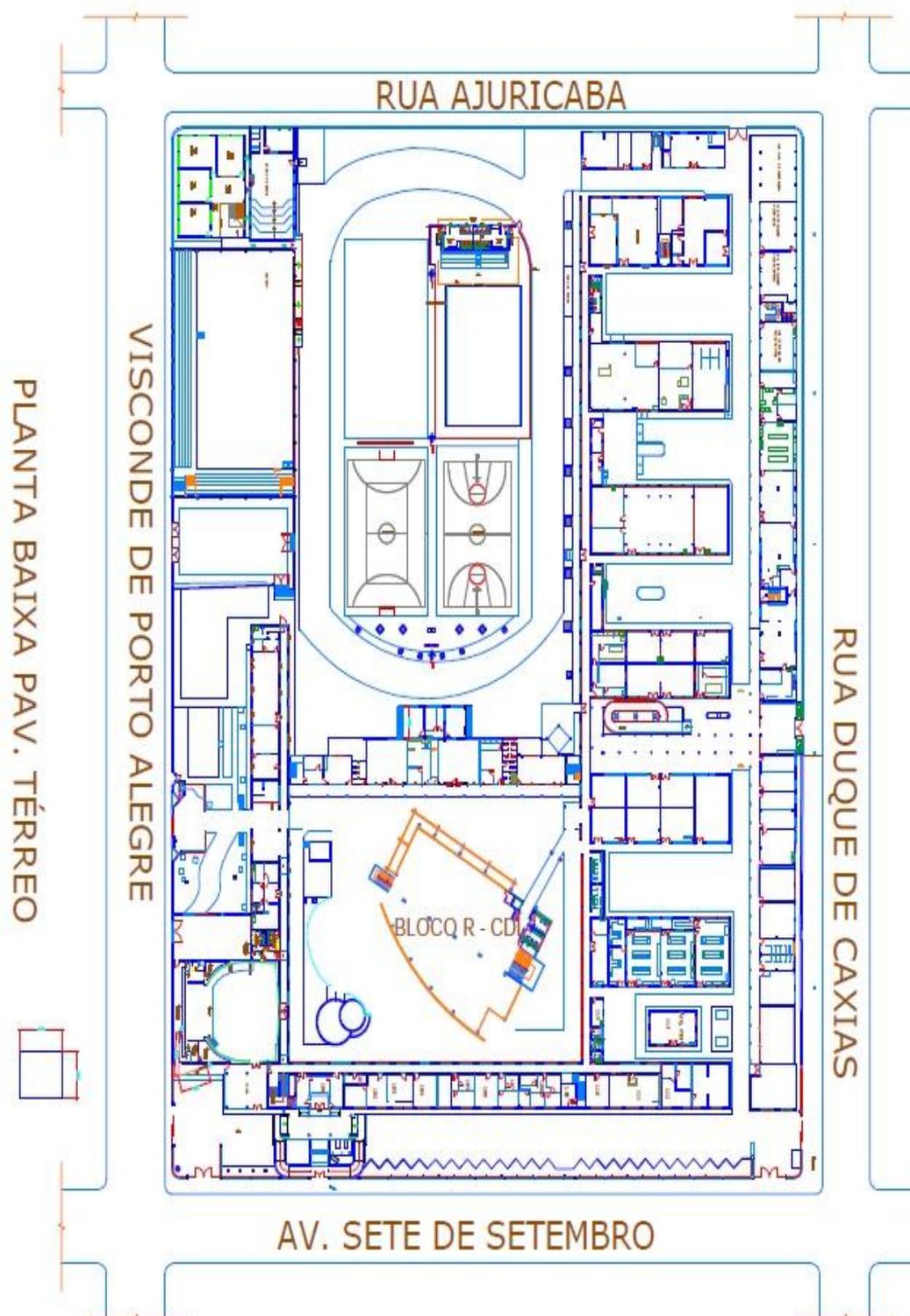
**TRINDADE**, G. G.; **BARROSO**, L. B. Aproveitamento da água de chuva em empresa, Alegrete-RS. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2008, Serra Negra-SP. Anais... SBEA, 2008.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA. AGUA NO PLANETA. Disponível em:<<http://www.uniagua.org.br>> Acesso 2013

**VIANA**, Virgílio. O aproveitamento da água da chuva. disponível em: <<http://portalamazonia.locaweb.com.br/sites/meioambiente/noticia.php>>. Data de Exibição: 28-12-2006.

**WERNECK** Guilherme Augusto Miguel. Sistemas de Utilização da Água da Chuva nas Edificações. Estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí, RJ. 2006

**ANEXOS**

**ANEXO I – Planta Baixa do IFAM-CMC**

## ANEXO II - Tabela de Estimativa de Consumo Predial Médio Diário

(Primeira ligação) (1)

Prédio	Consumo (L / dia) (4)
Alojamentos provisórios	80 per capita <sup>(1)</sup>
Ambulatórios	25 per capita <sup>(1)</sup>
Apartamentos (2)	200 per capita <sup>(1)</sup>
Casas populares ou rurais (2)	120 per capita <sup>(**)</sup>
Residências (2)	150 per capita <sup>(**)</sup>
Residências de luxo (2)	300 per capita <sup>(**)</sup>
Cavalariças	100 por cavalo <sup>(1)</sup>
Cinemas e teatros	2 por lugar <sup>(1)</sup>
Edifícios públicos ou comerciais (3)	50 per capita <sup>(**)</sup>
Escolas - com período integral	100 per capita <sup>(**)</sup>
Escolas - Internatos	150 per capita <sup>(1)</sup>
Escolas - por período (até 3 )	50 per capita <sup>(**)</sup>
Escritórios (3)	50 per capita <sup>(**)</sup>
Estações ferroviárias, rodoviárias e metroviárias.	25 por passageiro <sup>(**)</sup>
Garagens	50 por automóvel <sup>(**)</sup>
Hotéis c/ cozinha e lavanderias	300 por hóspede <sup>(**)</sup>
Hotéis s/ cozinha e lavanderias	120 por hóspede <sup>(1)</sup>
Jardins	1,5 por m <sup>2</sup> <sup>(**)</sup>
Lava-rápidos automáticos de veículos	250 por veículo <sup>(1)</sup>
Lavanderias	30 por kg de roupa <sup>(1)</sup>
Matadouros - Animais de grande porte	300 por cabeça abatida <sup>(1)</sup>
Matadouros - Animais de pequeno porte	150 por cabeça abatida <sup>(1)</sup>
Mercados	5 por m <sup>2</sup> de área <sup>(1)</sup>
Oficinas de costura	50 per capita <sup>(**)</sup>
Oficinas de reparo de automóveis	300 per capita <sup>(**)</sup>
Orfanatos - Asilos - Berçários	150 per capita <sup>(**)</sup>
Creches	50 per capita <sup>(1)</sup>
Postos de abastecimento e serviço automotivos	150 por veículo <sup>(1)</sup>
Presídios	300 por preso <sup>(**)</sup>
Quartéis	150 per capita <sup>(**)</sup>
Restaurantes e similares	25 por refeição <sup>(**)</sup>
Templos	2 por lugar <sup>(1)</sup>

Fonte: (\*) Tabela 59.1 – TOMAZ, Plínio. **Previsão de consumo de água.** Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Comercial Editora Hermano & Bugelli Ltda, 2000.

(\*\*) Valores atribuídos pela comissão da Sabesp que elaborou a presente norma.

- Observação: (1) Esta tabela poderá ser utilizada para prédio ou categoria de consumidor que não constar no Anexo B  
 (2) Considerar a ocupação de 2 pessoas por dormitório.  
 (3) Considerar 1 pessoa para cada 10 m<sup>2</sup> de área construída.  
 (4) O período de apuração da média diária é de um mês corrido.

## ANEXO III – Como montar matrizes de avaliação de materiais

### 3. Como montar matrizes de avaliação de materiais

Para o entendimento do processo de montagem da matriz, é importante nos aprofundarmos em dois conceitos: pontuação e peso.

#### Pontuação

É a valoração numérica do quesito estudado. Essa valoração deve ser fruto de uma pesquisa da literatura técnica específica, da averiguação *in loco* e de testes práticos e matemáticos. A pontuação pode ser uma escala de 0 a 5:

*5 – excelente*

*4 – muito bom*

*3 – bom*

*2 – razoável*

*1 – ruim*

*0 – péssimo*

#### Peso

É o grau de importância relativa do quesito em relação aos outros quesitos e ao projeto como um todo. A atribuição de peso deve ser fruto da reflexão do projetista acerca dos quesitos mais importantes para cada projeto estudado. Por exemplo, se o projeto encontra-se em uma área delicada em termos de equilíbrio ecológico, deve-se pesar mais quesitos como comprometimento ecológico e impacto ambiental. Por outro lado, se a obra tiver limitação de orçamento, os critérios preço final e disponibilidade de mão de obra são mais significantes. O peso pode ser uma escala de 1 a 3:

*3 – muito importante*

*2 – importante*

*1 – pouco importante*

### 1º passo

Escolha dos materiais a serem avaliados.

#### Exemplo

*No nosso exemplo, vamos avaliar três tipos de telhas: telha de fibrocimento tipo calhetão, telha metálica com enchimento de poliuretano e telha metálica comum.*

### 2º passo

Definição dos quesitos de avaliação com os respectivos pesos.

#### Exemplo

No exemplo proposto, avaliamos uma escola na qual as questões sociais, de custo e bioclimáticas são as mais relevantes, ou seja, terão um peso diferenciado:

Natureza do insumo – peso 2

Impacto ambiental direto – peso 2

Função social – peso 3

Custo final – peso 3

Propriedades bioclimáticas – peso 3

Caráter estético – peso 1

### 3º passo

Avaliação de cada quesito estabelecendo uma pontuação.

### 4º passo

Preenchimento da planilha multiplicando a pontuação pelo peso e somando os valores de cada nota para se obter o valor final referente a cada tipo de telha avaliado.

#### Exemplo

O valor final estabelece a posição relativa de cada telha em relação às outras e serve para embasar a tomada de decisão acerca de qual material é o ideal para o projeto em questão

	Natureza do insumo	Impacto ambiental direto	Função social	Custo final	Propriedades bioclimáticas	Caráter estético	
Peso	2	2	3	3	3	1	
Telha metálica convencional	3	2	2	3	2	3	
Nota com peso	6	4	6	9	6	3	34
Telha metálica com enchimento	3	2	2	1	5	4	
Nota com peso	6	4	6	3	15	4	<b>38</b>
Telha calhetão de concreto	1	1	2	5	1	1	
Nota com peso	2	2	6	15	3	1	29

## ANEXO IV – Memoriais de Cálculo

# Memoriais de Cálculo

## *Memorial de cálculo para o retorno do investimento*

Para o cálculo do retorno do investimento nas instalações utilizando os sistemas sustentáveis, apresentamos dois métodos de cálculo:

### *Método 1*

Cálculo simples desconsiderando as variantes de custo de tarifa e aplicação financeira

$$Ri = \frac{C}{Ci \times Q}$$

$Ri$  = retorno do investimento em meses

$C$  = custo total de implantação e manutenção em Reais

$Ci$  = custo do insumo – tarifa mensal em Reais

$Q$  = quantidade do insumo economizado ao mês

Na variante C, deverão ser computados todos os gastos com manutenção previstos, incluindo mão de obra, troca de equipamentos ao término da vida útil e peças de reposição.

### *Método 2*

Baseado na fórmula dos juros compostos. Duas variantes importantes são colocadas. A primeira considera o provável rendimento líquido que o valor investido na instalação teria caso o montante fosse aplicado no sistema financeiro. Essa variante vai funcionar como um redutor do valor do retorno do investimento. Sabemos que há uma tendência real de que o preço dos insumos (água e energia) subam progressivamente nos próximos anos. Assim, a segunda variante considera a diferença entre o aumento real da tarifa e a inflação do ano anterior, funcionando como um fator de aumento do valor do retorno do investimento.

O método 2 para o cálculo do retorno do investimento, é descrito a partir de dois passos:

O primeiro passo utiliza a expressão do *software* Excel:

$(C*(1+J)^{Mes\_Ri})+VF(Pa; Mes\_Ri; Ci*Q;;1)$ , onde:

$Ri$  = retorno do investimento em meses

$C$  = custo total de implantação e manutenção em Reais

$J$  = juros líquido de aplicação de baixo risco ao mês

$Ci$  = custo do insumo – tarifa mensal em Reais

$Q$  = quantidade do insumo economizado ao mês

$Pa$  = previsão de aumento do custo do insumo acima da inflação cobrada ao mês

$VF$  = valor futuro

A expressão acima é descrita matematicamente como a soma do capital investido corrigido por meio de juros compostos para um mês (inicialmente mês = 1) e do Valor Futuro do produto: Taxa inicial do insumo pela economia mensal (essa função acumula as parcelas mensais e seus respectivos juros, dando um resultado negativo, pois segue as regras de fluxo de caixa), ou seja:

Investimento inicial x  $(1+J)$  Mês + (soma das parcelas de Taxa inicial de insumo x Economia até o mês do tempo de retorno do investimento).

O segundo passo é a obtenção do mês correto de retorno, ou seja, o mês em que a segunda parte da soma (economia) fica maior do que o primeiro (custo corrigido). Nesse mês, a expressão ficará negativa (economia maior do que custo). Esse valor foi obtido pela ferramenta Atingir meta do *software* Excel.

#### **Software de apoio tecnológico**

O Programa Senado Verde disponibiliza para download e uso acadêmico a planilha automatizada para o cálculo do Retorno do Investimento que é parte do Software SIGES (Sistema de Gestão para Edifícios Sustentáveis), na sua página na Internet:

<http://www.senado.gov.br/sf/senado/programas/senadoverde/siges>

	2007	2008	2009
Taxa de inflação % a.a.	4,46	5,90	4,31

Fonte: Banco Central - www.bcb.gov.br

É importante salientar que os custos de manutenção ao longo do tempo deverão ser incorporados ao valor de  $C$ . Em sistemas como o de aproveitamento das águas da chuva, essa variante não é muito importante, pois os equipamentos envolvidos possuem uma grande vida útil (tão grande quanto a do próprio edifício) e requerem pouquíssima manutenção.

O valor de  $Ri$  é estimativo e não é aconselhável que seja utilizado em projeções financeiras que exijam precisão absoluta.

As variantes  $J$  (juros líquidos) e  $Pa$  (previsão de aumento acima da inflação) são flexíveis em função de mudanças conjunturais da economia. A metodologia de se estabelecer um histórico dos aumentos dos insumos acima da inflação não garante a estabilidade dos prognósticos futuros.

A margem de erro da fórmula será tão menor quanto:

- 1) Maior a precisão na coleta de dados para  $J$  e  $Pa$ ; e
- 2) Maior a capacidade de se prever as taxas futuras.

## Exemplos de cálculo de retorno de investimento

### 1. Sistema de aproveitamento de água da chuva

Dados citados no exemplo do dimensionamento do Anexo I.

Volume de água captado ao ano: 776 m<sup>3</sup> ao ano = 64,66 ao mês.

Custo total de implantação (estimativa levando em conta o custo do reservatório, instalações hidráulicas, filtros e equipamentos para melhoria da qualidade da água na cisterna): R\$ 24.000,00.

#### Método 1

$$Ri = \frac{C}{Ci \times Q} \quad Ri = \frac{24.000,00}{12,71 \times 64,66} \quad Ri = 29,20 \text{ meses ou } 2,43 \text{ anos}$$

#### Método 2

	2007	2008	2009
Tarifa mensal de água e coleta de esgoto – CAESB em Reais/m <sup>3</sup>	11,2987	11,9720	12,71
Diferença mensal da tarifa em relação ao ano anterior em Reais/m <sup>3</sup>		0,6733	0,738
Percentual de aumento total da tarifa		5,9590	6,164
Taxa de inflação percentual ao ano	4,46	5,90	4,31
Pa = diferença entre o percentual de aumento da tarifa e o percentual de aumento da inflação no ano anterior		1,499	0,264

Fonte: contas cobradas do SENADO FEDERAL nos respectivos anos de referência

$P_a$  adotado = média entre os valores de 2008 e 2009:

$$\frac{1,499 + 0,264}{2} = 0,8815\% \text{ ao ano}$$

$R_i = 36$  meses ou 3 anos



**SIGES**  
Sistema de Gestão para Edifícios Sustentáveis



Dados de Entrada	
C = Custo total de implantação e manutenção em Reais	R\$ 24.000,00
Ci = Custo do insumo - Taxa Inicial	R\$ 12,71
Q = Quantidade do insumo economizado ao mês	64,66
$P_a$ = Valorização/Desvalorização anual	0,8815000%
$P_a$ mensal	0,0731632%
J = Taxa Juros Mensal	0,6000000%

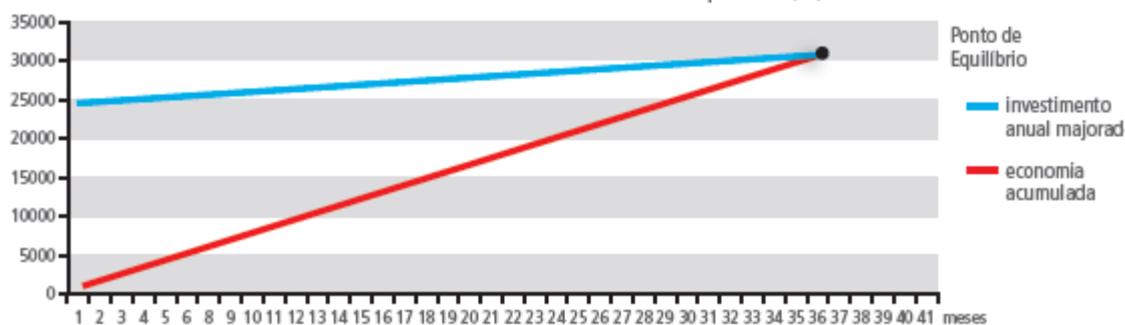
Calcular Ponto de Equilíbrio

Cálculo do Ponto de Equilíbrio	
Mês do ponto de equilíbrio	<b>36</b>
Valor no Ponto de Equilíbrio	<b>R\$ 222,48</b>

Projeto: Exemplo para a Cartilha

Sistema sustentável analisado: REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

Gráfico Demonstrativo do Ponto de Equilíbrio ( $R_i$ )



## ANEXO V - Dimensionamentos

# Dimensionamentos

## 1. Como dimensionar um sistema de aproveitamento de água da chuva

### 1º passo

Coletar os dados básicos do edifício para a rotina de cálculo

#### *Exemplo*

Área total do edifício: 1.500 m<sup>2</sup>

Área de cobertura com coleta de água da chuva: 500 m<sup>2</sup>

Nº de pavimentos: 3

Quantidade de funcionários: 150

Área de jardim interno irrigado: 100 m<sup>2</sup>

Quantidade de automóveis: 5

Área de lavagem (pisos laváveis): 150 m<sup>2</sup>

Valor pago à concessionária pelo fornecimento de água e coleta com tratamento do esgoto: R\$ 12,70

### 2º passo

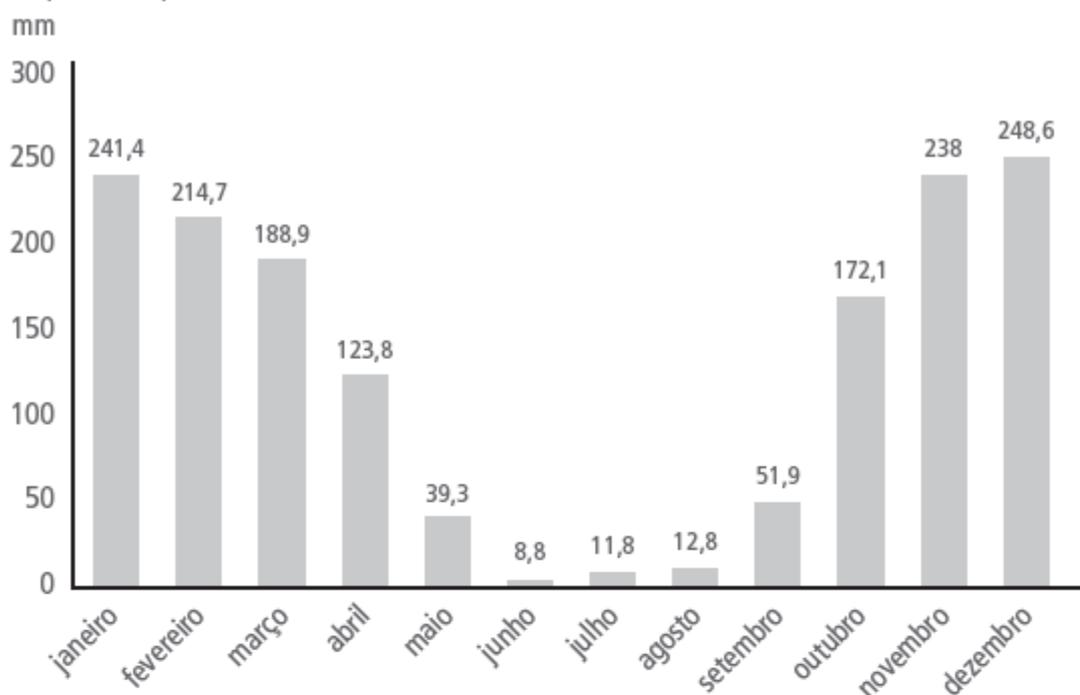
Descobrir o índice de precipitação mensal da cidade e somar os índices para se obter o valor anual. O INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), em seu sítio na internet, e o LABAUT, por meio do *software* Climaticus (LABAUT: 2005), fornecem as médias registradas nos últimos anos. Os índices são fornecidos em *mm* (milímetros) que é o mesmo que *L/m<sup>2</sup>* (litros por metro quadrado).

#### *Pesquisa na Internet*

Índices pluviométricos das capitais: [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)  
nas seções: *clima/climatologia/gráficos climatológicos*

**Exemplo**

Precipitação para Brasília – DF: 1552,10 mm ou 1552 L/m<sup>2</sup> ao ano.

**Precipitação total (mm)**

cidade	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Porto Alegre	100,1	108,6	104,4	86,1	94,6	132,7	121,7	140	139,5	114,3	104,2	101,2
Florianópolis	176,2	197,7	186,3	96,6	96,9	75,2	94,6	92,5	126,8	126	129,1	146,2
Foz do Iguaçu	188,3	191,2	184,4	146,3	135,5	137,4	90,2	110,6	142,2	231,9	150	171,5
São Paulo	238,7	217,4	159,8	75,8	73,6	55,7	44,1	38,9	80,5	123,6	145,8	200,9
Rio de Janeiro	114,1	105,3	103,3	137,4	85,6	80,4	56,4	50,5	87,1	88,2	95,6	169
Brasília	241,4	214,7	188,9	123,8	39,3	8,8	11,8	12,8	51,9	172,1	238	248,6
Salvador	110,9	121,2	144,6	321,6	324,8	251,4	203,6	135,9	112,2	122,2	118,5	132
Teresina	248,3	261	286,3	267,9	109,5	25,4	12,7	11,6	16,9	18	64,8	126,1
Manaus	260,1	288,3	313,5	300,1	256,3	113,6	87,5	57,9	83,3	125,7	183	216,9
Belém	366,5	417,5	436,2	360	304,4	140,2	152,1	131,1	140,8	116,1	111,8	216,4

Fonte: LABAUT

**3º passo**

Multiplicar o índice anual pelo tamanho do telhado em m<sup>2</sup> para se obter o total de água captada ao ano .

**Exemplo**

Assim, no exemplo: 1552 L/m<sup>2</sup> x 500 m<sup>2</sup> = 776.000 L ou 776 m<sup>3</sup> ao ano.

#### 4º passo

Deve-se considerar o fator de eficiência do sistema de filtragem utilizado. Se o filtro do sistema descarta 10% da quantidade total de água, temos um fator de eficiência de 90%. Esse fator deve ser multiplicado pelo volume total.

#### Exemplo

$776 \text{ m}^3 \times 0,9 = 698,40 \text{ m}^3$  ao ano. Valor relativo ao filtro autolimpante tipo cascata

#### VALORES DE REFERÊNCIA DO DESCARTE DO FILTRO

Filtro autolimpante tipo cascata	0,9
Filtro autolimpante de passagem com saída lateral	0,7
Filtro de passagem direta com manutenção frequente	1,0
Filtro de passagem direta sem manutenção	0,5
Filtro de sobrepor à calha com manutenção frequente	1,0
Filtro de sobrepor à calha sem manutenção	0,5

### Agora vamos dimensionar o reservatório

Para dimensionar o reservatório, temos vários métodos descritos no anexo da NBR 15527. Além desses métodos disponíveis, propomos o seguinte:

#### 1º passo

Estimar o consumo não potável no qual será utilizada a água da chuva armazenada.

#### VALORES REFERENCIAIS DE CONSUMO DE ÁGUA NO SERVIÇO PÚBLICO (Tomaz, 2000)

	consumo médio	unidade
Chuveiro	110	litros/banho
Irrigação de jardins	1,5	litros/m <sup>2</sup>
Lavagens de autos	100	litros/auto
Lavagens de pisos e calçadas	1	litros/m <sup>2</sup>
Lavanderia	30	litros/kg de roupa seca
Restaurante	25	litros/refeição
Vaso sanitário	30 a 50	litros/funcionário/dia

**Exemplo:**

Vaso sanitário: 22.500 litros/semana (150 funcionários x 30 litros x 5 dias)

Lavagem de pisos e calçadas: 600 litros/semana (150 m<sup>2</sup> x 1 litros/m<sup>2</sup> x 4 lavagens/semana)

Irrigação de jardim: 450 litros/semana (100 m<sup>2</sup> x 1,5 litros x 3 dias)

Lavagem de autos: 1500 litros/semana (5 carros x 100 litros x 3 dias)

Total: 25.050 litros/semana = 100.200 litros/mês ou 100,20 m<sup>3</sup>/mês

**2º passo**

Visualizar a média de precipitação nos meses mais chuvosos em uma semana típica, com o objetivo de saber se o sistema será capaz de armazenar água excedente.

**Exemplo**

Média de precipitação dos meses mais chuvosos: 217,28 litros/m<sup>2</sup> ao mês (média de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março)

Média de captação da semana: 217,28 litros/m<sup>2</sup> x 500 m<sup>2</sup> (área da cobertura) = 108.640 litros / 4 semanas = 27.160 litros/semana

Observa-se que, nos meses mais chuvosos, a precipitação semanal está um pouco maior que o consumo, o que significa que irá sobrar um pouco de água a cada semana para o armazenamento extra (27.160 - 25.050 = 2110 litros/semana).

Esse exemplo considera a cidade de Brasília, que tem um regime de chuvas bem definido em duas estações. Para localidades com regimes de chuvas mais distribuídos, sugerimos considerar todos os meses no cálculo da média.

**3º passo**

Estabelecer a autonomia do sistema de armazenagem, ou seja, quantas semanas o reservatório será capaz de suportar quando as chuvas reduzirem ou cessarem totalmente.

**Exemplo**

Para uma autonomia de uma semana, dimensionou-se um reservatório com 50.100 litros (25.050 litros x duas semanas, ou seja, uma semana de consumo mais uma semana de autonomia).

Caso o consumo seja superior à média de captação, significa que não irá sobrar água para a armazenagem extra. Nesse caso, não adiantaria colocar volume extra no reservatório. Adota-se, então, a média de captação da semana como parâmetro de tamanho de reservatório.

## APÊNDICE

**APÊNDICE I - Médias mensais das precipitações no período  
1961 a 2012**

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	soma
1961	286	332	238	353	328	98	33	7	52	123	146	353	2348
1962	406	399	308	299	261	109	47	34	13	125	108	132	2241
1963	265	182	240	313	243	122	47	5	45	84	240	184	1971
1964	159	140	426	295	268	126	62	93	41	135	231	312	2288
1965	170	248	533	284	269	64	46	3	14	139	77	196	2041
1966	273	178	173	293	359	162	122	110	103	30	319	222	2344
1967	302	249	435	495	204	124	34	3	7	11	132	123	2120
1968	282	183	633	303	427	128	103	42	243	38	266	195	2841
1969	258	195	387	513	322	97	88	51	26	82	112	182	2312
1970	387	326	383	403	185	132	68	43	96	99	180	143	2445
1971	288	368	352	419	316	146	36	9	41	182	262	94	2513
1972	198	382	164	341	167	126	74	46	72	94	74	169	1906
1973	193	275	291	192	440	87	143	109	86	182	309	221	2527
1974	313	197	248	525	258	172	66	27	68	24	195	285	2377
1975	330	359	396	232	246	98	203	57	36	55	100	214	2325
1976	294	546	457	211	90	62	33	37	30	123	157	176	2216
1977	197	262	332	267	240	78	17	43	77	191	85	227	2017
1978	295	204	404	229	269	89	109	50	161	116	46	126	2097
1979	312	86	195	300	79	66	10	0	83	230	49	154	1565
1980	93	78	217	211	54	79	24	31	32	141	150	190	1300
1981	163	165	197	229	121	52	34	68	155	48	326	115	1672
1982	299	80	60	134	254	17	31	2	68	4	72	238	1259
1983	33	108	418	192	172	99	134	135	99	196	70	372	2027
1984	268	341	223	333	272	94	93	63	136	123	100	148	2195
1985	270	318	281	145	346	151	103	63	66	162	137	391	2434
1986	267	295	304	280	204	103	184	2	71	215	322	247	2492
1987	292	289	278	291	168	28	21	77	65	46	128	195	1877
1988	270	546	266	255	298	229	82	36	111	112	227	412	2842
1989	292	417	252	371	555	185	158	16	136	186	326	220	3113

**APÊNDICE I - Médias mensais das precipitações no período 1961 a 2012 Cont.**

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	Set	out	nov	dez	soma
1990	234	190	299	236	245	89	114	72	23	56	117	167	1843
1991	279	224	309	343	322	138	174	55	39	79	38	138	2138
1992	237	263	348	219	119	61	90	100	90	87	71	266	1950
1993	437	617	229	370	97	62	35	48	22	100	256	251	2523
1994	371	400	260	259	174	125	33	97	63	92	207	223	2302
1995	286	132	301	481	218	107	77	34	72	81	312	161	2261
1996	571	258	338	429	128	185	17	65	114	186	163	142	2595
1997	221	345	535	311	252	10	0	112	41	61	182	262	2329
1998	303	172	211	407	273	167	92	42	116	74	154	191	2200
1999	412	261	233	421	445	149	25	41	99	132	204	198	2620
2000	350	344	341	535	173	48	41	140	218	47	170	192	2600
2001	348	220	217	188	232	164	31	15	88	28	55	213	1798
2002	381	240	195	377	263	159	3	35	60	216	81	311	2322
2003	106	341	209	390	220	111	93	118	61	97	120	90	1955
2004	180	151	424	227	423	120	60	141	112	66	13	140	2057
2005	166	332	334	405	226	54	52	16	46	75	212	292	2208
2006	173	346	265	252	382	87	72	17	33	66	294	317	2305
2007	414	138	336	343	165	100	122	133	72	29	226	328	2406
2008	397	299	553	345	264	203	80	58	56	162	281	458	3157
2009	311	458	233	222	114	166	25	5	4	26	132	262	1959
2010	296	353	206	303	165	119	101	55	27	117	141	290	2172
2011	227	493	323	516	222	121	20	64	42	284	273	195	2780
2012	365	289	277	196	168	85	83	27	90	178	285	97	2139

## APÊNDICE II - Cálculo do consumo de água potável

Consumo em (m <sup>3</sup> )	Residencial	Industrial	Público	Comercial
10	R\$ 20,19	R\$ 93,42	R\$ 93,42	R\$ 71,61
20	R\$ 59,33	R\$ 186,84	R\$ 214,62	R\$ 165,71
30	R\$ 119,07	R\$ 280,26	R\$ 342,76	R\$ 265,44
40	R\$ 200,43	R\$ 373,68	R\$ 470,90	R\$ 365,16
50	R\$ 294,29	R\$ 501,82	R\$ 599,04	R\$ 464,89
60	R\$ 388,15	R\$ 629,96	R\$ 727,18	R\$ 564,61
70	R\$ 496,29	R\$ 758,10	R\$ 855,32	R\$ 664,34
80	R\$ 604,43	R\$ 886,24	R\$ 983,46	R\$ 764,06
90	R\$ 712,57	R\$ 1.014,38	R\$ 1.111,60	R\$ 863,79
100	R\$ 820,71	R\$ 1.142,52	R\$ 1.239,74	R\$ 963,51
110	R\$ 928,85	R\$ 1.270,66	R\$ 1.367,88	R\$ 1.063,24
120	R\$ 1.036,99	R\$ 1.398,80	R\$ 1.496,02	R\$ 1.162,96
130	R\$ 1.145,13	R\$ 1.526,94	R\$ 1.624,16	R\$ 1.262,69
140	R\$ 1.253,27	R\$ 1.655,08	R\$ 1.752,30	R\$ 1.362,41
150	R\$ 1.361,41	R\$ 1.783,22	R\$ 1.880,44	R\$ 1.462,14
160	R\$ 1.469,55	R\$ 1.911,36	R\$ 2.008,58	R\$ 1.561,86
170	R\$ 1.577,69	R\$ 2.039,50	R\$ 2.136,72	R\$ 1.661,59
180	R\$ 1.685,83	R\$ 2.167,64	R\$ 2.264,86	R\$ 1.761,31
190	R\$ 1.793,97	R\$ 2.295,78	R\$ 2.393,00	R\$ 1.861,04
200	R\$ 1.902,11	R\$ 2.423,92	R\$ 2.521,14	R\$ 1.960,76
210	R\$ 2.010,25	R\$ 2.552,06	R\$ 2.649,28	R\$ 2.060,49
220	R\$ 2.118,39	R\$ 2.680,20	R\$ 2.777,42	R\$ 2.160,21
240	R\$ 2.334,67	R\$ 2.936,48	R\$ 3.033,70	R\$ 2.359,66
250	R\$ 2.442,81	R\$ 3.064,62	R\$ 3.161,84	R\$ 2.459,39
260	R\$ 2.550,95	R\$ 3.192,76	R\$ 3.289,98	R\$ 2.559,11
270	R\$ 2.659,09	R\$ 3.320,90	R\$ 3.418,12	R\$ 2.658,84
280	R\$ 2.767,23	R\$ 3.449,04	R\$ 3.546,26	R\$ 2.758,56
290	R\$ 2.875,37	R\$ 3.577,18	R\$ 3.674,40	R\$ 2.858,29
300	R\$ 2.983,51	R\$ 3.705,32	R\$ 3.802,54	R\$ 2.958,01
310	R\$ 3.091,65	R\$ 3.833,46	R\$ 3.930,68	R\$ 3.057,74
320	R\$ 3.199,79	R\$ 3.961,60	R\$ 4.058,82	R\$ 3.157,46
330	R\$ 3.307,93	R\$ 4.089,74	R\$ 4.186,96	R\$ 3.257,19
340	R\$ 3.416,07	R\$ 4.217,88	R\$ 4.315,10	R\$ 3.356,91
350	R\$ 3.524,21	R\$ 4.346,02	R\$ 4.443,24	R\$ 3.456,64
360	R\$ 3.632,35	R\$ 4.474,16	R\$ 4.571,38	R\$ 3.556,36
370	R\$ 3.740,49	R\$ 4.602,30	R\$ 4.699,52	R\$ 3.656,09
380	R\$ 3.848,63	R\$ 4.730,44	R\$ 4.827,66	R\$ 3.755,81
390	R\$ 3.956,77	R\$ 4.858,58	R\$ 4.955,80	R\$ 3.855,54
400	R\$ 4.064,91	R\$ 4.986,72	R\$ 5.083,94	R\$ 3.955,26

## APÊNDICE III Cálculo do volume Aproveitável água potável

Mês	Precipitação (mm)	Áreas de Captação de águas Pluviais no IFAM - CMC com volume aproveitável em (m <sup>3</sup> )														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Janeiro	279	275	1736	373	373	373	388	373	373	1080	476	508	349	84	1247	487
Fevereiro	281	277	1748	375	375	375	390	375	375	1087	479	512	351	85	1256	491
Março	309	305	1922	413	413	413	429	413	413	1196	527	563	386	93	1382	540
Abril	317	313	1972	423	423	423	441	423	423	1227	541	577	396	96	1417	553
Maiο	244	241	1518	326	326	326	339	326	326	944	416	444	305	74	1091	426
Junho	11	11	68	15	15	15	15	15	15	43	19	20	14	3	49	19
Julho	70	69	435	93	93	93	97	93	93	271	119	128	87	21	313	122
Agosto	53	52	330	71	71	71	74	71	71	205	90	97	66	16	237	93
Setembro	73	72	454	97	97	97	101	97	97	283	125	133	91	22	326	127
Outubro	108	107	672	144	144	144	150	144	144	418	184	197	135	33	483	189
Novembro	172	170	1070	230	230	230	239	230	230	666	294	313	215	52	769	300
Dezembro	220	217	1369	294	294	294	306	294	294	851	375	401	275	67	984	384