UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL (PPGEC)

LINHA DE PESQUISA: RECURSOS HÍDRICOS

CRISTIANE DA COSTA GONÇALVES DE ANDRADE

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA ABASTECIMENTO EM ÁREA RURAL NA AMAZÔNIA. ESTUDO DE CASO: ILHA GRANDE E MURUTUCU, BELÉM-PARÁ.

Belém

2012

CRISTIANE DA COSTA GONÇALVES DE ANDRADE

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA ABASTECIMENTO EM ÁREA RURAL NA AMAZÔNIA. ESTUDO DE CASO: ILHA GRANDE E MURUTUCU, BELÉM-PARÁ.

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de mestre em Recursos Hídricos.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes

Belém

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Arquiteto José Sidrim-FAU/ITEC/UFPA

Andrade, Cristiane da Costa Gonçalves de.

Aproveitamento de água da chuva para abastecimento em área rural na Amazônia, estudo de caso: Ilha Grande e Murutucu, Belém-Pará / Cristiane da Costa Gonçalves de Andrade; orientador, Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes. —2012.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2012.

1. Águas pluviais. 2. Água-uso. 3. Abastecimento de água. 4. Recursos hídricos. I. Título.

CDD – 22. ed. 628.1

CRISTIANE DA COSTA GONÇALVES DE ANDRADE

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA ABASTECIMENTO EM ÁREA RURAL NA AMAZÔNIA. ESTUDO DE CASO: ILHA GRANDE E MURUTUCU, BELÉM-PARÁ.

Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em Recursos Hídricos.

Programa de Pós Graduação em engenharia Civil.

Área de Concentração: Recursos Hídricos

Definido e aprovado em: ___/___/____

Banca examinadora:

_____
Prof. Dr. Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes (orientador)
Universidade Federal do Pará / Núcleo de Meio Ambiente

_____
Prof. Dr. Tony Carlos Dias da Costa (examinador interno)
Universidade Federal do Pará/Instituto de Tecnologia.

_____
Profª. Drª. Luiza Carla Girard Teixeira Machado (examinadora interna)
Universidade Federal do Pará/Instituto de Tecnologia.

_____
Profª. Drª. Cezarina Maria Nobre Souza (examinadora externa)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará/ Campus Belém.

Dedico este trabalho a meu pai (Domingos), minha mãe (Umbelina), esposo Alan, irmãos e sobrinhos, pelo apoio, incentivo e principalmente por fazerem parte da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e pela força e amparo em todos os momentos.

Aos meus pais pelo amparo, carinho, dedicação e orientação sempre dedicada a mim.

A meu esposo que participou dos últimos 7 anos de minha vida e esteve presente em todas as dificuldades, me apoiando e incentivando diante dos desafios.

Aos meus irmãos e irmãs que sempre estiveram na torcida, me encorajando no jogo da vida.

Aos meus amigos Carlos Igor, Marineide, Rosiane, Janderson, Leidiane, Liliane, Selma Solange pela manifestação de apreço e consideração.

A minha irmã de pesquisa Nircele Veloso pelo apoio e atenção.

Aos meus colegas Rafael, Ricardo, Paulo, Ellington, Braian, Tiago companheirismo e amizade.

Agradeço ao meu Orientador, Prof. Dr. Ronaldo Mendes que cumpriu muito mais que papel de orientador. Incentivou-me, encorajou-me e me transmitiu muito conhecimento e me prestou fundamental apoio no desenvolvimento do trabalho.

À Professora Luiza Girard pelo apoio dispensado a esta pesquisa.

À Professora Valéria, Professora Karla e Edicira que forneceram subsídio na análise bacteriológica da água através do Laboratório de Microbiologia do ICB.

Ao Sr. Ziza e Dona Zeliete e famílias, moradores da área de estudo, forneceram apoio incondicional no desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço ainda a CAPES, FAPESPA e ao CNPQ pelo apoio financeiro fornecido para realização da pesquisa.

Agradeço a direção e a todos os Professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil -UFPA.

Agradeço também a todos aqueles que me auxiliaram de uma forma ou de outra a conduzir com eficácia essa tarefa. Apesar de não terem seus nomes citados, são pessoas especiais.

RESUMO

A Amazônia abriga centenas de comunidades que vivem às margens dos rios e que em sua grande maioria não possui água adequada ao abastecimento doméstico. O acesso a essas regiões é difícil, geralmente realizado por via fluvial, as casas são distantes uma das outras, característica que torna inviável economicamente a instalação de um sistema público coletivo de água. Este trabalho tem o objetivo de desenvolver um modelo de Sistema de Abastecimento de Água da Chuva (SAAC) para atendimento de comunidades ribeirinhas. Foi utilizado como área de estudo a ilha Grande e a ilha Murutucu, região insular de Belém-Pará. O SAAC proposto apresenta um aparato tecnológico que permite: captar, armazenar, filtrar, e dispor a água para consumo; faz uso da gravidade, evitando a utilização de energia elétrica. Dois SAACs foram dimensionados e instalados nas ilhas supramencionadas. Utilizou-se como área de captação os telhados das residências com áreas iguais a 43,99 m² na ilha Grande e 28,29 m² na ilha Murutucu, ambos em material cerâmico. A qualidade da água foi avaliada, os parâmetros físico-químicos da se apresentaram satisfatórios, que em média atendeu a portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. O filtro de areia teve eficiência de 80% na remoção de cor e 93,33% na remoção de turbidez nos dois sistemas, no entanto, ainda são limitados em termos bacteriológicos. Isto demonstra a necessidade do uso de hipoclorito de sódio.Os custos com o uso de um SAAC se mostram muito menores se comparados as atuais fontes usadas pelos moradores das ilhas.

Palavras-chave: Água de chuva, Aproveitamento de Água pluvial, Fins potáveis, Amazônia, Abastecimento de água.

ABSTRACT

The Amazonian shelters hundreds of communities that live close to the margins of rivers and that in their great majority don't possess appropriate water to the domestic provisioning. The access to those areas are difficult, usually accomplished by waterway, the houses are distant each other, characteristic that turns unviable economically the installation of a collective public water system. This work has the objective of developing a model of Supply Water System of the Rain (SWSR) for creeker communities' service. It was used as study area from the Island Grande and the Island Murutucu, insular area from Belém-Pará. Proposed SWSR presents a technological apparatus that it allows: to capture, to store, to filter, and disposal the water to consumption; it makes use of the gravity avoiding the electric power use. Two systems were measured and installed in the islands mentioned. It was used as captivated area the roofs of the residences with areas like 43,99 m² in the Island Grande and 28,29 m² in the Island Murutucu, both in ceramic material. The quality of the water was evaluated, the physiochemical parameters came satisfactory, attending the governmental decree on 2914/2011 of Ministry of Health. The filter of sand had good efficiency removing 80% of apparent color and 93,33% of darkish, equally in the two systems. The SWSR showed itself limited in terms of bacteriological quality, this demonstrates the need of the use of hypochlorite of sodium. The costs with the use of a SWSR are shown very smaller if compared the current sources used by the residents of the islands.

Word-key: Rain water, Use of pluvial Water, Ends drinkable, Amazonian, Water supply.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processos hidrológicos terrestres 25

Figura 2 - Distribuição da água na terra em volume e percentuais 28

Figura 3 - Mapa do total anual da precipitação no Estado do Pará 30

Figura 4 - Mapa da frequência de dias com precipitação anual no estado do Pará 31

Figura 5 - Mapa de chuva –a) Trimestre mais chuvoso; b) Trimestre mais seco 31

Figura 6 - Lava-jato da empresa Urubupungá Turismo 61

Figura 7 - Uso de água da chuva no condomínio Business Park: a) placa indicativa de uso de água da chuva; b) Carro pipa que transporta água da chuva para os pontos de uso 62

Figura 8 - Esquema do Sistema de aproveitamento de água de chuva da fábrica de refrigerantes 63

Figura 9 - Cisterna construída no Instituto Odão para aproveitamento de água de chuva 64

Figura 10 - Estufa na China com estrutura de captação de água de chuva 66

Figura 11 - Modelo das cisternas no nordeste 67

Figura 12 - Moradia do interior beneficiada com o módulo de captação de água da chuva 69

Figura 13 - SAAC implantado pela Cáritas: a) Sistema da ilha Urubuoca, b) Sistema da ilha Nova, c) Tratamento SODIS na ilha Nova 70

Figura 14- Sistema de aproveitamento de Água da Chuva na ilha Grande: a) placa de inauguração do sistema, b) calhas ainda existentes no local e c) cisterna em concreto de 16.000 litros 72

Figura 15 - SAAC improvisado na ilha Grande: a) pedaço de calha amarrado próximo ao telhado e recipiente plástico que recebe a água da chuva; b) desinfecção de água por radiação solar 72

Figura 16 - Sistema alternativo de aproveitamento de água de chuva implantado na Ilha do Combu: a) Área de captação b) Cisterna de 16.000 litros em concreto 73

Figura 17 - cacimba localizada na Comunidade de São José, próximo a Ilha Grande 81

Figura 18- Fluxograma com a avaliação da aceitabilidade do SAAC e suas variáveis 85

Figura 19 - Imagem da localização da área de estudo 86

Figura 20 - Locais onde os sistemas 1 e 2 foram instalados: a) Residência na ilha Grande; b):Residência na ilha Murutucu 87

Figura 21 - Fluxograma da metodologia utilizada para cumprimento dos objetivos deste trabalho 89

Figura 22 - Concepção Básica do Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva 94

Figura 23 - Dimensões dos telhados inclinados dos sistemas 1 e 2 95

Figura 24- Perfil da calha 98

Figura 25- Esquema do reservatório de auto-limpeza 99

Figura 26 - Croqui do filtro de areia 102

Figura 27 - Tratamento do material do meio filtrante: a) Retirada de umidade da areia ao ar seco; b) Estufa de secagem e esterilização 103

Figura 28 - Tratamento do material do meio filtrante: a) Peneiragem da areia; b) Balança de precisão utilizada para pesar areia 103

Figura 29 - baixa e vista lateral “A” e vista frontal “B” do sistema 1 106

Figura 30 - baixa e vista lateral “A” e vista frontal “B” do sistema 2 106

Figura 31 - Transporte do material para ilha Grande: a) transporte de caminhão, b) trapiche da Praça Princesa Isabel e c) acomodação do material no barco que transportou o material para ilha Grande 107

Figura 32 - Suporte em madeira do SAAC da Ilha Grande 107

Figura 33 - Detalhamento das peças que compõem a calha 108

Figura 34 - Adaptação dos reservatórios de auto-limpeza abaixo da calha 108

Figura 35 - Preparação da caixa d’água para instalação 109

Figura 36 - Detalhe dos tubos de auto-limpeza e caixa d’água 110

Figura 37 - Preparação da camada suporte e do leito de areia do filtro 110

Figura 38 - Detalhe da instalação do filtro 111

Figura 39 - Detalhe da instalação dos filtros e dos sifões 111

Figura 40 - Detalhe da tela plástica Preta instalada na entrada do bocal da calha 112

Figura 41 - Detalhamento do sistema 2 (ilha Murutucu) 113

Figura 42 - Limpeza de caixa d’água 116

Figura 43 - Lavagem da tampa da caixa d’água 116

Figura 44 - Evento de educação ambiental realizado com os moradores da ilha Grande e ilha do Murutucu 117

Figura 45- Acondicionamento e transporte de amostras: a) Frascos de 100 ml utilizados para coletar amostras para análise bacteriológica; b) acondicionamento da amostra de água do rio e da chuva na caixa térmica 121

Figura 46 - Mapa de localização dos Sistemas de aproveitamento de Água de chuva 122

Figura 47 - Coleta de Água pluvial direto da atmosfera 124

Figura 48 - Coleta da água da cacimba comercializada nas Ilhas 125

Figura 49 - Ponto de abastecimento de água da cacimba nas garrafas de 20 litros para posterior venda 126

Figura 50 - Vista do telhado dos sistemas: a) sistema 1; b) sistema 2 140

Figura 51 - Vista da água de chuva após passar pelo SAAC 142

Figura 52- Manutenção do SAAC - a) Reservatório Superior do sistema 2, b) Vista externa do Reservatório Superior do sistema 2; c) Reservatório Superior do Sistema 1 146

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição de Recursos Hídricos por população em % do total no Brasil 29

Gráfico 2 - Escolaridade (%) da população das ilhas Grande e Murutucu 80

Gráfico 3 - Fonte de abastecimento de água para fins potáveis nas duas ilhas 81

Gráfico 4 - Tipos de tratamento empregado na água: ilha Grande x ilha Murutucu 83

Gráfico 5- Custo do SAAC da Ilha Grande 132

Gráfico 6 - Custo do SAAC da ilha Murutucu 132

Gráfico 7 - Comparativo do custo entre o saac1, água da cacimba e água da concessionária 135

Gráfico 8 - Comparativo do custo entre o SAAC 2, água da cacimba e água da concessionária 136

Gráfico 9 - Box plot do parâmetro pH dos sistemas 1 e 2 139

Gráfico 10 - Box plot do parâmetro Cor Aparente dos sistemas 1 e 2 141

Gráfico 11 - plot do parâmetro Turbidez dos sistemas 1 e 2 144

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Água disponível (%) x população nos continentes 29
Tabela 2 - Médias mensais de precipitação de série histórica de 30 anos – estação Belém. 32
Tabela 3 - Doenças de transmissão hídricas mais comuns 40
Tabela 4 - Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção 42
Tabela 5 - Alguns parâmetros preconizados pela portaria 2.914/2011 42
Tabela 6 - Remoção de microrganismos em filtros lentos segundo vários pesquisadores 44
Tabela 7 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis. 45
Tabela 8 - Coeficiente de runoff médios propostos por Hofkes e Frasier (1996) 51
Tabela 9 - Coeficiente de runoff de Paulo Sampaio Wilken (1978) 51
Tabela 10 - Capacidade de reservatórios de descarte 52
Tabela 11 - Informações gerais sobre o questionário socioeconômico realizado nas ilhas Grande e Murutucu ... 79
Tabela 12 - Número de moradores na ilha grande e na ilha Murutucu 79
Tabela 13 - Origem da água e o(s) tipo(s) de tratamento aplicado 82
Tabela 14 - Capacidade de calhas semicirculares 96
Tabela 15 - Coeficiente de rugosidade 98
Tabela 16- Volumes de 1 mm de água de chuva e o volume que será desprezado 99
Tabela 17- Especificação da camada suporte do filtro proposto 101
Tabela 18 - Equipamentos e produtos utilizados no processo de construção dos SAAC 113
Tabela 19 - Pontos selecionados para monitoramento da qualidade da água ao longo dos sistemas 119
Tabela 20- Data das 15 campanhas de coleta de amostras para análise de água 130
Tabela 21 - Custo de instalação, operação e manutenção dos sistemas 1 e 2 133
Tabela 22 - Máximo, Mínimo, Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação da Temperatura do sistema 1 138
Tabela 23 - Máximo, Mínimo, Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação da Temperatura do sistema 2 138
Tabela 24 - Mínimo, máximo e média da turbidez nos sistemas 1 e 2 145
Tabela 25 – Resultado de presença e ausência de coliformes totais e E.coli Coli no sistema 1 146
Tabela 26 - Resultado de presença e ausência de coliformes totais e E. Coli no sistema 2 147
Tabela 27 - Valores de Coliformes totais e E. coli do rio Bijogó, Cacimba e dos sistemas 1 e 2 147

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens de alguns desinfetantes 49

Quadro 2 - Informações necessárias para o dimensionamento do reservatório pelo método Rippl 53

Quadro 3 - Informações necessárias para o dimensionamento do reservatório pelo método Rippl 54

Quadro 4 - Dispositivo legal nos municípios e estados brasileiros 77

Quadro 5 - Nº de residências e de pessoas a serem atendidas pelos SAAC 91

Quadro 6 - Nº de pessoas, consumo per capta e total de água por dia consumida em cada residência 93

Quadro 7 - Dimensionamento do volume do reservatório realizado através do método Rippl para o sistema 1 104

Quadro 8 - Dimensionamento do volume do reservatório realizado através do método Rippl para o..... 105

LISTA DE SIGLAS

A	ÁREA
a.C	Antes de Cristo
AAC	Aproveitamento de água de chuva
ABCMAC	Associação Brasileira de Captação e Manejo da Água da Chuva
AM	Amazonas
ANA	Agência Nacional das Águas
ANBT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASA	Articulação no Semiárido Brasileiro
BASA	Banco da Amazônia
CAMEBE	Cáritas Metropolitana de Belém
CEASA	Centrais de Abastecimento do Pará S/A
CLO-	Hipoclorito
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COSANPA	Companhia de Saneamento do Pará
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
CT	Tempo de concentração
D	Diâmetro
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ELETRONORTE	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ES	Espírito Santo
ETA	Estação de Tratamento de Água
FAPESPA	Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Pará
FAPIP	Associação de moradores das Ilhas
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
H	Hidráulico
HCLO	Ácido Hipocloroso
IBAMA..	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica
IFPA	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto de Meteorologia
ITEC	Instituto de Tecnologia
KM	Kilômetro
M	Metro
MM	Milímetro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NBR	Normas Brasileira
O	Oxigênio
ºC	Graus Celsius
OD	Oxigênio dissolvido
OMM	Organização Meteorológica Mundial
OMS	Organização Mundial de Saúde

ONGs	Organizações Não Governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Perímetro
P1+2	Programa uma Terra e duas Águas
P1MC	Programa um Milhão de Cisternas
PA	Pará
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PAE	Projeto de Assentamento Extrativista
PE	Pernambuco
PEC	Proposta de Emenda à Constituição
PET	Polímero Termoplástico
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIEA	Programa Internacional de Educação Ambiental
PL	Projeto de Lei
PPGEC	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
PR	Paraná
Prochuva	Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares, Aproveitamento e
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PRONEA	Programa Nacional de Educação Ambiental
PVC	Cloreto de Polivinila
Q	Vazão
R	Raio
RS	Rio Grande do Sul
SAAC	Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva
SAAEB	Serviço Autônomo de Água e Esgoto do Município de Belém
SDS	Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas
SEBURB	Secretaria de Desenvolvimento Urbano de estado do Pará.
SEMA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente
SESMA	Secretaria Municipal de Saúde
SESPA	Secretaria de Estado de Saúde Pública
SIPAM	Sistema de Proteção da Amazônia
SISAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SODIS	Solar Desinfection
SP	São Paulo
SPAIPA	Indústria Brasileira de Bebidas, do Grupo Coca-Cola
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SVS	Secretaria de Vigilância em Saúde
Tx	Taxa
u.C	Unidade de Cor
UFPA	Universidade Federal do Pará
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
USD	Dólar dos Estados Unidos
uT	Unidade de Turbidez
UV	Ultra violeta
V	Volume
VMP	Valor Máximo Permitido
ZEE	Zoneamento Econômico Ecológico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 18
1.1 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 21
1.2 PROBLEMÁTICA 21
2 OBJETIVO 23
2.1 OBJETIVO GERAL 23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 23
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 24
3.1 CICLO HIDROLÓGICO 24
3.1.1 Tipos de chuva 25
3.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA 28
3.3 PLUVIOSIDADE NO ESTADO DO PARÁ 30
3.4 EDUCAÇÃO AMBIENTAL 32
3.5 QUALIDADE DA ÁGUA 35
3.5.1 Características da água e indicadores de poluição 35
3.5.2 Doenças de Veiculação Hídrica 40
3.5.3 Portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011 41
3.5.4 Filtração 43
3.5.5 Desinfecção 44
3.6 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA 49
3.6.1 Descrição de um Sistema Genérico de Aproveitamento de Água de Chuva 50
3.6.2 Qualidade da água de chuva 55
3.6.3 Sustentabilidade do sistema de aproveitamento de água da chuva 56
3.6.4 Histórico da utilização da água de chuva no mundo 59
3.7 ASPECTOS LEGAIS 73
4 CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA DAS ILHAS GRANDE E MURUTUCU .. 78
5 MÉTODO 86
5.1 ÁREA DE ESTUDO 86
5.2 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS 89
5.2.1 Revisão da literatura 90
5.2.2 Pesquisa de campo 90
5.3 PONTOS DE COLETA 121
5.3.1 Parâmetros analisados 126
5.4 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA 126
5.4.1 Procedimentos de análise da qualidade da água 127
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES 131
6.1 AVALIAÇÃO DO CUSTO X BENEFÍCIO DO SAAC 131
6.1.1 Custo do SAAC x Água da Cacimba x Água da Concessionária 134
6.2 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA CAPTADA NOS DOIS SAAC 137
6.2.1 Parâmetros físico-químicos 137
6.2.1 Parâmetros bacteriológicos 146
6.3 INFLUÊNCIA DOS TELHADOS NA QUALIDADE DA ÁGUA CAPTADA 148
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 150
7.1 CONCLUSÕES 150
7.2 RECOMENDAÇÕES 153
8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 155

1 INTRODUÇÃO

O acesso à água potável e ao saneamento básico foi considerado pela Organização das Nações Unidas (ONU) como um direito humano essencial. Segundo Tsutiya (2006) o desenvolvimento de tecnologias tem relatos pré-históricos, diversos modelos de condutos e aquedutos para transporte de água foram construídos na Mesopotâmia, Egito, ilha de Creta, etc. No Brasil, a primeira cidade a ter sistema de abastecimento de água foi o Rio de Janeiro com o primeiro poço escavado em 1561. Em 1810 a cidade já contava com mais de 20 chafarizes públicos.

A população foi crescendo, ocupando outros espaços e a necessidade de água foi impulsionando a criação de novas tecnologias que promovessem a disponibilidade de água à população. Tsutiya (2006) expõe que o enorme benefício do sistema de abastecimento de água reflete na saúde da população em todos os níveis sociais, ao proporcionar à mesma oportunidade de higiene, conforto e bem estar. O acesso à água ocasionou redução imediata na demanda por serviços de saúde. Com o passar do tempo, ocorreram mudanças nos padrões epidemiológicos, todas as sociedades foram marcadas pela redução das taxas de mortalidade causada por doenças infecciosas. A água é considerada o principal veículo de transmissão. As principais causas dessas mudanças foram as melhorias do saneamento ambiental e do estado nutricional da população.

O Brasil desenvolveu no que se refere ao sistema de abastecimento de água, entretanto, em 2008, ainda havia 33 municípios brasileiros sem rede geral de abastecimento de água. Destes, sete na região Norte, com destaque para quatro municípios no Estado de Rondônia. A região com maior percentual de municípios distribuindo água sem nenhum tratamento em 2008 era a região Norte (20,8%), o Pará e o Amazonas tinham os maiores percentuais com 40% e 38,7% respectivamente (IBGE, 2008).

Rebolças (2004) ressalta que o problema de abastecimento de água no Brasil está pautado no quadro de pobreza endêmica que atinge a maior parte da sua população que não pode pagar pelo serviço de captação, transporte, tratamento e distribuição da água limpa para consumo humano. Ponderando que os investimentos públicos necessários foram realizados tanto para construção de obras de captação (adutoras de transporte, estações de tratamento), quanto para implantação das redes de distribuição que atendem perto de 90% da população. Os problemas também estão relacionados à baixa eficiência da manutenção das unidades

físicas de distribuição, tendo em vista que os índices de perdas totais variam entre 40% e 60% no Brasil, o que leva a crer que são problemas mais de ordem física do que financeira.

Belém e sua região metropolitana são abastecidas por água superficial (rio Guamá, lago Água Preta e lago Bolonha) e água subterrânea. A administração do sistema é partilhada pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) e o Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém (SAAEB), mas atualmente, os serviços estão sendo repassados à COSANPA.

O crescimento populacional indisciplinado interferiu no desenvolvimento de sistemas de abastecimento adequados. Dos 296.352 domicílios particulares permanentes da cidade de Belém, apenas 218.066 eram abastecidos em 2000. O déficit é de 26,4%, o que significa que cerca de 338.000 pessoas não são atendidas na cidade (MENDES, 2005).

O crescimento populacional pode resultar em maior competição por limitadas quantidades de água em algumas regiões e a partir do consumo cada vez maior a disponibilidade de água torna-se insuficiente para atender a demanda. De acordo com IBGE (2000/2010), a população de Belém, capital do Estado, passou de 633.374 habitantes em 1970 para 1.280.614 habitantes em 2000 e para 1.393.399 habitantes em 2010. Esse crescimento acelerado dificultou o desenvolvimento adequado do saneamento básico em referência à água.

No Estado do Amazonas o abastecimento de água também é problemático. Através de uma pesquisa realizada em nove comunidades ao longo do rio Solimões no trecho de aproximadamente 365 km em linha reta entre os municípios de Manaus e Coari verificou-se que, dentre as fontes de água para o consumo, a maioria dos moradores das comunidades utiliza basicamente água dos rios e igarapés, apresentando-se em uma faixa entre 70 a 100% de domicílios que utilizam esse tipo de fonte de abastecimento. O armazenamento da água é feito em vasilhas de plástico ou potes de barro. Durante a pesquisa identificou-se que não é empregado nenhum processo de tratamento e nem desinfecção da água antes do consumo. A pesquisa revelou que a água consumida possui cor amarelada (OLIVEIRA, RODRIGUES E CARNEIRO, 2008).

Diante de tais problemáticas, o presente trabalho propõe a utilização de águas pluviais para fins potáveis em áreas ribeirinhas através de um sistema de captação e armazenamento e tratamento da mesma, tendo em vista à melhoria da qualidade de vida de tais comunidades, em especial, a diminuição da incidência de doenças de veiculação hídrica.

No que se refere ao aproveitamento de água pluvial para consumo humano, pode-se mencionar as experiências do semi-árido brasileiro que, segundo Cirilo (2008) são situações mais difíceis de serem superadas quando comparadas as outras regiões semi-áridas do mundo.

Essa região do Brasil apresenta solos em maior parte muito rasos e com as rochas quase aflorantes e isso interfere na existência de aqüíferos, dificultando a recarga e qualidade das águas; as temperaturas elevadas são responsáveis por altas taxas de evaporação; existem poucos rios perenes; agrupamento populacional das mais altas entre os semi-áridos do mundo que provocam pressões demasiadamente grandes sobre os recursos hídricos.

O aproveitamento de água de chuva para consumo humano, dessedentação de animais e irrigação de pequenas áreas foi a solução encontrada por diversas organizações da sociedade civil atuantes no semi-árido como apoio do Ministério do Meio Ambiente para minimizar o sofrimento da população que vive sem água de qualidade.

Para administrar todos os problemas de quantidade e/ou qualidade de água, bem como conflito pelos usos, se faz necessário a gestão de recursos hídricos, que constituem ações indispensáveis em vista da manutenção e uso desse bem tão essencial de forma equilibrada e sustentável. No caso de um sistema de abastecimento público de água, a manutenção do sistema deve ser realizada de forma permanente, desde a fonte de captação até a chegada de água no ponto de consumo.

A sustentabilidade faz arte de todo o processo de gestão e exige mais fundamento na adoção de princípios ou critérios apropriados para a determinação de uma série de processos de intervenção humana no meio. Sem a preocupação de admitir critérios mais realistas, corre-se o risco de dar apoio às práticas nocivas aos ecossistemas. A forma prática que se tem adotado para contemplar esta abordagem é a construção de indicadores de sustentabilidade que podem nortear a adoção de medidas, em suas várias dimensões de desenvolvimento sustentável e as interações complexas que acontecem entre as mesmas. Em se tratando de sustentabilidade do sistema de abastecimento de água deve satisfazer a necessidade do usuário, o que presume: a) acesso facilitado; b) quantidade satisfatória ao seu consumo, c) qualidade dentro dos padrões de potabilidade e, d) preço adequado as suas possibilidades de pagamento (MENDES, 2005).

Essas quatro vertentes são tomadas como alicerce para este estudo do sistema proposto em vista de colaborar para melhor qualidade de vida dos usuários, fornecendo acesso a água na torneira em quantidade e qualidade adequadas ao uso proposto, a um baixo custo e promovendo um bem estar social.

1.1 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O capítulo 1 apresenta aspectos introdutórios mostrando a importância dos sistemas de abastecimento de água e apresenta um breve histórico do seu desenvolvimento, o Capítulo 2 trata dos objetivos gerais e específicos da pesquisa. Em seguida, apresenta-se a revisão da literatura no capítulo 3, abordando diversos assuntos pertinentes que servem de embasamento ao desenvolvimento desta pesquisa.

O capítulo 4 faz uma síntese do levantamento sócio econômico realizado na área de estudo, através da aplicação de formulários específicos.

O Capítulo 5 expõe a metodologia adotada para desenvolvimento dos objetivos deste trabalho, exibindo todas as etapas, desde a concepção do projeto até a execução e monitoramento dos sistemas.

No Capítulo 6 são apresentados os resultados e discussão, abordando todos os resultados obtidos com o levantamento socioeconômico, a instalação dos sistemas, a qualidade físico-química e bacteriológica das amostras de água da chuva sem passar pela área de captação e das amostras coletadas nos sistemas.

As conclusões e recomendações são expostas no capítulo 7 e as referências bibliográficas no capítulo 8.

1.2 PROBLEMÁTICA

A zona rural da Amazônia possui uma particularidade muito grande, principalmente nas comunidades ribeirinhas: geralmente são caracterizadas pela carência de saneamento básico. Na Amazônia paraense são milhares de vilarejos, comunidades, núcleos e ilhas com abundância em água superficial, ou seja, a quantidade de água não é a dificuldade, o entrave maior é a qualidade adequada. São áreas geralmente de acesso difícil realizado por via fluvial, estando as casas distantes umas das outras. Essas características tornam inviáveis economicamente a instalação de um sistema público coletivo de água. O abastecimento de água na maioria dessas comunidades acontece por meio dos mananciais superficiais, subterrâneos (através de cacimbas ou poços rasos), transporte de água por longas distancias das cidades mais próximas ou combinação dessas soluções. Essas fontes nem sempre são adequadas ao consumo.

Belém possui 39 ilhas em seu entorno, as quais assim como em outras comunidades ribeirinhas do Estado Pará são cercadas por recursos hídricos, mas em geral não possuem

sistema de abastecimento de água potável. Talvez fosse desmedida a alternativa de aproveitamento de Água da Chuva no município de Belém, posto que haja enormes volumes de águas superficiais e subterrâneas de onde são captadas, tratadas e distribuídas aos pontos de consumo que, apesar dos problemas na cobertura de abastecimento, abrangem parcela considerável da população, quase totalidade. O aproveitamento de água de chuva pode ser uma alternativa viável para essas comunidades que popularizam grandes extensões em áreas de tão difícil acesso e baixa densidade populacional.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver modelo de Sistema de Abastecimento de Água da Chuva (SAAC) para atendimento de comunidades ribeirinhas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a demanda de água necessária para suprir a necessidade das famílias atendidas pelo Sistema de Abastecimento de Água da Chuva (SAAC);
- Avaliar se a quantidade de precipitação atende a demanda de água para garantir que o sistema abasteça o usuário na maior parte de tempo necessário;
- Realizar o dimensionamento dos Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva (SAAC);
- Implantar os Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva (SAAC);
- Avaliar sistematicamente as características físico-químicas e bacteriológicas da água do SAAC nos termos da legislação vigente;
- Capacitar os usuários quanto à utilização eficiente do SAAC ao que se refere à instalação e manutenção;
- Avaliação do custo x benefício do SAAC;
- Apoiar o desenvolvimento de ações de educação sanitária/ambiental.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CICLO HIDROLÓGICO

Conforme Silveira (2001) o ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície da terra e a atmosfera, estimulado principalmente pela energia solar associada à gravidade e a rotação terrestre. O autor, alerta que o ciclo hidrológico só é fechado em nível global e que os volumes evaporados em um local do planeta não precipitam necessariamente na mesma região devido os movimentos contínuos que ocorrem com dinâmicas distintas na atmosfera e também na superfície terrestre.

Garcez e Alvarez (1999) consideram a composição do ciclo hidrológico em duas fases principais: uma atmosférica e outra terrestre e que cada uma delas compreendem: armazenamento temporário de água e transporte.

Conforme Shinklomanov (1998) durante os últimos 25 a 30 anos tem havido grande alteração no ciclo hidrológico provocado por ações antropogênicas em rios e lagos, que afetam a qualidade da água. A extensão dos recursos hídricos, espacial e sua distribuição temporal, são determinadas não só por variações climáticas naturais, mas agora também por atividades econômicas do homem. Em muitas partes do mundo os recursos hídricos tornaram-se esgotados e contaminados, perdendo a capacidade de atender às demandas. Isto tem se tornado o fator principal de impedimento de desenvolvimento e crescimento da população.

Silveira (2001) apresenta o ciclo hidrológico como compreendendo quatro etapas principais: precipitação, interceptação, infiltração e o escoamento superficial, mas para considerações deste estudo apenas uma dessas fases será abordada, a precipitação que é uma das peças chave para o sucesso desta pesquisa.

Segundo Silveira (2001)

> A *Precipitação,* na sua forma mais comum que é a chuva, ocorre quando complexos fenômenos de aglutinação e crescimento das microgotícolas, em nuvens com presença significativa de umidade (vapor de água) e núcleos de condensação (poeira ou gelo), formam uma grande quantidade de gotas com tamanho e pesos diferentes para que a força da gravidade supere a turbulência normal ou movimentos ascendentes do meio atmosférico...

A figura 1 apresenta um esquema dos Processos hidrológicos terrestre.

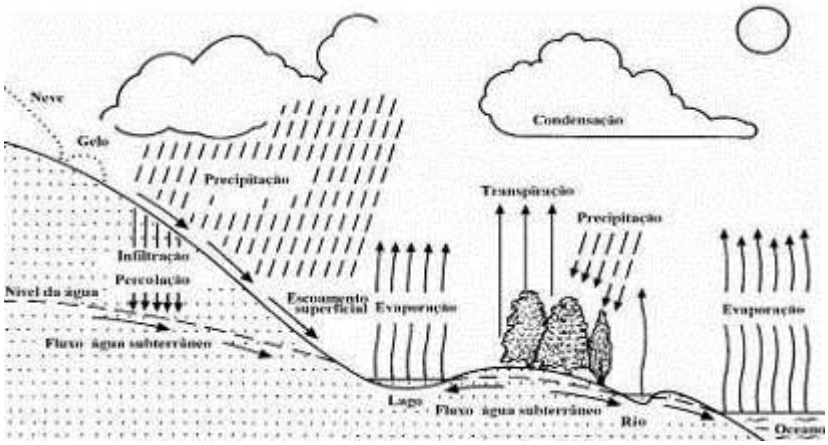


Figura 1 - Processos hidrológicos terrestres
Fonte: TUCCI (2001)

Para TUNDISI & TUNDISI (2011) água pluvial é a água adicionada à superfície da Terra a partir da atmosfera. Pode ser líquida (chuva) ou sólida (neve ou gelo).

O artigo 102 do decreto 24.643/1934 (código de águas) refere-se às águas pluviais como sendo as que procedem imediatamente das chuvas.

Para Tucci & Bertoni (2003) a precipitação é percebida em hidrologia como toda água derivada do meio atmosférico que alcança a superfície terrestre, tais como: neblina, chuva, granizo, orvalho, geada e neve. Cada uma dessas formas de precipitação é diferenciada através do estado em que a água se encontra.

3.1.1 **Tipos de chuva**

A chuva é o tipo de precipitação mais importante para este estudo e de acordo com Tucci e Bertoni (2003) pode se classificar em:

a) Convectivas

São características das regiões equatoriais, onde os ventos são fracos e os movimentos de ar são fundamentalmente verticais. Acontecem quando em tempo calmo, o ar úmido é aquecido na vizinhança do solo produzindo formação de camadas de ar que permanecem em equilíbrio instável. Perturbado o equilíbrio, forma-se brusca ascensão de ar menos denso que atingirá seu nível de condensação com formação e nuvens e muitas vezes precipitações. Esse

tipo de chuva em geral acontece em grande intensidade e pequena duração, ocorrem em áreas pequenas e podem provocar inundações em pequenas bacias.

b) Orográficas

Ventos quentes e úmidos que sopram comumente do oceano para o continente e encontram barreira montanhosa elevam-se e se resfriam adiabaticamente havendo condensação do vapor, formação de nuvens e ocorrência de chuvas que acontecem em pequena intensidade e grande duração, cobrindo pequenas áreas.

c) Frontais ou ciclônicas

Sucede da interação de massa de ar quente e fria. Ocorrem nas regiões de convergência na atmosfera, onde o ar mais quente e úmido é impulsionado para cima violentamente, originando seu resfriamento e a condensação do vapor d'água de forma a originar chuva. Essas chuvas que se caracterizam por extensa, intensidade média e abrangem grandes áreas e podem vir acompanhadas por ventos fortes com circulação ciclônica, bem como causar cheias em grandes bacias.

3.1.1.1 Medição de precipitação

No Brasil a precipitação absoluta (mais de 99%) cai sob forma de chuva (às vezes de granizo). Para registrar a quantidade de precipitação pluvial utilizam-se aparelhos chamados pluviômetros e pluviógrafos, sendo que este registra e fornece informações sobre o começo, intensidade e duração da chuva. Podem-se ainda obter informações através de radares (SANTOS ET AL., 2001).

Tucci (2001) reporta que a aquisição de dados de chuva de boa qualidade é difícil, embora a medição e os aparelhos sejam simples. Entretanto é raro encontrar uma série de dados pluviométricos ou pluviográficos confiáveis. Para realizar análise dos dados deve-se ter claro o conhecimento dos métodos de aquisição dos aparelhos usados, dos lugares de instalação e, ainda, conhecer um pouco da conduta dos observadores. Basicamente existem duas maneiras de se medir chuva: pontualmente, através de pluviômetros ou pluviógrafos, ou espacialmente, por meio de radares.

A medição pontual é a mais comum e existem várias normas de instalação de pluviômetros e pluviógrafos. Já houve algumas tentativas de homogeneização internacional feitas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Portanto, admite-se de forma geral que a interceptação da chuva deva ser realizada a uma altura média acima da superfície do solo (entre 1,0 m e 1,5 m). O aparelho deve ficar posicionado longe de qualquer obstáculo que pode prejudicar a medição como prédios, árvores, relevo, etc. (TUCCI, 2001).

● Pluviômetro

O pluviômetro é um recipiente de volume suficiente para conter as maiores precipitações dentro de um intervalo de tempo definido para frequência das observações (em geral 24 h). Acima desse recipiente é colocado um funil com um anel receptor biselado que define a área de interceptação. Esta área não é normalizada, encontram-se áreas de 100, 200, 314, 400 ou 1000 cm² (TUCCI, 2001).

● Pluviógrafo

Conforme Tucci (2001) a variabilidade temporal dos eventos chuvosos torna necessário o uso de equipamentos automáticos (pluviógrafos) que permite medir as intensidades das chuvas durante intervalos inferiores àqueles obtidos com as observações manuais feitas nos pluviômetros. Existem diversos modelos de aparelhos caracterizados por diferentes formas de medir e gravar continuamente as precipitações. São quatro as etapas de aquisição de dados:

a) Medição: as principais técnicas encontradas são: as cubas basculantes, reservatório equipado com boia, sifão e pesagem de um reservatório suspenso;
b) Transmissão do sinal: a transmissão pode acontecer mecanicamente (pena colocada na ponta de uma alavanca ligada ao movimento do sensor de medição) ou de forma elétrica (sinal digitalizado como um interruptor de lâmina flexível, fotoelétrico, cápsula de mercúrio, potenciômetro, etc.);
c) Gravação: As informações podem ser gravadas de diversas formas:

- Escrita em suporte de papel: fita colocada em volta de um tambor com rotação de 24 h até oito dias; rolo adaptado a um movimento de desenrolamento (transportador de carta) com funcionamento de um mês até seis meses;

- Memorizada em suporte eletrônico ou magnético: memória residente, cartuchos ou disquetes móveis e fitas magnéticas;
- Transmitidas em tempo real.

3.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

A água ocupa em torno de 75% da superfície da terra e apresenta-se como o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva. É um solvente universal da maioria das substâncias (LIBÂNIO, 2005).

De acordo com MMA (2006) de todo o volume de água existente no planeta 97,5 % corresponde aos mares, oceanos e lagos de água salgada. Esta condição infere na disponibilidade dessa água para consumo, pois as técnicas de dessalinização possuem custos elevados.

Quanto à parcela de água doce (2,5%), desse percentual apenas 0,3 % constitui a porção superficial da água doce presente em rios e lagos; 68,9% do mesmo se encontra nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, 30% são águas subterrâneas; 0,9 % compõem a umidade do solo e pântanos (MMA, 2006). A figura 2 exibe a distribuição da água na terra e a tabela 1 apresenta o percentual de água disponível x população nos continentes.

Figura 2 - Distribuição da água na terra em volume e percentuais
Fonte: MMA (2006)

A água doce está mal distribuída pelo globo, essa característica está relacionada com os diversos ecossistemas da Terra. Dependendo dos ecossistemas que formam o território de um país, esse pode ter mais ou menos água disponível (MMA, 2006).

Tabela 1- Água disponível (%) x população nos continentes

Continente	Água (%)	População (%)
América do Norte e Central	15%	8%
América do Sul	26%	6%
Europa	8%	13%
África	11%	13%
Ásia	36%	60%
Austrália e Oceania	5%	1%

Fonte: MMA (2006)

O gráfico 1 ilustra a quantidade de recursos hídricos em relação à população nas regiões brasileiras, demonstrando novamente a distribuição de água não igualitária.

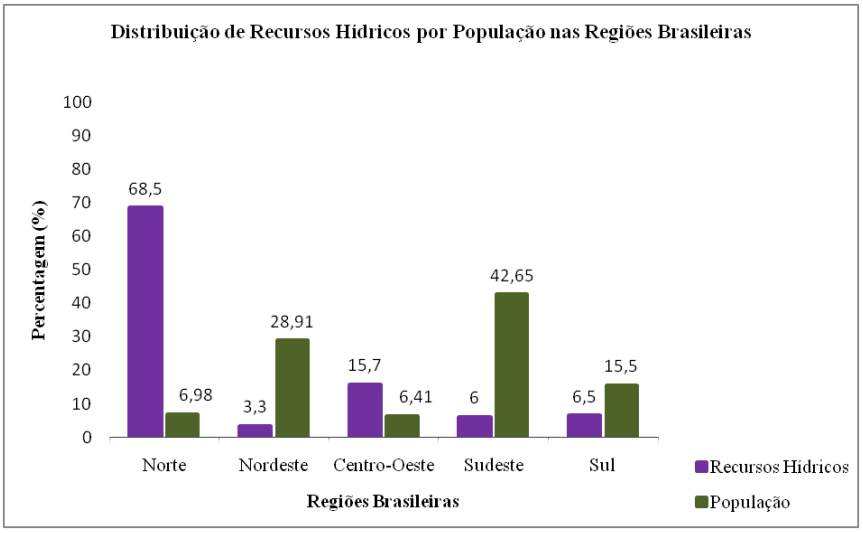


Gráfico 1 - Distribuição de Recursos Hídricos por população em % do total no Brasil
Fonte: MMA (2006)

Rebouças (2004) enfatiza que no Brasil há água em excesso nos rios, mais do que o suficiente em qualquer uma das suas regiões geográficas e que nada explica a sua permanência na lista dos países com escassez de água, com dificuldades em proporcionar o desenvolvimento essencial, para melhorar a qualidade de vida da sua população, para sustentar o crescimento e, eventualmente, estabilizá-lo em nível adequado. A escassez de água chega a alcançar o Brasil na medida em que 80% do deflúvio anual médio de seus rios acontecem nos locais menos densamente habitados, na faixa de dois a cinco hab./km².

No passado as cidades eram menores, a população retirava água do rio, utilizava e despejava em forma de esgoto sem tratamento, poluindo os corpos hídricos e deixando por conta da natureza a tarefa de recuperar sua qualidade, porém os impactos eram menores, pois os volumes despejados eram pequenos em relação à capacidade de autodepuração dos rios.

Contemporaneamente, a alta taxa populacional, o uso de produtos químicos na agricultura, que também foi consideravelmente ampliada e ainda a contribuição das indústrias consome volumes enormes de água que retorna contaminada para o corpo hídrico, causando a deterioração dos mananciais e a redução da cobertura de água segura para a população, ou seja, a escassez qualitativa (TUCCI, 2005).

3.3 PLUVIOSIDADE NO ESTADO DO PARÁ

O Estado do Pará é rico em recursos hídricos e possui alta pluviosidade em quase totalidade da sua extensão. O Projeto Zoneamento Econômico Ecológico - ZEE[1] a partir de 30 anos de análise de informação realizou a caracterização climática do Estado do Pará.

Para a realização desse estudo de zoneamento climático, utilizaram-se dados coletados pela rede observacional de estações meteorológicas disponibilizadas por diversas instituições parceiras, tais como: Agência Nacional de Águas (ANA), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A (Eletronorte), Companhia de Pesquisas de Recursos Naturais (CPRM), dentre outras. A base de dados totalizou 223 Postos Pluviométricos e os dados foram tratados estatisticamente para divulgação (SIPAM, 2009). A figura 3 representa o mapa que foi gerado considerando-se a escala anual (mapa do total anual de janeiro a dezembro). A intensidade da chuva em mm (milímetros) é indicada na escala de cores no lado esquerdo da figura.

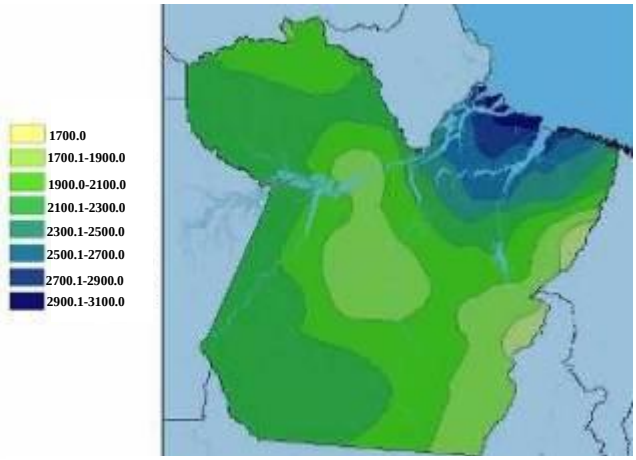


Figura 3 - Mapa do total anual da precipitação no Estado do Pará
Fonte: SIPAM (2009)

A ocorrência de dia de chuva é boa na maior parte do Estado. O nordeste do Estado, onde está localizada a cidade de Belém e a região de calha norte são as regiões mais chuvosas

[1] Zoneamento Ecológico Econômico do Pará (2009)

e a que chove com mais frequência, apresentando chuva em torno de 176 a 200 dias por ano (ver figura 4). No lado leste do Estado a chuva é climatologicamente menor, com aproximadamente 125 a 150 dias com ocorrência de chuva ao longo do ano (SIPAM, 2009). O número de dias com ocorrência de chuva é indicado pela escala de cores no lado esquerdo da figura.

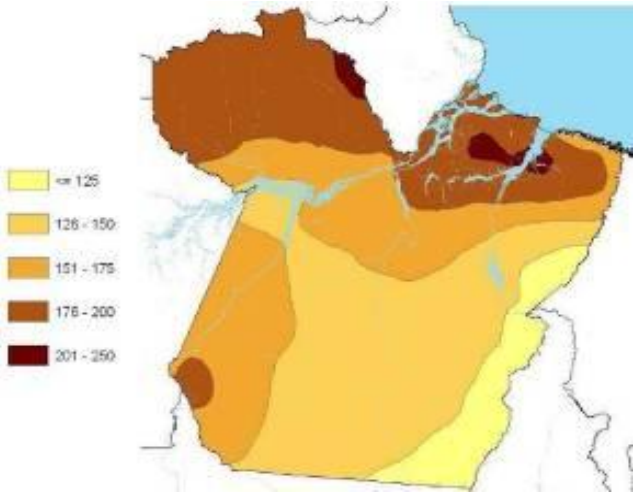


Figura 4 - Mapa da frequência de dias com precipitação anual no estado do Pará
Fonte: SIPAM (2009)

A Figura 5 apresenta o trimestre mais chuvoso e o trimestre mais seco (ou menos chuvoso), respectivamente. Toda a região nordeste do estado, onde também está inserida a cidade de Belém, apresenta o trimestre mais chuvoso entre os meses de fevereiro e abril e o mais seco, o trimestre entre agosto e outubro.

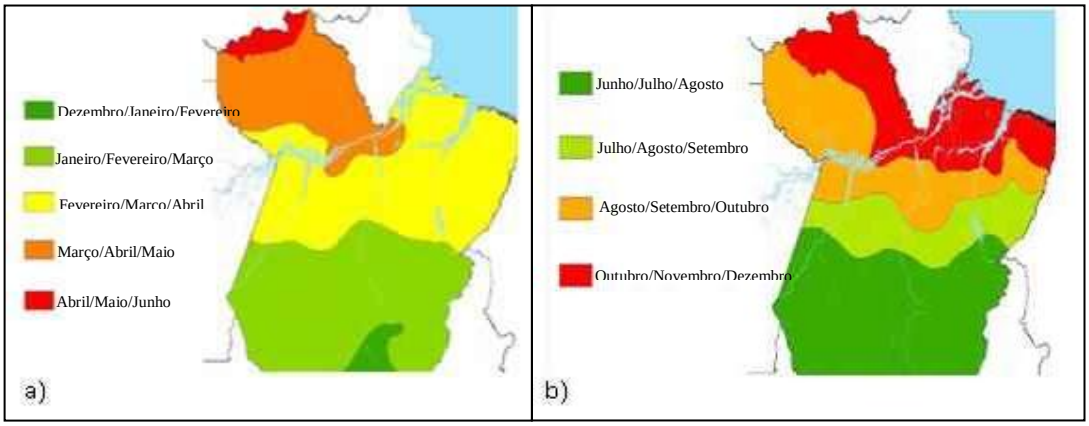


Figura 5 - Mapa de chuva –a) Trimestre mais chuvoso; b) Trimestre mais seco
Fonte: SIPAM (2009)

O Departamento Nacional de Meteorologia editou a publicação das normas climatológicas, do período de 1961 a 1990, fornecendo dados de precipitação de 30 anos, da estação Belém, nº 82191, localizada no Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. A

tabela 2 esboça as médias desses 30 anos, dos meses de janeiro a dezembro e a média anual de chuva.

Tabela 2 - Médias mensais de precipitação de série histórica de 30 anos – estação Belém.

MESES	PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)
Janeiro	366, 500
Fevereiro	417, 500
Março	436, 200
Abril	460, 000
Maio	304, 400
Junho	140, 200
Julho	152, 100
Agosto	131, 100
Setembro	140, 800
Outubro	116, 100
Novembro	111, 800
Dezembro	216, 400
Anual	**2.893,1 mm/ano**

Fonte: Departamento Nacional de Meteorologia, 1992.

3.4 EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Já se ouvia falar em educação ambiental em meados da década de 60, mas o reconhecimento internacional desse tema como uma estratégia para se construir sociedades sustentáveis aconteceu em 1975 em Estocolmo, quando se instituiu o Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA), sob deliberação da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em atendimento à Recomendação nº 96 da Conferência de Estocolmo. Em 1977 foi realizada a Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, conhecida como Conferência de Tbilisi, momento que se consolidou o PIEA e se constitui promoção da educação ambiental (PRONEA, 2005).

Conforme Dowbor e Tagnin (2005) a educação ambiental vem se concretizando nas últimas décadas para além do âmbito da educação formal e das atividades de ações da comunidade organizada por meio das organizações não governamentais (ONGs), observa-se também a inclusão das empresas que, percebendo os custos implícitos nos passivos ambientais vem investindo na implantação de sistema de gestão para permitir suas políticas ambientais, tendo como um dos seus principais focos de interesse, a água. Dá para observar que se trata de uma educação que não se reduz a teores factuais ou conceituais. Busca, sobretudo, promover conteúdos atitudinais e procedimentais, visando a um agir crítico e responsável, que envolva tanto o poder público quanto a própria comunidade. A educação ambiental deve adotar metodologias aplicáveis a cada público (comunidade, ensino formal,

empresas, poder público, etc.), levando em consideração a cultura local e os valores vigentes em cada coletivo a fim de facilitar a construção conjugada de novas percepções para o exercício da cidadania.

O meio ambiente obteve ganhos consideráveis com a instituição da Política Nacional do Meio Ambiente através da Lei Federal 6.938/1981 que criou o SISAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente) e o Programa Nacional de Educação Ambiental (PRONEA) criado pela Presidência da República em 1994.

As questões ambientais se fortaleceram e diversos empenhos da sociedade civil, escolas, ONGs, órgãos governamentais, bem como a proposta da inserção da temática ambiental nos currículos escolares dos antigos 1° e 2° graus, cursos de especialização na área de meio ambiente, eventos como fóruns, simpósios, congressos e várias publicações fortaleceram o tema. Durante décadas, o tema "educação ambiental" vem passando por um processo de desenvolvimento, mas é necessário fazer mais. O meio ambiente, saneamento e a saúde pública possuem afinidades e se revelam como pressupostos fundamentais para construção do desenvolvimento de um modelo de planejamento de sistemas de gestão ambiental que deve ser composto por um arcabouço educacional legal e institucional.

O Saneamento promove saúde pública preventiva e a maioria dos problemas sanitários que as populações são acometidas estão relacionados com a falta de cuidado com o meio ambiente, como exemplo, menciona-se o despejo de esgoto doméstico e industrial in natura nos corpos d'água e a destinação inadequada dos resíduos sólidos. Um dos problemas sanitários recursivos é a diarreia, que de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2012), estima-se que 4,6 milhões de crianças de até cinco anos de idade morrem por ano no mundo, dentre as causas mais recorrentes dessa enfermidade enfatiza-se a falta ou condições inadequadas de saneamento.

Essas questões são agravadas com o baixo índice de escolaridade da população, a educação é uma condição fundamental para a construção do desenvolvimento de um modelo de planejamento de sistemas de Saneamento ambiental. Conforme IBGE (2010) o percentual de pessoas sem instrução ou com o nível fundamental incompleto no ano de 2010 era de 50,2%. Na área objeto deste estudo que compreende a ilha Grande e a ilha murutucu, 82,5 % da população possuem o nível fundamental incompleto, destas 10,5 % nunca foram à escola. Esse é um fator que certamente influencia no processo de absorção de informações, ou seja, as ações de educação ambiental tendem a ser pouco vantajosas para tal público.

As populações rurais são mais inacessíveis e contam com várias crenças que dificultam o processo de inserção de novas informações. São várias gerações que vivem do

mesmo modo, com os mesmos hábitos. Rozemberg (2007) relata que muitas vezes essas pessoas até replicam elementos detalhados que lhes foram repassadas sobre o ciclo de transmissão de uma doença, por exemplo, mas que essa mesma pessoa não absorve, não aceita essa informação, pois a experiência da sua vida não confirma o fato. O mesmo autor acredita que os profissionais locais de saúde são importantes no processo de valorização do senso comum e da experiência empírica das populações rurais, de forma a favorecer a inclusão do saber técnico de utilidade pública sem prejuízo ao patrimônio cultural que está na base da identidade e da saúde desses grupos.

Conforme Souza (2012) o projeto Água em Casa, Limpa e Saudável de responsabilidade da Cáritas verificou que mesmo depois de realizado o procedimento da desinfecção da água de chuva das ilhas Nova, Jutuba e Urubuoca em Belém, aquele que é considerado o parâmetro sanitário mais importante para a potabilidade, as bactérias "*Escherichia coli"* apresentou-se muito negativo, uma vez que houve presença desses microrganismos na imensa maioria das amostras analisadas.

Na busca por respostas para esse fato os pesquisadores observaram nas visitas a campo que a população cometia equívocos na execução dos procedimentos operacionais do SODIS[2], os quais poderiam estar comprometendo os resultados, tais como: falta de lavagem dos telhados, calhas e reservatórios, não exposição das garrafas PET ao sol pelo tempo necessário. Essas informações já haviam sido repassadas aos usuários dos sistemas. Ainda assim, foram implementadas ações de educação ambiental e em saúde, com o objetivo de orientar os moradores na tentativa de solucionar o problema. Apesar disso, os resultados se conservaram inalterados ao longo do tempo e que, portanto, as ações realizadas não foram eficazes. Em mais uma tentativa de alcançar a sensibilização daquela população foram realizados exames laboratoriais parasitológicos e hematológicos e somente foi possível identificar interesse e compreensão dessa comunidade quando foram entregues os resultados dos exames que revelaram diversos casos de enteroparasitoses (SOUZA, 2012).

Os resultados dos 156 exames parasitológicos mostraram a presença de oito espécies de parasitas (Entamoeba coli, Giardialamblia, Ascaris lumbricóides, Tricocephalustrichiurus, Entamoebahistolytica, Endolimax nana, Iodamebabutschlici). Isso indica que, para acessar os

[2] Desinfecção de águas através do uso da energia solar. Geralmente são utilizadas em áreas rurais de países em desenvolvimento, possibilitando a desinfecção de águas captadas em poços ou mananciais superficiais, cujas características físicas e químicas são adequadas ao consumo humano, mas sanitariamente duvidosas (PATERNIANI; SILVA, 2005).

canais adequados de sensibilização das comunidades é necessário partir daquilo que faz sentido para ela, que tem representatividade em sua vida e que faz parte de sua história (SOUZA, 2012).

A ideia dos pesquisadores foi de mostrar algo concreto (os resultados dos exames laboratoriais) mostrando às pessoas, que elas são portadoras de doenças veiculadas por consumo de água contaminada e que delas depende a sustentabilidade do sistema de água que as abastece, que para obter água de qualidade o usuário deve fazer a sua parte, operando corretamente o sistema.

3.5 QUALIDADE DA ÁGUA

A água é essencial ao ser humano, no entanto, ela pode conter determinadas substâncias, elementos químicos e/ou microorganismos que devem ser eliminados ou reduzidos a concentrações que não sejam maléficas à saúde do ser humano. Grande parte das doenças que se difundem pelos países em desenvolvimento é originada da água de qualidade insatisfatória (DI BERNARDO, DI BERNARDO E CENTURIONE FILHO, 2002).

3.5.1 **Características da água e indicadores de poluição**

De acordo com Finotti *et al*.(2009) a água possui duas propriedades fundamentais que influenciam sua qualidade: a capacidade de dissolução e sua capacidade de transporte. Essas propriedades são decisivas para que haja o estabelecimento da qualidade das águas. Os principais parâmetros de qualidade são divididos em físico, químicos e biológicos.

3.5.1.1 Parâmetros físicos

Estão relacionados com os aspectos sensoriais provocados pela água do curso hídrico. A existência de alguns desses elementos na água pode ocasionar danos também de aspectos sanitários. Os parâmetros físicos podem ser sugestivos de aumento na concentração de parâmetros químicos, ainda que não ocasionem danos diretamente na saúde de possíveis usuários (FINOTTI *ET AL*., 2009).

Finotti *et al*.(2009); Richter, Azevedo Netto (1991) e Von Sperling (2005) descrevem os principais parâmetros físico-químicos:

- **Cor**

É resultante, sobretudo da dissolução de ferro, manganês, matéria orgânica (ácidos húmicos e fúlgicos) e/ou lançamento de efluentes industriais com cor em corpos d'água. Águas com elevada concentração de pigmentos apresentam como principal efeito ecológico a redução da penetração da luz solar e logo diminui a fotossíntese realizada pelo fito plâncton e macrófitas.

- **Turbidez**

Tem relação direta com a transparência da água e depende da concentração de materiais em suspensão, como silte, argila, partículas finas de matéria orgânica e inorgânica, compostos orgânicos solúveis, plânctons e outros microorganismos. Alterações na turbidez podem ser ocasionadas pelo despejo de efluentes com material em suspensão e coloidal.

- **Temperatura**

A temperatura tem importância por sua influência sobre outras propriedades: acelera reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, acentua a sensação de sabor e odor. No ciclo de vida dos organismos, pode alterar migrações, desova e incubação de ovos, além do crescimento dos organismos. A temperatura elevada pode aumentar a ação tóxica de muitos elementos e compostos e resulta também na redução da viscosidade da água, o que provoca o afundamento do plâncton, estimula a atividade biológica resultando em consumo de oxigênio.

- **Odor e sabor**

Resultam geralmente de compostos orgânicos voláteis, que podem ser produzidos por fitos plânctons e plantas aquáticas ou matéria orgânica em deposição. As águas residuárias podem também produzir odores diretamente ou através do estímulo da atividade biológica. Compostos orgânicos, produtos químicos inorgânicos, óleos e gases também podem causar odores.

3.5.1.2 Parâmetros químicos

As análises químicas da água determinam mais precisamente as características da água e assim são mais vantajosas no sentido de apreciação das propriedades de amostras. São de grande importância, tanto do ponto de vista sanitário como econômico. Algumas análises permitem avaliar o grau de poluição de uma fonte de água (RICHTER, AZEVEDO NETTO, 1991).

- **pH**

Potencial hidrogeniônico é a medida do balanço ácido da solução, definido pelo negativo do logaritmo da concentração do íon hidrogênio. O pH varia entre 0 (muito ácido) e 14 (muito básico), o pH 7 é considerado neutro. Várias etapas de tratamento de águas de abastecimento dependem do pH, este também influencia na precipitação de metais pesados ou solubilização de diversos compostos químicos. Em geral, a condição de pH satisfatória à formação de um ecossistema diverso e um tratamento mais estável, é a neutralidade, tanto em meios aeróbios como nos anaeróbios.

- **Oxigênio dissolvido**

Depende da temperatura, salinidade, turbulência, atividade fotossintética de algas e plantas e da pressão atmosférica. A solubilidade do oxigênio diminui com o aumento da temperatura e da salinidade. As baixas taxas de OD no meio ocasionam consequências como: mortandade de organismos aeróbios, solubilização de compostos químicos, aumento da toxidade, geração de maus odores e inconvenientes estéticos.

- **Alcalinidade**

Trata-se da capacidade da água em neutralizar ácidos ou capacidade tampão por evitar variações bruscas de pH. Valores elevados de alcalinidade estão relacionados com a decomposição de matéria orgânica e à alta taxa respiratória de microorganismos, com liberação e dissolução do gás carbônico na água.

- **Dureza**

É ocasionado especialmente por sólidos dissolvidos, sobretudo, cálcio e magnésio. Águas com elevada dureza são responsáveis por incrustações em tubulações de água quente e caldeiras devido à precipitação dos cátions em temperaturas elevadas e causam ainda extinção da espuma do sabão, aumentando o seu consumo. Em corpos hídricos de reduzida dureza, a biota é mais sensível à presença de substâncias tóxicas já que a toxidade é inversamente proporcional ao grau de dureza da água.

- **Condutividade Elétrica**

É a medida da capacidade da água de transmitir corrente elétrica, sendo sensível a variação de sólidos dissolvidos, principalmente sais minerais. A condutividade elétrica depende da quantidade de sais dissolvidos na água, sua determinação permite obter uma estimativa rápida do conteúdo de sólidos de uma amostra.

- **Nitrogênio**

A quantidade de nitrogênio na água pode indicar uma poluição recente ou remota. Incluem-se nesse ciclo suas formas compostas, orgânico, amoniacal, nitritos e nitratos. Águas com predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal são poluídas por uma descarga de esgoto próxima. As águas com concentração de nitratos predominantes indicam poluição remota porque os nitratos são o produto final de oxidação do nitrogênio.

- **Ferro e manganês**

O ferro associado ao manganês confere à água um sabor amargo adstringente e coloração amarelada e turva, decorrente da precipitação do mesmo quando oxidado. O ferro é facilmente removido da água com tratamento apropriado. O manganês é semelhante ao ferro, porém menos comum, e a sua coloração característica é a marrom.

- **Alcalinidade**

É a quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. É uma medição da capacidade da água para neutralizar os ácidos (capacidade de resistir às mudanças as mudanças de pH: capacidade tampão). Os principais constituintes da alcalinidade são os Bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

- **DBO e DQO**

A matéria orgânica presente nos corpos d'água e nos esgotos é uma característica de primordial importância, sendo a causadora do principal problema de poluição das águas. Nesta linha, existem duas medidas muito importantes: medição da demanda do consumo de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO).

3.5.1.3 Parâmetros Biológicos

As impurezas nas águas compreendem os organismos presentes, que de acordo com sua natureza tem grande significado para os sistemas de abastecimento de água. Esses organismos, como certas bactérias, vírus e protozoários podem ser patogênicos ou não, ocasionar doenças e até serem a causa de epidemias. As algas também possuem sua parcela de malefícios ao abastecimento de água, sendo responsável pela ocorrência de sabor e odor desagradáveis, ou por distúrbios em filtros e outras partes do sistema de abastecimento. As características biológicas são averiguadas através de exames bacteriológicos (se destaca a pesquisa do número de coliformes) e hidrobiológicos (algas, protozoários, crustáceos, vermes, larvas de insetos) (RICHTER, AZEVEDO NETTO, 1991).

Entre os organismos de maior interesse em relação ao abastecimento de água incluem-se as bactérias, vírus e protozoários. De acordo com Heller e Pádua (2006) a identificação e a quantificação desses microorganismos apresentam limitações técnico-analíticas e financeiras. Desta forma, a avaliação da qualidade microbiológica da água destinada ao consumo humano é realizada indiretamente através da pesquisa de microorganismos indicadores de contaminação fecal. Os organismos mais comumente utilizados para essa finalidade são as bactérias do grupo coliforme.

O grupo dos coliformes é constituído por coliformes totais (CT) e os coliformes fecais (CF) estes, de origem exclusivamente fecal.

Mota (2008) reporta que as bactérias utilizadas como indicadores de poluição da água por matéria fecal são os coliformes fecais que vivem normalmente no trato intestinal humano e de outros animais, encontrado em grande quantidade nas fezes. Embora essas bactérias não sejam de modo geral patogênicas, a presença destes na água indica que a mesma recebeu matéria fecal e pode, portanto conter microorganismos patogênicos. A *Escherichia coli* é uma bactéria do grupo coliforme, mas que diferentemente dos coliformes totais e fecais confirma a contaminação exclusivamente fecal.

A portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde determina os padrões de potabilidade e apresenta valores para coliformes totais e fecais. O número de coliformes é expresso pelo número mais provável (N.M.P.) indicado através de análise estatística. Representa a quantidade mais provável de coliformes existentes em 100 ml de amostra de água.

3.5.1.4 Características radioativas

De acordo com Richter, Azevedo Netto (1991) as águas de superfície e subterrâneas podem receber pequenas quantidade de radioatividade natural, originária de rochas e minerais. As águas também podem ser contaminadas por substâncias radioativas por laboratórios de pesquisas, hospitais, indústrias e instalações experimentais e em caso de guerra, as zonas de destruição.

3.5.2 **Doenças de Veiculação Hídrica**

As principais doenças veiculadas pela água ao homem por microorganismos patogênicos de origem fecal são apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 - Doenças de transmissão hídricas mais comuns

DOENÇAS	AGENTES CAUSADORES
Febre tifóide	Salmonela tifóide
Febres Para tifóides	Salmonelas paratifoides (A, B, C)
Disenteria bacilar	Bacilo Disentérico
Disenteria amebiana	Entamoeba *histolytica*
Cólera	Vibrião da cólera
Diarreia	Enterovírus, E. coli
Hepatite infecciosa	Vírus tipo A
Giardíase	Giardia Lamblia
Criptosporíase	Cryptosporidium Parvum
Poliomielite	Poliovirus

Fonte: Richter; Azevedo Netto (1991); Mota (2008).

Há também as doenças veiculadas pelo contato com a pele ou com as mucosas, como a esquistossomose, infecção dos olhos, ouvido, nariz e garganta doenças de pele (MOTA, 2008).

Outras doenças de origem hídrica abrangem as cáries dentárias (falta de flúor), fluorose (excesso de flúor), saturnismo (chumbo), metaemoglobina (teor de elevado de nitrato), as substâncias tóxicas também podem trazer diversos prejuízos à saúde humana (DI BERNARDO, DI BERNARDO, CENTURIONE FILHO, 2002).

A qualidade da água depende do fim a que se destina, em se tratando de consumo humano, a legislação vigente no país é a portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde que revogou a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde. As referidas portarias dispõem sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade

Mota (2008) afirma que os agentes biológicos e/ou poluentes químicos ou radioativos, podem alcançar o homem por meio da ingestão direta da água, contato com a pele e mucosas, irrigação ou na preparação de alimentos. As impurezas presentes na água podem alcançar valores elevados causando malefícios ao homem, aos animais e ao meio ambiente ou prejudicando os seus usos. As impurezas precisam ser limitadas em função dos fins a que se destina a água.

Conforme Di Bernardo, Di Bernardo, Centurione Filho (2002) no Brasil, estima-se que 60 % das infecções hospitalares estejam relacionadas às deficiências do saneamento básico que geram outras consequências de impactos extremamente negativos para a qualidade e a expectativa de vida da população. Cerca de 90% dessas doenças se devem à ausência de água em quantidade satisfatória ou a sua qualidade imprópria para consumo.

3.5.3 **Portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011**

De acordo com a Portaria 2.914/2011 o padrão microbiológico para o consumo humano deve-se atender basicamente o padrão de coliformes totais e *Escherichia Coli*, com ausência em 100 ml. No entanto, é recomendada a inserção de monitoramento dos vírus entéricos nos pontos de captação de água originados em mananciais superficiais de abastecimento para subsidio de estudos de avaliação de risco microbiológico.

Com o objetivo de garantir a qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser observado o padrão de turbidez expresso na tabela 4.

Tabela 4 - Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção

Tratamento de água	VMP (1)
Desinfecção (água subterrânea)	1,0 UT (2) em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	5,0 UT (2)
Filtração lenta	1,0 UT (2) em 95% das amostras

Notas: (1) Valor Máximo Permitido, (2) Unidade de Turbidez.
Fonte: Portaria 2.914/2011

Outros padrões de substâncias químicas inorgânicas e organolépticas são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Alguns parâmetros preconizados pela portaria 2.914/2011

Parâmetro	Unidade	VMP (1)
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH3)	mg/L	1,5
Cor Aparente	uH (2)	15
Dureza	mg/L	500
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Odor	Intensidade	6
Gosto	Intensidade	6
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
Sulfato	mg/L	250
pH	faixa	6,0 e 9,5
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Cádmio	mg/L	0,005
Chumbo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05

Fonte: Portaria 2.914/2011 – MS

São estabelecidos ainda parâmetros para as substâncias químicas orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção, cianotoxina, radioatividade etc., nos anexos da portaria 2.914/2011.

As águas para consumo humano precisam seguir um padrão de potabilidade. Libânio (2005) ressalta que para se potabilizar águas naturais, as tecnologias de tratamento apresentam essencialmente três fases, nas quais processos e operações unitárias devem se inserir: clarificação, filtração e desinfecção.

3.5.4 **Filtração**

A filtração é um processo físico-químico e no caso de filtros lentos, abrange também os aspectos biológicos, provavelmente considerados como o processo unitário mais importante na cadeia de metodologias de tratamento de água. Os filtros lentos se distinguem dos rápidos pela taxa com que operam e pelo método de limpeza que são higienizados com menor frequência que os filtros rápidos, a camada superior do leito de areia comumente é removida manualmente, onde se aglomeram as impuridades. À medida que a água avança o meio poroso vai acontecendo a separação de impurezas em suspensão na água. O meio poroso pode ser constituído de vários materiais granulares. A areia é o material mais comum de composição do filtro, seguida do antracito, areia de granada, carvão ativado granular, dentre outros. O tamanho dos grãos e do vazio entre os grãos (poros) tem grande influencia na remoção de matéria em suspensão pelo filtro e no seu desempenho hidráulico (RICHTER, 2009).

A teoria da filtração identifica uma série de mecanismos de remoção, incluindo: interceptação, difusão, inércia, sedimentação, ação hidrodinâmica, onde os mecanismos predominantes são a sedimentação, interceptação e a difusão. Quanto menor o diâmetro dos grãos, maior será a área total da superfície e maior a eficiência do filtro na remoção de partículas. Entretanto, o gradiente hidráulico resultante é um fator limitante na escolha da granulometria do leito filtrante (RICHTER,2009).

Os filtros rápidos de uma única camada de areia já foram superados pelos novos filtros de duas ou três camadas filtrantes, que são mais eficientes, seguros e consomem menos água na lavagem. A sua construção, incluindo o sistema de drenos e de fundo falso, não exige materiais especiais, podendo ser executada com recursos disponíveis no local. A taxa de filtração de um filtro rápido deve ser definida cuidadosamente pelo projetista, levando em consideração as condições locais, as características do meio filtrante e a carga hidráulica. Em geral, a taxa nominal de filtração, com todos os filtros em funcionamento, compreende-se entre os seguintes limites: filtros de uma camada entre 120 e 360 m^3/m^2. dia e os filtros de camada dupla entre 240 e 600 m^3/m^2.dia (RICHTER, AZEVEDO NETTO, 1991).

A filtração lenta tem se mostrado um sistema eficaz de tratamento de água, desde que projetado de forma adequada e empregado nas situações corretas. É uma tecnologia utilizada no tratamento de água para abastecimento público desde o começo do século XIX, não requer a adoção de coagulante, trabalha com taxas de filtração baixas e usa meio filtrante de granulometria fina. As baixas taxas de filtração conduzem a um tempo maior de retenção da

água sobre o meio filtrante e no seu interior, favorece uma intensa atividade biológica no filtro lento, viabilizando a produção de água com qualidade e apropriada para a desinfecção efetiva (DI BERNARDO, BRANDÃO E HELLER, 1999).

Uma das principais vantagens atribuídas ao filtro lento é a elevada eficiência de remoção de bactérias, vírus e cistos de *Giardia*. A tabela 6 mostra alguns valores de remoção reportados por vários autores.

Tabela 6 - Remoção de microrganismos em filtros lentos segundo vários pesquisadores

Microrganismo	Percentagem de remoção (*)	Autor
Coliformes Totais	99%	Bellamy*et al*. (1985a)
Vírus (Poliovirus1)	98,25 - 99,99	Poynter e Slade (1977) (**)
Cistos de *Giardia*	> 98%	Bellamy*et al*. (1985a)
Oocistos de	99,90%	Timms*et al*. (1995)
Cercárias de *Schistosoma*	100%	Galvis*et al*. (1997)
(*) valores obtidos em estudos realizados em escala piloto; (**) *apud* Wheeler*et al*. (1988)		

Fonte: Di Bernardo, Brandão e Heller, 1999.

A eficiência na remoção de microrganismos dos filtros lentos depende da taxa de filtração (remoção diminui com o aumento da taxa), da temperatura (menores temperaturas resultam em menores remoções), da espessura do meio filtrante (o meio mais espesso tende a ser mais eficiente), do tamanho dos grãos da areia (maior granulometria resulta em menor remoção), da idade da "Shmutzdecke" e da maturidade microbiológica do meio filtrante, entre outros (DI BERNARDO, BRANDÃO E HELLER, 1999).

3.5.5 **Desinfecção**

A desinfecção objetiva destruir os microorganismos patogênicos presentes na água – bactérias, protozoários, vírus e vermes. Faz-se necessário diferenciar desinfecção e esterilização. Esterilizar significa a destruição de todos os organismos, patogênicos ou não, enquanto que a desinfecção é a destruição de parte ou de todo um grupo de organismos patogênicos. A eficiência da desinfecção depende de diversos fatores, tais como: tempo de contato com a água, dosagem, tipo de agente químico, intensidade e natureza do agente físico utilizado como desinfetante e tipos de organismos (RICHTER, 2009).

Para Di Bernardo & Di Bernardo (2005) a desinfecção é um processo que usa um agente químico ou não químico com o objetivo de inativar os microorganismos patogênicos presentes na água, compreendendo as bactérias, protozoários e vírus, além de algas, por meio da ocorrência de um ou mais dos seguintes mecanismos: a) destruição da estrutura celular; b) interferência no metabolismo com inativação de enzimas; c) Interferência na biossíntese e no

crescimento celular, evitando a síntese de proteínas, ácidos nucléicos e co-enzimas. Entende-se que a eficiência da desinfecção seja resultado da oxidação ou da extrusão da parede celular, provocando a desintegração da célula e a propagação de um agente no interior desta, que vai causar interferências em sua atividade normal.

Os métodos de desinfecção são diversos, tais como: cloro, compostos de cloro (dióxido de cloro, cloraminas), Peróxido de Hidrogênio, Ozônio, Radiação Ultravioleta (LIBÂNIO, 2005).

A escolha do tipo de tecnologia a ser utilizada no tratamento de água depende da qualidade da água bruta, dos recursos financeiros disponíveis, da existência de operadores e capacitação dos mesmos, área disponível e outros. O cloro é o principal desinfetante utilizado nas estações de tratamento de água para consumo humano (DI BERNARDO; DI BERNARDO, 2005).

A NBR 15527 (2007) da ABNT que trata do Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não Potáveis também se reporta a desinfecção e sugere que esta pode ficar a critério do projetista, podendo ser utilizado: derivado clorado, raio ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante, deve ser usado derivado clorado, mas, quando utilizado o cloro residual livre, deve estar entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L. A referida NBR estabelece diretrizes para o aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis e ao que tange aos padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista para usos mais restritivos observados na tabela 7.

Tabela 7 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 ml
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 ml
Cloro residual livre	Mensal	De 0,5 a 3,0 mg/l
Turbidez	Mensal	<2,0 UT para usos menos restritivos < 5,0 UT
Cor aparente (caso não utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	Mensal	< 15uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

Fonte: ABNT - NBR 15527(2007).

Serão apresentados a seguir, apenas os métodos mais usuais utilizados nas estações de tratamento de água (ETA).

- **Desinfecção por Cloro**

O cloro é um desinfetante que atende praticamente todos os critérios essenciais para desinfecção de água e se apresenta sob diversas formas. Tornou-se o agente químico mais difundido no tratamento de águas de abastecimento. O principal objetivo da utilização do cloro em sistemas de abastecimentos de água é a cloração. Entretanto, também funciona como um poderoso oxidante, sua aplicação nos processos de tratamento tem servido a propósitos diversos como controle de sabor e odor, prevenção de crescimento de algas, remoção de ferro e manganês, remoção de cor e controle do desenvolvimento de biofilmes em tubulações (LIBÂNIO, 2005).

Nas condições atmosféricas normais o cloro é um gás amarelo esverdeado, facilmente detectável pelo seu cheiro extremamente irritante e penetrante. Um litro de cloro líquido se transforma em cerca de 460 litros de gás à pressão atmosférica normal. Sua solubilidade em água é de ± 7 g/m³ a 20 ºC e 1 atm. O uso da substância é feita a partir do cloro gasoso, mas também se utilizam os sais de cloro, tais como o hipoclorito de sódio e do hipoclorito de cálcio (DI BERNARDO & DI BERNARDO, 2005).

Cloro + água, dependendo do pH da água, o ácido hipocloroso (HCLO) se dissocia formando o íon hipoclorito (CLO^-). Para formação de HCLO, faz-se necessário pH inferior a 6, o ácido hipocloroso é mais eficiente que o íon hipoclorito na inativação de microorganismos em geral. O cloro na forma de ácido hipocloroso combinado com amônia, forma monocloramina, dicloramina e tricloramina, dependendo do pH da água e da relação cloro/amônia e o tempo decorrido após a adição de cloro em água contendo amônia. Essas substâncias são indesejáveis, pois conferem sabor e odor à água (DI BERNARDO & DI BERNARDO, 2005).

Na aplicação de dióxido de cloro devem ser observados os tempos de contato e os valores de concentrações residuais de desinfetante na saída do tanque de contato expressos nos Anexos IV, V e VI da Portaria em vigor que tratam do tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção por meio da cloração (PORTARIA 2.914/2011).

- **Desinfecção por Ozônio**

Trata-se de um gás instável, apresenta-se na forma de três átomos de oxigênio, são separados e reagrupados em (O_3). Naturalmente o ozônio forma-se através da quebra da

molécula de O_2 sob a ação da radiação UV da luz solar ou pela descarga elétrica de raios e relâmpagos (LIBÂNIO, 2005).

A ação germicida do ozônio foi evidenciada na França no século XIX. Recentemente o ozônio vem sendo utilizado para outros fins além da desinfecção, como oxidação de matéria orgânica e inorgânica, auxilia na remoção de turbidez e cor e, mais recentemente, em processos biológicos aeróbios em filtros e em meios absorventes. Ele é um oxidante poderoso e pode alcançar a desinfecção com tempo de contato e dosagem inferior a de outros desinfetantes. Contudo, seu uso como desinfetante primário deve sempre ser acompanhado da aplicação de um desinfetante secundário para promover o residual na água a ser armazenada. A técnica de ozonizar tem sido considerada responsável pela oxidação parcial de compostos orgânicos, promovendo a biodegradabilidade (menor massa molecular) com mais facilidade que podem ser removíveis na filtração biológica (DI BERNARDO &DI BERNARDO, 2005).

O ozônio existe como gás à temperatura ambiente, é incolor e parcialmente solúvel em água (à temperatura de 20ºC, a solubilidade da totalidade do ozônio é de 570 mg/L), é 12 vezes menos solúvel que o cloro. A produção do ozônio é geralmente realizada através de uma descarga elétrica em uma abertura através da qual escoa o oxigênio ou um gás contendo oxigênio (ar) em uma célula geradora de ozônio. Há dificuldades no transporte e manuseio, por isso é geralmente produzido nas proximidades do local de uso (DI BERNARDO & DI BERNARDO, 2005).

De acordo com Libânio (2005) o ozônio é considerado o agente químico mais eficiente ao que se refere à inativação de microorganismos e na oxidação de compostos orgânicos. Age basicamente na ruptura da parede celular dos microorganismos, assim como os outros desinfetantes, porém diferentemente do cloro, não ocorre a difusão no interior da célula. Apresenta elevada capacidade de oxidação e por isso possui o menor valor de tempo de concentração (CT) entre os agentes químicos usualmente empregados na desinfecção, também pelo fato de os residuais serem instáveis por tempos mais longos.

A portaria 2.914/2011 ressalta que ao realizar desinfecção com o uso de ozônio, deve-se observar o produto, concentração e tempo de contato (CT) de 0,16 mg.min/L para temperatura média da água igual a 15º C.

- **Desinfecção por UV**

Dentre os agentes físicos empregados na desinfecção de águas de abastecimento, incontestavelmente, a radiação UV apresenta aplicação mais extensiva. O efeito biocida da

radiação UV é conhecido desde que evidenciada a responsabilidade das ondas curtas de UV no declínio microbiano associado à radiação solar, reportada pela primeira vez em 1878. Essa tecnologia é amplamente utilizada em sistemas de tratamento de água para consumo humano em navios de passageiros em sistemas de aproveitamento de radiação UV proveniente de luz solar (LIBÂNIO, 2005).

Segundo Di Bernardo (1993) o uso de UV para desinfecção de águas designadas ao consumo humano iniciou na década de 40. A radiação Ultravioleta pode ser adquirida pelo sol, que é a fonte natural, ou por fontes artificiais, um exemplo são as lâmpadas incandescentes e as que usam o efeito de arco. Usualmente são utilizadas as lâmpadas de vapor de mercúrio e são construídas com invólucro de tubo de quartzo e um eletrodo nas extremidades. Existem no mercado, lâmpadas de baixa, média pressão e ainda as de média pressão e alta intensidade. O tubo é cheio com vapor de mercúrio à baixa pressão e um gás inerte (comumente o argônio). As lâmpadas possuem um regulador de corrente, chamado reator e tem a finalidade de evitar problemas relacionados às mudanças de voltagem, estabilizando o circuito. A intensidade de UV varia com a temperatura da lâmpada.

A radiação Ultravioleta é energia em forma de ondas eletromagnéticas e não inativa microorganismos por ação química, mas, sim, pela adsorção da luz, causando reação fotoquímica que modifica os elementos moleculares essenciais às funções celulares. Quando a radiação UV transpõe a parede celular dos microorganismos, a energia presente reage com ácidos nucléicos e outros componentes que são vitais às células, ocasionando prejuízos ou morte das células. A dosagem necessária para inativar protozoários como a Giárdia e Cryptosporidium é maior que aquela pra inativação de bactérias e vírus. A dosagem de UV e o tempo de contato são os fatores responsáveis pela eficiência de destruição ou inativação de microorganismos (DI BERNARDO & DI BERNARDO, 2005).

A radiação ultravioleta é referenciada na portaria 2.914/2011 em vigor, a qual orienta que deve ser observada a dose mínima de 1,5 mJ/cm² para 0,5 log. de inativação de cisto de Giardia spp. Observa-se no quadro 1 alguns tipos de desinfetantes, suas vantagens e desvantagens.

O quadro 1 apresenta alguns tipos de desinfetantes e suas vantagens e desvantagens

Produto	Vantagens	Desvantagens
Cloro	Inativa eficientemente uma grande variedade de microorganismos patogênicos encontrados na água; Produz residual na água facilmente medido e controlado; é facilmente encontrado no mercado a custos razoáveis; manuseio relativamente simples e aplicação segura; Oxidante poderoso; sistema de dosagem relativamente simples; residual persistente; uso comum.	Forma compostos organo-halogenados quando a água apresenta precursores; problemas de sabor e odor; influencia do pH na formação de espécies de cloro.
Ozônio	Oxidante poderoso; geralmente forma quantidades pequenas de compostos organoclorados; não apresenta problemas de odor e sabor; pequena influencia do pH; ajudante de coagulação; oxidação de micro poluente inorgânicos como ferro, manganês e sulfetos; redução na dosagem de coagulante; destruição de algas; melhoria geral da qualidade da água nas diferentes unidades de tratamento.	Pequena meia-vida; geração no local da ETA; custo inicial de instalação elevado de consumo excessivo de energia elétrica; produzem alguns compostos biodegradáveis, complexa geração e medição de residuais nos meios gasosos e líquidos; é um produto altamente tóxico e corrosivo; a concentração de ozônio diminui rapidamente o pH e da temperatura da água.
Radiação Ultra Violeta	Com doses relativamente pequenas, é efetiva para grande variedade de bactérias; mínimos riscos à saúde (a formação de subprodutos é mínima); não confere residual, como o sabor e odor; segurança e aceitação dos operadores e do público (nenhum produto químico tóxico é transportado, armazenado ou manuseado); simplicidade e baixos custos de operação e manutenção (o equipamento de radiação ultravioleta é mais simples do que os equipamentos de geração de ozônio e dióxido de cloro; pequeno tempo de contato.	É imprescindível o uso de um desinfetante secundário para se obter um residual que proteja a qualidade da água tratada nos sistemas de reservação e distribuição; Pouco aplicado; Não há inativação de *Giárdia* e *Cryptosporidium;* consumo excessivo de energia elétrica; pode haver a indesejada recuperação de parcela dos microorganismos desativados;Matéria dissolvida ou em suspensão reduz a intensidade de radiação quando esta atravessa a lâmina líquida.

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens de alguns desinfetantes
Fonte: Adaptado de Di Bernardo, 2005

A Portaria 2.914/2011 salienta que no caso do uso de ozônio ou radiação ultravioleta como desinfetante, deverá ser adicionado cloro ou dióxido de cloro, de forma a manter residual mínimo no sistema de distribuição (reservatório e rede), de acordo com as disposições do art. 34 da mencionada portaria e em seu Art. 36 informa que para a utilização de outro agente desinfetante, além dos citados na Portaria, deve-se consultar o Ministério da Saúde, por intermédio da SVS/MS.

3.6 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

A água de chuva é considerada uma fonte alternativa de abastecimento. De acordo com Gonçalves (2009), se enquadra no campo da conservação das águas em geral, tendo em

apreciando abordagens diversas. O aproveitamento de águas de fontes alternativas vem sendo estudado, tecnologias têm sido desenvolvidas e a prática se dissemina.

Segundo Machado & Cordeiro (2004), a água de chuva pode ser utilizada para diversos fins:

- Fins Residenciais: as águas pluviais se destinarão a descarga do vaso sanitário, lavagem de pisos e de veículos automotores, irrigação de jardins, lavagem de roupas.
- Fins industrial/comercial: resfriar equipamentos e máquinas, para serviços de limpeza, descargas nos sanitários, reservatório contra incêndios, irrigação das áreas verdes, áreas de contenção diminuindo/evitando alagamentos, lavagem roupas (hotel e lavanderias), lavagem veículos e outros. Na área rural, além dos usos residenciais de aproveitamento também se utiliza águas pluviais para a irrigação de lavouras.

Coombes (2002) apud Bertolo (2006) ressalta que mais de três milhões de australianos utilizam a água da chuva para beber. Levando em consideração que são em média 2,7 pessoas por habitação e mais de 1,11 milhões de habitações australianas utilizando água da chuva para fins potáveis.

O "Texas Guideto Rainwater Harvesting" (1997) define a água da chuva como sendo a água natural mais macia, com dureza zero para todos os fins práticos. Quase não apresenta minerais nem sais dissolvidos, e a sua qualidade é próxima da qualidade da água destilada.

3.6.1 **Descrição de um Sistema Genérico de Aproveitamento de Água de Chuva**

Um sistema simplificado de aproveitamento de água de chuva é constituído de um telhado que realiza a apreensão da água, que em seguida é encaminhada para uma calha, para os condutores verticais e horizontais e o reservatório. É necessário que a água passe por um sistema de descarte da primeira água de chuva antes de chegar ao reservatório. Tomaz (2003) aborda sobre os principais componentes necessários para captação de água de chuva.

- **Área de captação**

A estrutura de captação já se encontra implantada nas edificações, como telhado e geralmente calhas, isso torna o processo de captação simples, econômico e de fácil instalação. Tomaz (2009) enfatiza que os telhados podem ser pouco inclinados, inclinados ou planos e quanto ao material, podem ser de fibrocimento, cerâmica, zinco, ferro galvanizado, concreto armado, plástico, telhado plano revestido com asfalto.

Em relação ao tipo de material da cobertura, as telhas cerâmicas são mais permeáveis do que as telhas metálicas, ou seja, parte da água é absorvida pela telha e parte é escoada. Dessa maneira, sistemas que apresentam esse tipo de telha na estrutura de captação, reservam um volume de água inferior aos que possuem telhas metálicas, para uma mesma precipitação (CARDOSO, 2009).

Outra forma de se captar água de chuva através da cobertura são os telhados verdes, que são pequenos jardins posicionados sobre a laje de cobertura das edificações, oferecem, em média, retenção de 15% a 70% das águas pluviais permitindo redução nos picos de enchentes; redução da temperatura do telhado no verão em mais de 40% e minimização das "ilhas de calor" causadas pela quantidade excessiva de prédios que impermeabilizam as áreas que antes eram permeáveis (TOMAZ, 2008).

- **Calhas e Condutores**

Para que a água chegue ao reservatório, é necessária a instalação de calhas e condutores verticais e horizontais que podem ser de PVC ou material metálico. Indica-se como referência a Norma Brasileira para Instalações Prediais de Águas Pluviais, NBR 10.844/1989 (CARDOSO, 2009).

Para realização destes cálculos será necessária à utilização do coeficiente de runoff. Conforme Tomaz (2003) trata-se do coeficiente da água que escoa na superficie pelo total de água precipitada. As perdas ocorrem a partir da perda de água por evaporação,limpeza e lavagem dos telhados,vazamentos, etc. Verificam-se nas tabelas 8 e 9 coeficientes de runoff propostos por diversos autores.

Tabela 8 - Coeficiente de runoff médios propostos por Hofkes e Frasier (1996)

Telhados de captação	**Coeficiente de runoff**
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas corrugadas de metal	0,7 a 0,9

Fonte: Hofkes e Frasier (1996)

Tabela 9 - Coeficiente de runoff de Paulo Sampaio Wilken (1978)

Superfície	**Coeficiente de runoff**
Telhados	0,7 a 0,95
Pavimentos	0,4 a 0,90
Via macadamizadas	0,25 a 0,60
Vias e passeios e Pedregulhados	0,15 a 0,30
Quintais e lotes vazios	0,1 a 0,30
Parques, jardins, gramados dependendo da declividade.	0,00 a 0,25

Fonte: Wilken,1978

• **Peneira para retirar materiais grosseiros**

Faz-se necessária a disposição de uma peneira na saída da calha ou em algum ponto antes do reservatório de auto-limpeza para impedir que materiais grosseiros como folhas, galhos sejam levados para o mesmo. Tomaz (2009) indica peneiras com telas de 0,2 a 1,0 mm, para remoção de materiais em suspensão.

• **Reservatório de primeira chuva ou Bypass**

A primeira água de chuva acumula muita sujeira, pois lava a atmosfera e o telhado, carreando materiais tais como: pequenos animais mortos, fezes de aves, folhas, poeira e microrganismos, por isso a necessidade do descarte de primeira água. Observam-se na tabela 10 orientações sobre capacidade dos reservatórios de descarte de primeira água de chuva, indicadas por diversos autores.

Tabela 10 - Capacidade de reservatórios de descarte

Fonte	Volume de descarte (L/m²)	Local
Tomaz (2003)	0,4	Flórida
Tomaz (2003)	1	Guarulhos (SP)
Coombes (2002)	1	-
Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997	0,5	Texas

Para efeito deste estudo, utilizou-se o volume de 1 mm de água para descarte da primeira água da chuva, ou seja, será descartado um 1itro/m² da primeira água que cai e lava o telhado nos primeiros minutos de chuva.

• **Reservatório para armazenamento de água**

O mercado oferece diversos tipos de reservatórios para armazenamento de água, apresentando variados volumes e materiais, inclusive cisternas e caixas d'água pré-fabricadas.

O dimensionamento do reservatório de águas pluviais pode ser calculado a partir de diversos métodos. A norma ABNT NBR 15527/2007 indica os seguintes métodos: Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês, Método Prático Australiano, Método de Rippl. Neste trabalho, foi utilizado o método Rippl para dimensionamento de reservatório por ser o método mais aplicado nas bibliografias que tratam de dimensionamento de reservatórios e tem a vantagem de pode-se utilizar tanto demanda constante como a variável, sem contar que é um método simples e de fácil compreensão.

O método Rippl pode ser utilizado a partir de chuvas mensais e chuvas diárias. Existem duas formas de usar o método Ripll para demanda constante: o método analítico e o método gráfico (TOMAZ, 2003).

a) Método Rippl para demanda constante e chuvas mensais

O cálculo do volume do reservatório através do método Rippl, consiste no uso de uma planilha que é alimentada com as seguintes informações: a) dados de alimentação da planilha: precipitação média mensal, demanda mensal constante ou variável, área de coleta e coeficiente de Runoff e b) Resultados do dimensionamento: volume de chuva mensal, volume de chuva mensal acumulado, volume de chuva menos a demanda e volume do reservatório (TOMAZ, 2003).

O quadro 2 apresenta o resumo do dimensionamento do reservatório através do método Rippl.

MESES	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Coeficiente de runoff	Volume de chuva mensal	Diferença entre os volumes da demanda - o volume de chuva (Vc - Vd)	Diferença acumulada da coluna anterior dos valores positivos	OBS
Coluna 1 Meses/ano	Coluna 2 mm	Coluna 3 m^s	Coluna 4 m^2	Coluna 5	Coluna 6 m^s	Coluna 7 m^s	Coluna 8 m^s	Col. 9
Janeiro								
Fevereiro								
Março								
Abril								
Maio								
Junho								
Julho								
Agosto								
Setembro								
Outubro								
Novembro								
Dezembro								

Quadro 2 - Informações necessárias para o dimensionamento do reservatório pelo método Rippl
Fonte: Tomaz (2003)

TOMAZ (2003) retrata o detalhamento dos dados de entrada e saída do dimensionamento.

- Precipitação média mensal(mm) local, ou seja, a média de uma série histórica de chuva do local ou o mais próximo possível de onde se pretende intalar o reservatório do sistema;
- Demanda mensal (m^3): trata-se da demanda mensal de água necessária ao desenvolvimento das atividades a que se destina o uso;
- Área de coleta (m^3): Refere-se a área de coleta de água pluvial;

- Coeficiente de Runoff: Como referido anteriormente é o quociente entre a água que escoa superficialmentepelo total da água precipitada (TOMAZ, 2003).

A partir das informações necessárias para o cálculo de dimensionamento de volume, são aplicados cálculos e obtidas informações tais como:

Coluna 6 - Volume de chuva mensal (m³): representa ovolume máximo mensal disponível de águas pluviais.Tomaz (2003) salienta que se pode obter o volume de chuva mensal através da multiplicação entre a Precipitação média mensal (mm) da área de coleta e o coeficiente de Runoff.

Coluna 7 – Diferença entre os valores de demanda e produção de chuva, obtido pela subtração da coluna 3 pela coluna 6. Os resultados negativos desta subtração indicam que há excesso de chuva, e os resultados positivos indicam que há falta de chuva, ou seja, o volume demandado é superior ao volume de chuva produzido.

Coluna 8 – Somatório dos valores positivos da coluna 7. Na coluna 8, não são computados os valores negativos da coluna 7, pois estes indicam que há sobra de água de chuva.

O volume do reservatório corresponde ao valor máximo encontrado na coluna 8.

b) Diagrama de Rippl para demanda variável e chuvas mensais

Conforme Tomaz (2009) o diagrama de Rippl para demanda variável diferencia-se do diagrama para demanda constante por três colunas que são criadas: Volume de Chuva Acumulada, Demanda Acumulada, Diferença entre volume chuva e demanda (m³).

O quadro 3 ilustra todos os parâmetros considerados para realização do dimensionamento do reservatório pelo método Rippl com demanda variável.

MESES	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Coeficiente de runoff	Volume de chuva mensal	Vol. Chuva Acumulada	Demanda Acumulada	Diferença entre volume chuva e demanda
Coluna 1 Meses/ano	Coluna 2 mm	Coluna 3 m^3	Coluna 4 m^2	Coluna 5 C=0,80	Coluna 6 m^3	Coluna 7 m^3	Coluna 8 m^3	Coluna 9 m^3
Janeiro								
Fevereiro								
Março								
Abril								
Maio								
Junho								
Julho								
Agosto								
Setembro								
Outubro								
Novembro								
Dezembro								

Quadro 3 - Informações necessárias para o dimensionamento do reservatório pelo método Rippl
Fonte: Tomaz (2003)

Segue o significado apenas das três colunas diferentes do quadro 2, as colunas 6, 7 e 8:
- Coluna 6 - É o volume de água de chuva acumulado. Em dezembro ter-se-á o volume máximo;
- Coluna 7 - Demanda mensal acumulada em metros cúbicos sendo que em dezembro ter-se-á o máximo de demanda anual e que deverá ser menor ou igual ao máximo de chuva anual;
- Coluna 8- Diferença da coluna 6 referente ao volume de água de chuva acumulada com a coluna 7 que se refere à demanda acumulada.

3.6.2 **Qualidade da água de chuva**

Tomaz (2009) caracteriza a água de chuva conforme diversos fatores: localização geográfica do ponto de amostragem, condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), presença ou não de vegetação, bem como a presença de carga poluidora. Nas proximidades do oceano, a água de chuva apresenta elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em concentrações proporcionais às encontradas na água do mar. Com o afastamento da costa, os elementos preponderantes são de origem terrestre: como por exemplo, as partículas de solo que podem conter sílica, alumínio e ferro, e ainda, elementos cuja emissão é de origem biológica, como o nitrogênio, fósforo e enxofre.

Nos centros urbanos e polos industriais, ocorrem alterações nas concentrações naturais da água da chuva por conta dos poluentes do ar, como o dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NOx) ou ainda chumbo, zinco e outros. A reação de certos gases na atmosfera, como dióxido de carbono (CO_2), dióxido de enxofre (SO_2) e óxidos de nitrogênio (NOx), com a chuva forma ácidos que diminuem o pH da água da chuva. O pH da chuva é sempre ácido, o que se verifica é que, mesmo em regiões inalteradas, encontram-se pH ao redor de 5,0. Em regiões poluídas, pode-se chegar a valores como 3,5 quando há o fenômeno da “chuva ácida”. É conhecida como chuva ácida aquela cujo pH é menor que 5,6 (TOMAZ, 2009).

De acordo com Tomaz (2009) a qualidade da água de chuva pode ser classificada em quatro etapas:

1ª etapa - qualidade da água da chuva antes de atingir o solo;

2ª etapa - qualidade da água de chuva depois de se precipitar sobre o telhado ou área impermeabilizada e correr pelo telhado;

3ª etapa: armazenamento da água de chuva em uma cisterna;

4ª etapa - ponto de consumo.

Cada etapa possui suas características próprias, pois recebe contribuição de poluente e/ou reagem com o material constituinte da superfície de contato com a água de chuva, por exemplo, substâncias carreadas da atmosfera ou da superfície de captação, como a sujeira do telhado que é arrastada para as calhas e segue para a cisterna, caso não haja um dispositivo de descarte. Pode ocorrer alteração da água da chuva dentro do reservatório dependendo do tipo de substâncias.

Tomaz (2009) descreve alguns cuidados que devem ser tomados com o reservatório: evitar a entrada da luz do sol, devido ao crescimento de algas, verificar a perfeita vedação da tampa, adaptar gradeamento na saída do extravasor (ladrão) para evitar a entrada de pequenos animais.

3.6.3 **Sustentabilidade do sistema de aproveitamento de água da chuva**

O Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva e tem um aparato tecnológico permitindo: captar, armazenar, filtrar, e dispor a água para consumo. A ideia é usar a gravidade, evitando a utilização de energia elétrica e em consequência, a geração de custo.

A metodologia adotada para contemplar essa abordagem é a construção de indicadores de sustentabilidade que pode nortear a adoção de medidas nas várias dimensões de desenvolvimento sustentável.

Um sistema de aproveitamento de água da chuva pode ser avaliado sob várias dimensões da sustentabilidade:

a) Qualidade da água

Diversas doenças decorrem da veiculação de água inadequada ao consumo. A qualidade da água de chuva pode ser influenciada por diversos fatores, como a qualidade do ar do local onde está instalado o SAAC, o tipo de superfície de coleta de água e o material que o compõe; a manutenção do sistema como a limpeza do telhado, calhas, filtros e reservatórios, bem como a manipulação da água tratada desde sua retirada da caixa d'água até o consumo são atitudes necessárias para possibilitar água de melhor qualidade.

A localização do sistema de aproveitamento de água da chuva pode ser considerada um indicador da qualidade dessa água. As águas pluviais que atingem as áreas rurais, distantes de centros industriais, tráfego pesado de veículos, provavelmente apresentam qualidade superior às águas pluviais que caem nos grandes centros urbanos, mas deve-se

preocupar sempre em realizar análise físico-química e bacteriológica da água para somente depois definir os usos ao que serão destinadas as águas captadas.

b) Quantidade

No item 3.3 foi discutido o quantitativo de chuva no Estado do Pará, destacando-se o nordeste paraense onde a cidade de Belém está localizada, apontando o valor entre 2.500 e 3.100 mm/ano. Esses valores reforçam a ideia de que essa região possui abundância de água.

c) Acesso

O acesso à água de qualidade está cada vez mais difícil e se tornou uma preocupação mundial. Nenhum ser humano deveria ser privado do acesso à água, pois esta faz parte da sua natureza. A falta de água ou ingestão de água de qualidade inadequada pode trazer riscos a saúde, quiçá à vida do ser humano.

Em 2010 houve uma votação na Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) em sua sede em Nova York, resultando em 122 votos a favor e 41 abstenções que "o acesso à água potável é um direito humano essencial". O documento declara que a decisão reflete a preocupação com a situação de quase 900 milhões de pessoas em todo o mundo sem acesso a fontes de água limpa. O Comitê das Nações Unidas para os direitos econômicos, sociais e culturais declarou em seu comentário geral nº 15 sobre o direito à água: "O direito humano à água prevê que todos tenham água suficiente, segura, aceitável, fisicamente acessível e a preços razoáveis para usos pessoais e domésticos" (ONU, 2010).

No Brasil, o senador Renato Casa Grande (PSB-ES) apresentou uma proposta de emenda à Constituição (PEC 07/10), em 06/04/2010 à Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania com o objetivo de garantir o direito da população brasileira ao acesso à água potável e ao saneamento básico através da inclusão destes entre os direitos sociais elencados nos direitos e garantias fundamentais da Constituição Federal. A matéria está aguardando designação de Relator (PEC 07/10).

d) Ambiental

A tecnologia utilizada no SAAC é adequada ao meio ambiente, não ocasiona impacto negativo. Ao contrário, interfere positivamente no processo do escoamento superficial,

impedindo o carreamento de materiais sólidos em excesso para os corpos hídricos durante a época chuvosa e diminui a contribuição para as enchentes.

e) Social

Facilitando o acesso à água, poupa o trabalho das mulheres e crianças que muitas vezes percorrerem longas distâncias em busca de água; há uma redução das doenças originadas e ou agravadas pela ingestão de água contaminada, resultando na diminuição do índice de mortalidade infantil nessa região e melhoria das condições de vida das populações.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) – estima que cada USD investido em saneamento básico corresponde a um abatimento de 4 a 5 USD em despesas com o tratamento das doenças de veiculação hídrica que comprometem a maioria da população do terceiro mundo principalmente, e que sem água não se faz saneamento básico (REBOLÇAS, 2004).

f) Econômico

Baixo custo em relação aos seus benefícios e com a hipótese de melhoramento do saneamento seria a economia com os gastos em saúde pública, pois quanto mais adoecimento, mais ônus com a saúde e este investimento poderia estar sendo destinado à educação, por exemplo, ou à ampliação e manutenção do saneamento básico.

g) Técnica

O sistema proposto é exequível, desde que tenha pluviosidade, o que não é problema em grande parte da Amazônia. É uma tecnologia de fácil construção, uso e manutenção.

h) Aspectos institucionais.

A prática de utilização de água da chuva para fins potáveis ainda é pouco empregada, para tanto, necessita-se realizar ajustes normativos e institucionais, com necessidade de maior articulação entre agentes governamentais e da sociedade civil no âmbito federal, estadual, municipal. Uma solução para os problemas de abastecimento nas regiões ribeirinhas seria o maciço incentivo governamental em pesquisas de novas tecnologias que viabilizasse a qualidade da água da chuva captada, bem como o seu enquadramento enquanto alternativa de

abastecimento de água para consumo humano e a confecção de uma normalização de utilização de água de chuva para fins potáveis.

3.6.4 **Histórico da utilização da água de chuva no mundo**

O homem vem utilizando água de chuva a milhares de anos em diversas partes do mundo. Conforme May (2004) essa prática já acontecia a mais de 4000 anos depois de cristo no deserto de negev.

No palácio de Knossos, ilha de Creta, aproximadamente em 2000 a.C. era feito o aproveitamento da água de chuva para descargas em bacias sanitárias. Na mesma região foram encontrados vários reservatórios que eram utilizados para conservar água de chuva para consumo humano, com data de escavação anterior a 3000 a.C. (TOMAZ, 2008).

Em torno de 850 a.C é verificada uma das inscrições mais antigas encontrada na pedra Mohabita - Oriente Médio, que foi encontrada na antiga região de Moab, perto de Israel. São inscrições do rei Mesa para a cidade de Qarhoh, dentre as quais se destaca "... para que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo, na sua casa" (TOMAZ, 2009).

Em 1885, em Monturque (Roma), foram descobertos doze reservatórios subterrâneos com entrada superior. Cada unidade tinha capacidade de 98,93 m^3, utilizados para abastecimento público (TOMAZ, 2003).

A fortaleza de Massada, em Israel, possui 15 cisternas cavadas nas rochas com capacidade total de 40 milhões de litros (TOMAZ, 2008).

As civilizações pré-colombianas também fizeram aproveitamento de água de chuva. No México inteiro foram encontradas antigas e tradicionais tecnologias de coleta de água de chuva que datam da época dos Astecas e Maias. Ainda hoje é possível observar as práticas dos Maias ao pé do Monte Puuc (ao sul da cidade de Oxkutzcab). No século X a agricultura era regada a partir da coleta de água de chuva. As pessoas que ocupavam as encostas consumiam água potável que eram fornecidas por cisternas com capacidade de 20 a 45 mil litros, escavadas no subsolo calcário. Já nos vales, utilizavam outros sistemas de captação de água de chuva, como Aguadas (reservatórios de água de chuva cavados artificialmente com capacidade de 10 a 150 milhões de litros) e Aquaditas (pequenos reservatórios artificiais para 50 a 100 mil litros) (GNADLINGER, 2000).

Na grande fortaleza e convento dos templários em Portugal - cidade de Tomar existe dois reservatórios para aproveitamento de água de chuva: um com capacidade de 215 m^3 e outro com 145 m^3. Essa construção teve início em 1160 (TOMAZ, 2003).

3.5.4.1 Experiências da utilização da água de chuva na Zona Urbana do Brasil

São vários exemplos de aproveitamento de água de chuva na região urbana para diversos fins, principalmente com vistas a diminuir o custo com água potável (da concessionária) e/ou a evitar as enchentes e alagamentos da cidade. Alguns desses modelos são descritos a seguir:

I. Uso inteligente da água da chuva em São Paulo

O Programa "Cidades e Soluções" da Globonews através de uma reportagem de Rui Gonçalves apresenta uma matéria muito interessante sobre o novo cenário do ramo imobiliário em São Paulo, que vêm agregando ao pacote de segurança e conforto, um atrativo aos que se importam com o meio ambiente e aspiraram à sustentabilidade. O sistema de aproveitamento de água da chuva passa a fazer parte das plantas de diversos empreendimentos imobiliários como uma solução ambiental e econômica.

De acordo com essa reportagem choveu próximo de 500 mm em janeiro de 2010 e em fevereiro quase 300 mm. Depois de 47 dias seguidos de chuva, São Paulo vivera um caos, muitos prejuízos sociais e principalmente econômicos. Entretanto, já existem na cidade vários empreendimentos que fazem o uso inteligente da água da chuva, um ato que traz várias vantagens, a reportagem chamou de impacto positivo da água da chuva no orçamento:

- ajudar a evitar as enchentes e alagamentos da cidade;
- fazer o uso racional de água consumindo cada vez menos água potável para fins que não necessitam de água nobre;
- gerar retorno econômico reduzindo o custo com água da concessionária;
- valorizar da imagem a empresa, pois o uso da água da chuva acaba sendo um marketing para empresa. O programa ilustra vários exemplos.

II. Urubupungá Turismo - Empresa de ônibus de São Paulo

Há 12 anos a empresa começou a investir no armazenamento e no reuso da água da chuva, a estrutura da garagem foi construída contemplando a disponibilidade de Piscinões.

- Reservação: Três Piscinões, totalizando 450 m^3.
- Área do telhado: 7.500 m^2.

A água é aproveitada em mais ou menos 2 dias de trabalho na lavagem de ônibus. A frota conta com 750 veículos.

De acordo com a reportagem da Globoneuws**,** em São Paulo, um m^3 de água custa R$ 20,00 e com esses 1000 litros lava-se 2,5 carros, pelo mesmo preço, lava-se 32,5 carros com água da chuva e água de reuso. Uma estação de tratamento de efluente foi instalada no local com o propósito de reutilizar a água. A instalação da estação custou em torno de R$ 90.000, muito pouco perto do que se pagaria hoje com água da concessionária, mais de R$ 100.000/mês. Observa-se na figura 6 o uso de água de chuva na referida empresa.

Figura 6 - Lava-jato da empresa Urubupungá Turismo
Fonte: Globonews, 2010

III. Business Park - Condomínio empresarial onde são instalados escritórios de 8 multinacionais utiliza água da chuva

Segundo Paulo Roberto Belugo (Gerente Patrimonial) do e-Business Park em entrevista à Revista Meio Filtrante on-line de 2008, são 27.000 m² de ruas e estacionamentos, quase 40.000 m² de área verde. O projeto de utilização da água da chuva teve início em 2007 e a economia com água está em torno de 20 a 30%. O consumo de água da concessionária gera em torno de 7.000 m^3/mês gerando custo de aproximadamente R$ 110.000/mês.

O local onde havia uma balança para pesar caminhões foi transformado em uma cisterna, e sobre esta um espaço de convivência.

Área do telhado: aproximadamente 1,5 mil m^2 gerando volume disponível de água coletada de aproximadamente 1,6 mil m^3/ano (REVISTA MEIO FILTRANTE, 2008).

Capacidade da cisterna: 40.000 l

Uso da água: abastecimento do carro pipa do próprio empreendimento, para posterior rega de área verde, lavagem das ruas e estacionamentos (áreas comuns). O próximo passo é utilizar

essa água para descarga nos banheiros em todo complexo em um prazo de 5 anos. O sistema já está em funcionamento em um dos prédios do complexo empresarial. A figura 7 apresenta a placa indicando o Uso de água da chuva no condomínio Business Park e o Carro pipa que transporta água da chuva para os pontos de uso.

Figura 7 - Uso de água da chuva no condomínio Business Park: a) placa indicativa de uso de água da chuva; b) Carro pipa que transporta água da chuva para os pontos de uso
Fonte: Revista meio filtrante on-line, 2008

IV. Prédio ecológico da zona Oeste de São Paulo usa água da chuva

Conforme a reportagem do Globo News, o custo total de instalação do sistema foi de R$ 25.000 que dividido pelos 186 apartamentos do condomínio aumentou o valor de cada apartamento em R$ 135,00 e gera R$ 8.000,00 de economia na conta de água por ano.

Assis Mendes dos Santos, administrador do condomínio, informa na matéria do Globo News que a água da chuva é utilizada para limpeza de garagem, área comum, muros, calhas, salão de festa, churrasqueira. A área do telhado é igual a 950 m^2 e o volume do reservatório é de 18.000 l. Sibylle Muller (diretora Acquabrasilis – empresa que desenvolve projeto para aproveitamento de águas pluviais) na matéria do Globo News, descreve o sistema de captação, onde a coleta de água pluvial é realizada através do telhado, transportada por condutores verticais ligados às calhas e depois armazenadas em uma cisterna, o excedente de água é dirigido para rede de drenagem de água de chuva. Todo o sistema é automatizado – quando alguém abre uma torneira no jardim, uma bomba é acionada e faz com que a água seja succionada da cisterna e encaminhada para dois filtros, em seguida chega ao ponto de consumo. Todas as torneiras são identificadas como água potável e água de reuso quando for o caso.

V. Sistema de aproveitamento de água de chuva em fábrica de refrigerante

A Spaipa S.A (fabricante e distribuidora dos produtos da multinacional de bebidas Coca-Cola no Paraná e interior de São Paulo) adotou uma medida em linha com o programa Água Limpa da Coca-Cola Brasil que tem objetivo de reduzir o consumo, evitar desperdício, promover a reutilização e buscar fontes alternativas do principal insumo utilizado no seu processo produtivo, a água. A Spaipa incrementou ganhando mais um ingrediente: a água de chuva (JORNAL VALOR, 2007).

A experiência foi iniciada em 2008 na fábrica de Maringá (PR) e na unidade de Marília (SP). As duas unidades passaram por reformas, foram adaptados captadores de água nos telhados, após processo de captação a água segue por calhas até uma cisterna exclusiva para ela, em sequência ocorre a filtração da mesma e finalizando o processo é transferida para o local onde é armazenada a água captada de poços e a fornecida pelo sistema de abastecimento público. Juntas elas recebem tratamento antes de serem usadas na linha de produção e outros fins, como limpeza (JORNAL VALOR, 2007).

Mario Veronezi, superintendente industrial e de logística da Spaipa informa que para permitir melhor aproveitamento da água nas fábricas de Maringá e Marília a Spaipa investiu R$ 1,2 milhão, principalmente na implantação das calhas e cisternas para água de chuva. As fábricas de Curitiba (PR) e Bauru (SP) também receberão melhorias para evitar o desperdício. Além da Spaipa, outra franqueada, a Rio de Janeiro Refrescos usa a água de chuva na fábrica de Cariacica (ES) desde janeiro 2005 e quer levar o sistema para a unidade de Jacarepaguá (JORNAL VALOR, 2007). A figura 8 apresenta um esquema do sistema de aproveitamento de água de chuva utilizado na fábrica de refrigerantes.

Figura 8 - Esquema do Sistema de aproveitamento de água de chuva da fábrica de refrigerantes
Fonte: Adaptado de Cardoso (2009)

VI. Instituto Odão Felippe Pippiem Santo Ângelo – RS recebe cisterna para coletar água da chuva

Uma cisterna com capacidade para 16.000 litros foi construída no pátio da escola e dará possibilidade de aproveitar a água da chuva para a limpeza do educandário, gerando economia e aprendizado às crianças e adolescentes. A água será coletada das calhas do ginásio. A cisterna é construída com recursos oriundos da Cáritas Brasileira, instituição da Igreja Católica. O recipiente é construído no modelo utilizado no Nordeste: arredondado e completamente vedado, o que dá um bom aproveitamento à água da chuva. O construtor da obra é José Orestes Lovato, que conforme entrevista concedida para o Jornal das Missões, a obra custa aproximadamente R$ 2 mil. São utilizados em média 22 sacos de cimento para construir a cisterna. No Instituto Odão, a cisterna (figura 9) ficou com 80 cm abaixo do solo, e um total de 1,65m de altura por 3,82m de diâmetro. São 108 placas com 36 centímetros de altura e 42 de largura, dispostas de forma arredondada, formando um círculo. Tempo médio de construção é de cinco dias, com a ajuda de dois serventes de pedreiro (JORNAL DAS MISSÕES, 2010).

Figura 9 - Cisterna construída no Instituto Odão para aproveitamento de água de chuva
Fonte: Jornal das missões, 2010

3.5.4.2 Experiência de Aproveitamento de Água de chuva na zona Rural do Brasil

Na zona rural a utilização de água de chuva se restringe mais as regiões áridas e semi-áridas, onde existe a grave carência de água para todos os usos.

Já se observam vários estudos no Brasil, principalmente sobre a captação e manejo da água da chuva na região semi-árida nordestina, cujas primeiras pesquisas foram iniciadas pela Embrapa que buscava equacionar os sérios problemas da escassez de água na região. O sistema visa fazer a reservação da água no período de chuvas para posterior uso nos períodos de seca (CIPRIANO, 2004).

Buscou-se ocorrência de utilização de água da chuva na literatura e foram selecionados alguns exemplos práticos, descritos a seguir:

- **Vila Rural de Ogata em Akita (Japão) utiliza água da chuva no processamento do bolinho de arroz**

Conforme Fendrich (2009) os fazendeiros de Ogata (Japão) preocupados com competição provocada pela abertura para importação de arroz montaram uma cooperativa de processadores de Mochi. Para produção dos bolinhos, é necessária grande quantidade de água para lavar o arroz e como a vila de Ogata é próxima ao mar, a água subterrânea não é de boa qualidade. Havia necessidade de ir buscar água em outras regiões e isso encarecia o processo. Os fazendeiros idealizaram a implantação de um sistema de utilização de água da chuva na lavagem do arroz após tratamento de sedimentação e posteriormente sua reutilização na agricultura. Em um primeiro estágio, a água de chuva está sendo utilizada para descarga nos vasos sanitários e regar as plantas. Entretanto, o projeto original de utilizar a água para lavagem do arroz não foi abandonado, futuramente esse processo será implantado e pretende-se tornar o Mochi nacionalmente popular como o "Mochi das Águas Pluviais".

Características principais do projeto:

- Tipo de construção: Indústria de processamento do bolinho de arroz Mochi;
- Área total construída: 435 m^2;
- Área de coleta (telhado) das águas pluviais: 185 m^2;
- Reservatório de águas pluviais: reservatório subterrâneo com capacidade de 135 m^3.

- **Modelo de estufa de baixo custo com captação da água de chuva e irrigação por gotejamento**

A China está liderando no desenvolvimento de modelo de estufa de baixo custo (ver figura 10) com captação da água de chuva e irrigação por gotejamento para o cultivo de lavouras em terrenos de baixa qualidade (VISHWANATH, 2005).

No modelo chinês as casas são construídas utilizando paredes de barro, estrutura de bambu, aço e lona plástica para o telhado, sendo que fontes de água subterrânea e superficial não são disponíveis, a água da chuva cai no telhado, é captada e canalizada para dentro da estufa, onde é armazenada num tanque subterrâneo. Sistemas de irrigação por gotejamento e gravidade são adotados para regar as plantas dentro da casa. Os Resultados têm sido excelentes, garantem a produção de muitas culturas de verduras e flores, por exemplo (VISHWANATH, 2005).

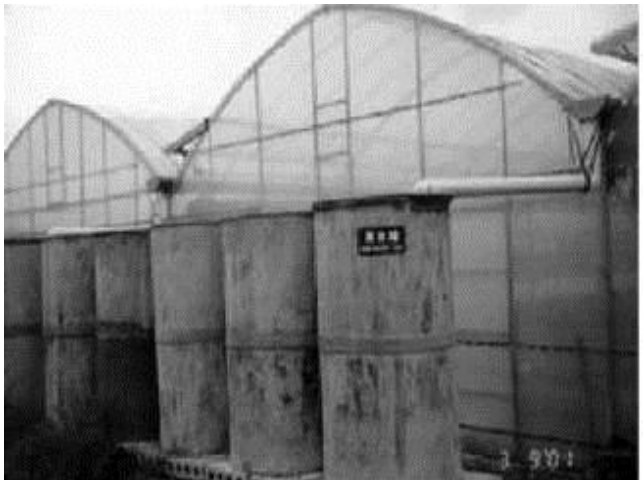


Figura 10 - Estufa na China com estrutura de captação de água de chuva
Fonte: Vishwanath (2005)

- **PROGRAMA P1MC – Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: Um milhão de Cisternas Rurais**

Nos anos de 2000 e 2001, várias organizações da sociedade civil atuantes no semi-árido com o apoio do Ministério do Meio Ambiente (MMA) trabalharam na construção de um programa de ação que ganhou o nome de P1MC. Era uma proposta que pretendia iniciar pela mobilização das famílias e depois capacitá-las, para então investir na materialização do processo, ou seja, a construção de cisternas domiciliares de 16.000 litros (ver figura 11) para captação de água de chuvas. Durante a elaboração do Programa, as organizações agrupadas em torno da chamada "Articulação no Semi-Árido - ASA" desenvolveram um esforço técnico e político, combinando-o com intensa mobilização de entidades, gerando consensos e compromissos desde os níveis municipais, micro-regionais, estaduais e regionais (semi-árido). Na atualidade, a ASA congrega entre 800 e 900 entidades, na sua maioria (59%) organizações de base comunitária, sindicatos de trabalhadores rurais (21%), entidades ligadas as Igrejas

católicas e evangélicas (11%), ONGs (6%) e cooperativas de trabalho (3%) (PROGRAMA P1MC, 2003).

O Programa P1MC é o único programa nacional específico voltado para o aproveitamento da água de chuva. A Agência Nacional de Águas – ANA tem atribuição em relação às políticas de aproveitamento de água pluvial, de administrar o Programa um Milhão de Cisternas que busca garantir às famílias rurais do semi-árido nordestino suprimento de água potável. Tem como principais objetivos o de colaborar com a implementação de políticas públicas voltadas ao atendimento de famílias rurais a partir do aproveitamento das águas de chuva, oferecer alternativas tecnológicas para o aproveitamento das águas e promover a construção de sistemas de abastecimento de água de chuva (cisternas rurais) (HERNANDES E AMORIM, 2005).

De acordo com FEBRABAN (2003) a precipitação pluviométrica local é de 750 milímetros anuais, em média. Em condições normais, chove mais de 1.000 milímetros. Em secas severas, chove pelo menos 200 milímetros, o suficiente para dar água de qualidade a uma família de cinco pessoas por um ano.

A área de abrangência do Programa é a zona rural do semi-árido brasileiro, instituída pelos nove estados da Região Nordeste (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia), bem como a região setentrional de Minas Gerais e o norte do Espírito Santo, perfazendo um total de 1.300 municípios, a área total é de 974.752 km² (86,5% - Nordeste, 11% - Minas Gerais e 2,5% - Espírito Santo) (ASA BRASIL, 2011). O Programa conta com seis componentes principais: mobilização; controle social; capacitação; comunicação; fortalecimento institucional da sociedade civil; construção de cisternas (PROGRAMA P1MC, 2003).

Figura 11 - Modelo das cisternas no nordeste
Fonte: Programa P1MC (2003)

O programa o P1MC, desde que surgiu no ano de 2003 até os dias de hoje, construiu mais de 300 mil cisternas, beneficiando mais de 1,5 milhões de pessoas (ASA BRASIL, 2011).

- **Programa Uma Terra e Duas Águas - P1+2**

De acordo com Gnadlinger (2005), o P1 + 2 é um programa de formação e mobilização social para convivência com o semi-árido brasileiro e tem como objetivo promover a convivência com o Semi-Árido das famílias de pequenos produtores rurais, proporcionando num processo de formação e mobilização social, o acesso e manejo sustentável de terra e de água suficientes, para o consumo humano e produção de alimentos de origem animal e vegetal para auto-consumo e geração de renda. Nesta questão o programa se assemelha ao P1MC por ter o mesmo objetivo principal. Como objetivo específico, o P1+2 visa a garantir acesso e manejo sustentáveis da terra e das águas, gerando a segurança alimentar (produção animal e vegetal) através da construção de processos participativos da população rural. O "1" denota a luta pela terra. O “2” significa dois tipos de água: para consumo humano e para produção alimentar (vegetal e animal).

Conforme Andrade Neto (2004) tais sistemas são empregados, principalmente, para usos domésticos, inclusive cozinhar e beber, muitas vezes sem qualquer tratamento. Para Gnadlinger (2005) os programas P1MC e P1+2 estão sendo considerados relevantes e tomados como modelo, especialmente para países da África onde a captação de água de chuva não atingiu ainda o nível de programas da sociedade civil ou governamentais.

3.6.4.1.1 Aproveitamento de Água de chuva na Amazônia

Com relação ao aproveitamento de água de chuva na Amazônia, as informações são escassas, talvez pela cultura de utilização da água dos mananciais superficiais, visto que a maioria dos municípios Amazônicos possui esse recurso em abundância. Entretanto, já existem algumas experiências de uso de água de chuva, inclusive para fins potáveis, que foram pesquisadas e serão apresentadas como forma de compor um breve histórico sobre esse tema.

- **Prochuva (Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares, Aproveitamento e Armazenamento de Água da Chuva)**

Esse programa foi criado pelo Governo do Amazonas por meio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS), onde o governo auxilia as famílias na obtenção de "uma área de terra, duas cisternas e uma área de captação de água de chuva". O Prochuva é financiado pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do governo federal. O referido programa tem como principal benefício disponibilizar água de qualidade com adição de hipoclorito de sódio. Serão 435 moradias beneficiadas com Módulos de Captação de Águas Pluviais em três municípios (SDS, 2011).

O projeto piloto foi iniciado no município de Manacapuru. O local foi contemplado pelas condições de vida em que as famílias viviam, morando em casas flutuantes e tinham o hábito de retirar água do manancial superficial para consumo diário. Não sendo adotado nenhum tipo de tratamento para a água. Em 2007, com o apoio do Governo Federal, a partir de um convênio com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), o Programa começou a ser ampliado para mais 77 comunidades nas calhas dos rios Solimões, Purus, Juruá, Amazonas. Foram instalados 1.839 sistemas de captação, armazenamento e tratamento de águas da chuva em moradias no interior e fornecimento de 1.947 filtros de cerâmica acompanhados de hipoclorito de sódio (SDS, 2011). A figura 12 ilustra uma moradia do interior beneficiada com programa de captação de água da chuva.

Figura 12 - Moradia do interior beneficiada com o módulo de captação de água da chuva
Fonte: SDS (2011)

- **Aproveitamento de Água de chuva nas ilhas de Jutuba, Urubuoca e Nova – Belém**

Algumas ilhas do município de Belém-PA fazem uso de água de chuva promovido pelo Projeto Água em Casa, Limpa e saudável criado pela Cáritas Metropolitana de Belém. Foram realizadas visitas *in loco* com o intuito de obter informações mais detalhadas dos sistemas implantados.

Veloso (2012) reporta que desde a criação do projeto em 2006, a CAMEBE vem buscando parcerias para o desenvolvimento e melhorias das atividades do projeto e já conseguem o apoio de: Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado do Pará – SEBURB que desde 2007 fornece apoio financeiro ao projeto; Banco da Amazônia – BASA; o IFPA que forneceu entre 2008 e 2011 apoio científico através de eixos de pesquisas focados no desenvolvimento de tecnologias, na avaliação dos impactos sobre a saúde dos moradores, em estudos antropológicos e reflexos econômicos do projeto sobre a população.

O Projeto Água em Casa, Limpa e Saudável implantou 21 caixas d'água no período compreendido entre janeiro e abril do ano de 2009 para 21 famílias que vivem na ilha de Jutuba, município de Belém no Estado do Pará (Caritas, 2009).

Segundo o Projeto Água em Casa (2009) são 19 ilhas da região metropolitana de Belém que não contam com água potável devido a contaminação da Baia de Guajará gerada pelos esgotos. Essa questão tem como consequência o deslocamento da população das ilhas em longas distâncias para ter acesso à água potável. Essas comunidades são acometidas por um quadro recorrente de enteroparasitoses. O projeto viabiliza o armazenamento da água de chuva que é captada através de calhas e tubos instalados nas casas (ver figura 13), depois direcionada aos tanques de água de onde se fará a distribuição através de canos às famílias. A desinfecção da água fica por conta do processo de tratamento chamado SODIS. O projeto abrange outras ações, tais como: capacitação específica para cada comunidade realizada por profissionais de saúde, palestras com temas relacionados à saúde, educação e cidadania.

Figura 13 - SAAC implantado pela Cáritas: a) Sistema da ilha Urubuoca, b) Sistema da ilha Nova, c) Tratamento SODIS na ilha Nova
Fonte: Autora

Foi realizado o monitoramento da qualidade da água dos reservatórios antes de passar pela desinfecção através do sistema SODIS em cinco pontos, em um período que compreendeu tanto o período chuvoso quanto o de estiagem, também foram avaliadas amostras de água após passarem pelo tratamento (desinfecção pelo sistema SODIS). Os parâmetros avaliados foram: cor, turbidez, dureza, sólidos totais dissolvidos, acidez, pH, condutividade elétrica e alcalinidade (SOUZA, 2012).

Conforme Souza (2012) foram realizadas várias visitas às ilhas com o objetivo de identificar a causa da baixa qualidade da água após desinfecção e verificou-se que a população cometia equívocos na execução dos procedimentos operacionais do SODIS como a não exposição das garrafas PET ao sol pelo tempo necessário, impedindo que o processo se realize, bem como a falta de lavagem dos telhados, calhas e reservatórios.

- **Projeto Água Limpa é Vida**

O projeto Água Limpa é Vida foi desenvolvido por uma parceria entre a Sociedade Bíblica do Brasil, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Projeto D. Helder Câmara e a Diaconia, sendo inaugurado na ilha Grande em dia 18 de agosto de 2004. Esse projeto previa o sistema de calhas, condutores verticais e horizontais que transferiam água do telhado para uma cisterna no padrão das construídas no nordeste do Brasil. A figura 14 ilustra a placa de inauguração do projeto, o telhado que era utilizado como área de captação com parte da calha que ainda existe e a cisterna de 16.000 litros em concreto implantada na ilha grande, pode ser visualizada uma abertura na parte superior que serve para realizar manutenção e a saída d'água na parte inferior da cisterna. Segundo uma líder comunitária da ilha, o sistema chegou a funcionar fornecendo água para a comunidade e para a escola municipal de São José. Deixou de funcionar devido problemas construtivos como a saída d'água que por estar próximo ao solo era afogada em determinados períodos do ano, quando a maré alta subia a calha do rio. Outro problema era a gestão do sistema, ninguém queria se responsabilizar em fazer a manutenção do mesmo, a comunidade em geral utilizava a água, mas poucas pessoas se voluntariavam no momento de realizar a limpeza do telhado, calhas e reservatório. Estas informações foram obtidas através de conversa com liderança comunitária da ilha Grande.

Figura 14- Sistema de aproveitamento de Água da Chuva na ilha Grande: a) placa de inauguração do sistema, b) calhas ainda existentes no local e c) cisterna em concreto de 16.000 litros
Fonte: Autora

- **Sistema improvisado de aproveitamento de água de chuva em uma residência na ilha Grande**

Em uma das visitas à ilha Grande foi possível observar a existência de um sistema de aproveitamento de água da chuva improvisado em uma residência, o qual utiliza como solução de abastecimento. O funcionamento é simples: um pedaço de calha amarrada logo abaixo do telhado, que capta água da chuva, inclusive aquela primeira água que lava o telhado, para uns camburões que serviam de reservatórios (ver figura 15). Depois a água é transferida para garrafas PET e estas armazenadas em grades postas sob o sol. A forma de disposição das garrafas não garante a desinfecção da água, pois deveriam ficar na posição horizontal, depositadas diretamente sob a luz solar no período de 5 a 6 horas. Da forma como as garrafas estão organizadas nas grades, apenas a parte superior delas recebe radiação solar, sem contar que o local onde estão as grades, a partir do meio do dia recebe sombra.

Figura 15 - SAAC improvisado na ilha Grande: a) pedaço de calha amarrado próximo ao telhado e recipiente plástico que recebe a água da chuva; b) desinfecção de água por radiação solar
Fonte: Autora

- **Aproveitamento de Água de Chuva no Combu (Igarapé Piriquitaquara)**

Outra iniciativa de utilização de águas pluviais na zona rural foi pela realizada pela Associação de moradores das ilhas (FAPIP) no Igarapé Piriquitaquara – ilha do Combu. O sistema (figura 16) foi instalado na Escola Santo Antônio e composto por: captação de água da chuva através de um telhado, condutores que transportavam a água captada para a cisterna de 16.000 l em concreto, um conjunto moto-bomba que transportava água para um reservatório elevado.

Figura 16 - Sistema alternativo de aproveitamento de água de chuva implantado na Ilha do Combu: a) Área de captação b) Cisterna de 16.000 litros em concreto
Fonte: Autora

A cisterna encontra-se em um estado de conservação ruim, rachaduras no concreto, forma irregular e assim como a cisterna da ilha Grande foi construída apoiada sobre o solo e essa região sofre alagamentos em alguns momentos do ano em decorrência da estação chuvosa e de maré alta, sem contar as ações de outras intempéries além da chuva. Ademais, verificou-se uma construção ao fundo da cisterna, trata-se de um banheiro (fossa negra), cujos dejetos humanos são lançados diretamente sobre a terra, que consequentemente infiltra no solo a menos de 5 metros da cisterna.

3.7 ASPECTOS LEGAIS

A conservação da água vem se tornando um tema bastante discutido no mundo inteiro, aproveitar água de chuva é uma forma eficiente e econômica de obter água. Righetto (2009) afirma que no Brasil, mais precisamente nos Estados como São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Paraná a captação de água da chuva tornou-se uma realidade e a sua

regulamentação foi criada a fim de atenuar os impactos das constantes enchentes nas capitais desses estados.

Em geral, as leis permitem três destinos para a água coletada: utilizá-la para fins não potáveis, liberá-la no lençol freático ou injetá-la nas galerias da rede publica, pelo menos uma hora após o término da chuva (TOMAZ, 2008).

A cidade de Austin – Texas tem média pluviométrica anual de 810 mm, fornece US$ 500 a quem instalar sistema de captação de água de chuva. O valor de US$ 500 corresponde a US$ 40/m^3 da capacidade de armazenamento do reservatório. Assim para um reservatório com 16 m^3 o valor ofertado pela cidade de Austin é de US$ 500 que é um pouco menor que 16 m^3 x US$ 40/m^3 = US$ 640. A cidade de San Antônio também no Texas fornece US$ 200 para quem economizar 1.230 m^3 de água da rede pública usando água de chuva durante o período de 10 anos. No Texas as casas com área de captação de 185 m^2 a 277 m^2 são comuns e lá, fazem uso de reservatórios de fibra de vidro com 38 m^3 de capacidade. O custo do reservatório de fibra de vidro é de US$ 260/m^3 de água conservada no reservatório. Incluindo os filtros, o custo total do reservatório variará de US$ 260/m^3 a US$ 330/m^3(TOMAZ, 2009).

No Brasil a água de chuva vem sendo utilizada para fins não potáveis. Segundo a ABNT NBR 15.527/2007 que trata da Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis são diversos os usos sem tratamento que pode ser destinada: vasos sanitários, lavagem de pátios e calçadas, irrigação, uso industrial. Os Estados brasileiros possuem diferentes características (geográficas, culturais, sociais e econômicas), cada estado incentiva através de seus instrumentos legais (leis, medidas administrativas, portarias, etc.) a adoção da técnica de Aproveitamento de água de chuva (AAC).

Em 1999 foi criada a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva - ABCMAC em Petrolina - PE é uma entidade sem fins lucrativos e tem por missão promover ações como: simpósios, seminários e cursos, formar técnicos na utilização de água de chuva e implementar um trabalho contínuo de pesquisa e assessoria a entidades que planejam e executam programas de captação de água de chuva, o objetivo maior é promover o aproveitamento racional e eficiente da água de chuva no Brasil (ABCMAC, 2012).

O aparato legal tanto municipal, quanto estadual já é numeroso no Brasil. A legislação, em geral foi criada para minimizar os problemas gerados pelas enchentes e inundações ou para propiciar a proteção ambiental visando, neste caso: a) ao uso racional e utilização de fontes alternativas através da captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas e de águas servidas; b) à infiltração e recarga de lençóis de água.

Seguem alguns exemplos desse dispositivo legal nos municípios e estados brasileiros dispostos no quadro 4.

Código de águas-Decreto 4.643/1934.	As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em contrário.
Lei Municipal Nº 13.276/2002 – São Paulo/SP - "lei das piscininhas"	Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m².
Lei Municipal nº 7.606/1997 - Santo André/São Paulo	Cria uma "taxa de drenagem", calculada com base na precipitação pluviométrica e porcentagem de área impermeabilizada.
Lei Estadual 12.526/2007 - São Paulo.	Torna obrigatória a implantação de sistema para captação e retenção de águas pluviais coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m² no Estado de São Paulo.
Lei municipal nº13. 246 de 27 de novembro de 2003 – São Carlos/SP.	Obriga os conjuntos habitacionais de áreas comerciais e industriais, loteamentos ou parcelamentos em áreas urbanas, com área superior a um hectare a serem aprovados pela Municipalidade, devendo apresentar estudo de viabilidade técnica e financeira para a construção de reservatório de detenção ou retenção para prevenir inundações com os devidos estudos dos impactos ao meio ambiente ocasionados pelo mesmo.
Lei Municipal nº 10.671/2006 – Ribeirão Preto/ SP.	Sujeita o Município a construir caixas de contenção das águas pluviais em todas as áreas públicas, tais como: praças, áreas de lazer e rotatórias (áreas utilizadas para facilitar o trânsito entre ruas ou avenidas de grande fluxo de veículos), para que a água captada seja utilizada nestes próprios locais, na manutenção de limpeza, irrigação das áreas verdes, e outros procedimentos similares.
Lei Municipal nº 6.793/2010 – cidade de Guarulhos/São Paulo.	A partir de 2012, os proprietários de imóveis que investem em ações sustentáveis, terão desconto de até 20% no IPTU, para quem implantar duas ou mais das seguintes medidas: uso de aquecimento solar, captação de água de chuva, reuso da água, coleta seletiva de lixo, sistema natural de iluminação, construção com materiais sustentáveis e telhado verde.

Lei municipal nº 6.511, de 9 de junho de 2009 – Guarulhos/SP.	Institui o Programa Municipal de Uso Racional da Água Potável, objetivando: adotar medidas que disciplinem, obriguem e fiscalizem a implantação de reservatórios para a captação de águas alternativas advindas da chuva e/ou de drenagem nas novas edificações da cidade e promover a conscientização dos usuários quanto à importância do uso racional da água potável para a vida das presentes e futuras gerações e incentivar o seu uso racional combatendo o desperdício.
Lei Municipal Nº 12.474/2006 – Campinas - SP	Institui o Programa Municipal de Conservação, Uso Racional e Reutilização de Água em Edificações tendo como objetivos a promoção da conscientização dos moradores sobre a importância da conservação da água potável e incentivar os moradores da cidade de Campinas a utilizarem águas pluviais e servidas. Esse incentivo está relacionado à implantação de um sistema com captação, reservação, tratamento, monitoramento da qualidade e distribuição para usos menos nobres da água de chuva, como irrigação e lavagem de pisos.
Lei complementar nº 150/2010 - Campo Grande (MS)	Uma das propostas é o uso de sistema de captação de água pluviométrica e o sistema de reuso. O contribuinte que utilizar tais sistemas ganhará 4% de desconto nos impostos mencionados. Para efeito da L.C, "considera-se Sistema de captação da água da chuva: sistema que capte a água da chuva e a armazene em reservatórios devidamente tampados, para utilização no próprio imóvel".
Lei Estadual Nº 4.393/2004 - estado do Rio de Janeiro	Obriga empresas projetistas e de construção civil que realizam projetos para o estado do Rio de Janeiro a fazerem previsão de coletores, caixas de armazenamento e distribuidores de águas pluviais para as edificações (residências) que abriguem mais de 50 famílias e empresas comerciais com mais de 50 m² de área construída.
Lei Estadual Nº 5.722/2006 - estado de Santa Catarina	Obriga edifícios com um número igual ou superior a 3 pavimentos e área superior a 600m² a instalarem sistema de captação, tratamento e aproveitamento de águas pluviais. Enquadram-se nessa lista também os hotéis, motéis, pousados e similares com número igual ou superior a 8 apartamentos dotados de toaletes.
Lei Nº 2.349/2004 - Pato Branco – Paraná.	Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. Estabelece medidas que induzam à conservação, o uso racional e o emprego de fontes alternativas para a captação de água nas novas edificações e conscientizar os usuários sobre a importância da conservação da água. As fontes alternativas de que tratam esta lei se referem a captação, armazenamento e utilização de água pluvial e águas servidas.

Lei Municipal nº 6.574 – Maringá/Paraná	Dispõe sobre a captação e o reaproveitamento de águas da chuva. Busca viabilizar o reaproveitamento das águas das chuvas através da interligação de lagos de dois parques à rede coletora de águas da atmosfera das áreas em que se localizam para o abastecimento dos mesmos. Serão implantadas cisternas nas praças do Município, com a finalidade de captar as águas pluviais e reaproveitá-las para a limpeza dos próprios municipais e aguagem dos canteiros e jardins públicos, bem como construção de cisternas e sistemas de canalizações de águas coletadas.
Lei Municipal nº 6.345/2003 – Cidade de Maringá/Paraná.	Institui o Programa de Reaproveitamento de Águas de Maringá, objetivando a diminuição a demanda de água no Município e aumentar a capacidade de atendimento da população. As pessoas serão incentivadas a instalar reservatórios para a contenção de águas servidas e o recolhimento de água proveniente da atmosfera, bem como dispositivos para a utilização dessas águas na descarga de vasos sanitários e mictórios e lavagem de pisos, terraços e outros procedimentos similares.
Lei Municipal Nº 12.474/2006 – Campinas - SP	Institui o Programa Municipal de Conservação, Uso Racional e Reutilização de Água em Edificações tendo como objetivos a promoção da conscientização dos moradores sobre a importância da conservação da água potável e incentivar os moradores da cidade de Campinas a utilizarem águas pluviais e servidas. Esse incentivo está relacionado à implantação de um sistema com captação, reservação, tratamento, monitoramento da qualidade e distribuição para usos menos nobres da água de chuva, como irrigação e lavagem de pisos.

Quadro 4 - Dispositivos legais implantados nos municípios e estados brasileiros

4 CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA DAS ILHAS GRANDE E MURUTUCU

A temática “Aproveitamento de Água da Chuva” foi explorada por três pesquisas que ocorreram quase que concomitantemente na área de estudo e que trabalham de forma complementar. Foi realizado um levantamento sócio econômico na área nas ilhas Grande e Murutucu, o objetivo dessa atividade era conhecer a conjuntura social dos habitantes das ilhas e para tal, foram avaliadas diversas variáveis como: população, gênero, escolaridade, renda familiar, número de pessoas por residência. Os questionários específicos foram aplicados em 2011 por Veloso após a instalação dos SAAC.

De acordo com Veloso (2012) as abordagens realizadas nos formulários visavam caracterizar e diagnosticar tanto as condições socioeconômicas da população pesquisada como suas formas de abastecimento de água, identificando a possibilidade de viabilidade do aproveitamento da água da chuva para a região, bem como a conhecer a percepção dos moradores sobre o aproveitamento da água da chuva. Os formulários continham questões abertas e fechadas. Os responsáveis pelos domicílios preferencialmente eram submetidos às perguntas. Na ausência destes, os respondentes eram pessoas maiores de 18 anos presentes no momento da visita. O objetivo de tal medida foi fornecer maior credibilidade aos dados da coleta e assegurar maior proximidade do contexto da comunidade.

As respostas fornecidas foram inseridas em um banco estruturado pelo *Statistical Package for the Social Sciences* – (SPSS DATA EDITOR versão 13.0) e pelo Excel 2010, no qual foi feito o tratamento estatístico e formulação de gráficos e tabelas que serão apresentadas nos resultados. O tratamento estatístico foi aplicado para obter um levantamento da dimensão social (escolaridade, renda familiar, número de pessoas por residência, faixa etária, incidência de doenças de veiculação hídrica) e para identificação do diagnóstico do abastecimento dos moradores: interesse dos residentes em possuir um sistema de abastecimento de água da chuva, tipos de tratamentos de água realizados, estrutura física das residências, áreas dos telhados, entre outros (VELOSO, 2012).

Foram entrevistados 201 moradores, alguns residentes das ilhas não aceitaram responder ao formulário. Havia residências fechadas e outras abandonadas. Essas ocorrências impossibilitaram a finalidade inicial do estudo que era de realizar uma pesquisa censitária com a comunidade. A tabela 11 apresenta as informações referentes à aplicação dos questionários.

Tabela 11 - Informações gerais sobre o questionário socioeconômico realizado nas ilhas Grande e Murutucu

Local	SITUAÇÃO				Total
	Domicílios fechados	Domicílios abandonados	Recusa em responder/sem responsável	Domicílios entrevistados	
Ilha Grande	13	5	1	70	89
Ilha Murutucu	11	5	2	131	149
Total	24	10	3	201	238

Fonte: Veloso (2012)

Conforme Veloso (2012) os domicílios entrevistados correspondem a 78,65% do total na ilha Grande. Na ilha Murutucu, 87,92 % das famílias responderam ao formulário. A população amostrada se apresenta como uma parcela considerável da população total das ilhas.

A seguir será abordados na caracterização proposta indicadores e índices relativos a sócio caracterização das ilhas. Essa abordagem será realizada com mais frequência através do uso de tabelas e gráficos.

- **População**

As ilhas são povoadas por um número expressivo de pessoas e muitas destas habitam o local há muito tempo. De acordo com os dados, 54,2% e 58,6% dos indivíduos da ilha Grande e ilha Murutucu respectivamente vivem nesses locais a mais de 10 anos. Identificaram-se moradores que vivem na região há 80 anos. O número aproximado de indivíduos por ilha e o gênero dessa população são mostrados na tabela 12.

Tabela 12 - Número de moradores na ilha grande e na ilha Murutucu

Local	Nº de moradores acima de 12 anos	Nº de moradores até 12 anos	Total	Gênero	
				Feminino	Masculino
Ilha Grande	192	96	288	152	136
Ilha Murutucu	357	172	529	276	253
Total	549	268	817	428	389

Fonte: Adaptado de Veloso (2012).

- **Escolaridade**

Foram averiguadas as faixas de escolaridade desde não alfabetizados até o ensino superior completo. Os moradores da ilha Grande que nunca foram à escola são representados

por 10,7% e na ilha Murutucu, 9,8%. Os maiores índices são daqueles que estudaram até a 4ª série incompleta, 33,6% da população da ilha Grande e 30% da população da ilha Murutucu. O baixo índice de escolaridade pode ser um fator prejudicial no processo de absorção de novas informações, como por exemplo, a compreensão do mecanismo dos sistemas de abastecimento. O gráfico 2 ilustra informações quanto ao grau de escolaridade da população das duas ilhas.

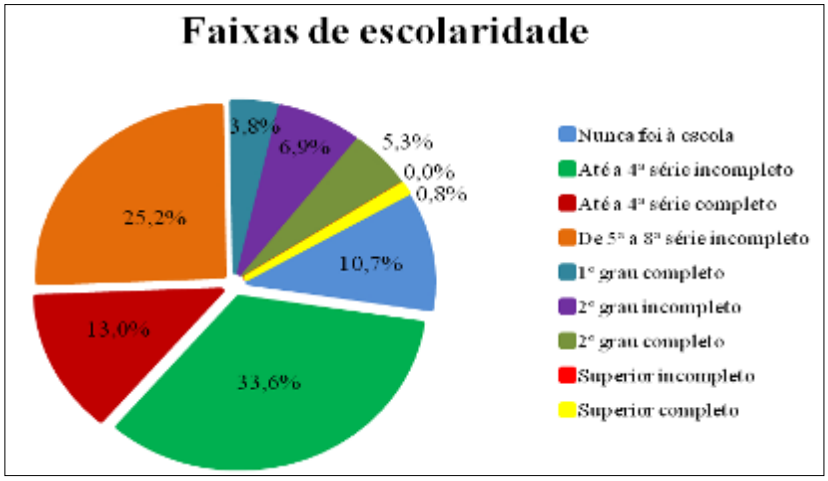


Gráfico 2 - Escolaridade (%) da população das ilhas Grande e Murutucu
Fonte: Adaptado de Veloso (2012)

- **Renda Familiar**

Com relação à renda familiar identificou-se em termos percentuais que 44% da população da ilha Grande entrevistada e 65,6% das famílias da ilha Murutucu vivem com renda significativamente baixa, menor que um salário mínimo correspondente a R$ 622,00. Levando-se em consideração a informação de Veloso (2012) de que a maioria das residências visitadas possui até três habitantes, a renda mensal por habitante seria de R$ 207,33/habitante. Apenas 4,3% na ilha Grande e 4,6% na ilha Murutucu possuem renda familiar acima de três salários mínimos.

- **Origem da água utilizada para consumo humano**

As fontes de abastecimento de água da população das ilhas são diversas, os mananciais de água superficial e subterrânea, a água transportada de Belém e do Acará. Contudo, a principal fonte de água de beber da população é a água proveniente de uma cacimba (ver figura 17) localizada na comunidade de São José, onde 42,9% da população da ilha Grande e 42,7% da ilha Murutucu usam dessa fonte de água, comercializada a R$ 2,00 (20 litros) e

bastante cômodo para o consumidor, haja vista que o barco com produto passa duas vezes por semana na porta das residências. Importante notar que 5,7% e 11,4% da população das ilhas Grande e Murutucu respectivamente ainda fazem uso usa água do rio para beber.

Figura 17 - cacimba localizada na Comunidade de São José, próximo a Ilha Grande
Fonte: autora

Outras informações referente à modalidade de abastecimento de água podem ser visualizadas no gráfico 3.

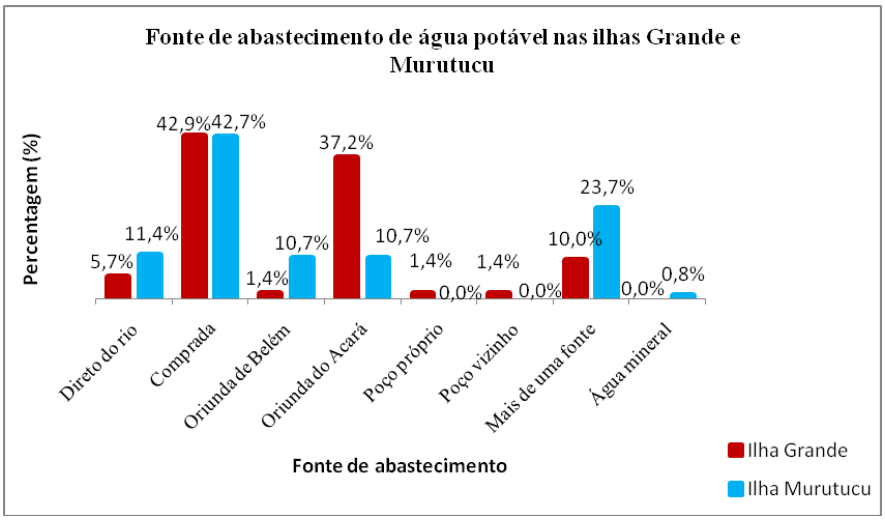


Gráfico 4 - Fonte de abastecimento de água para fins potáveis nas duas ilhas
Fonte: Adaptado de Veloso (2012)

- **Hábitos de tratar a água**

O Artigo 5º do Capítulo 2 da Portaria 2.914/2011 do MS define água para consumo humano como sendo a água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem.

A água não deve ser utilizada para consumo sem antes passar por desinfecção, pois ela pode provocar desde um simples mal estar até o óbito. Como a área de estudo não possui nenhum sistema público de abastecimento de água, os próprios moradores são responsáveis pelo tratamento antes do consumo. A Secretaria Municipal de Saúde - SESMA através do posto de saúde existente na ilha Grande distribui hipoclorito de sódio e realiza palestras à comunidade incentivando os moradores a utilizarem o produto.

Apesar da ação do poder municipal os números preocupam, pois boa parte da população se expõe ao risco de possível contaminação ocasionada por ingestão de água não tratada. De acordo com Veloso (2012) a pesquisa realizada nas ilhas identificou que 44,3% da população consultada da ilha Grande não faz uso de nenhum tipo de tratamento na água que consome para fins potáveis (ver gráfico 4) independentemente da origem da água consumida é utilizada para beber e cozinhar sem receber nenhum tratamento de melhora da qualidade. Outra parte da população, 55,7% afirma que empregam um ou mais tipo de tratamento na água destinada para esses fins.

Segundo a mesma autora, na ilha Murutucu, o número é um pouco menor, 29,8% da população não realiza nenhum procedimento de desinfecção da água. A outra parte da população adota alguma medida de tratamento da água de consumo, tais como: coagem em tecidos, fervura, uso do sistema SODIS, utilização de hipoclorito e ainda, há um percentual que utiliza mais de um método que assumem vários arranjo, como mostra a tabela 13.

Tabela 13 - Origem da água e o(s) tipo(s) de tratamento aplicado

Origem da água	Tipo de Tratamento				
Fonte de água	**Fervura**	**Hipoclorito**	**Coagem**	**SODIS**	**Mais de um**
Direto do rio	5,3%	7,3%	0,0%	0,0%	21,0%
Água mineral	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
poço próprio	0,0%	100%	0,0%	0,0%	0,0%
Comprada	1,8%	74,5%	7,3%	1,8%	14,6%
Poço vizinho	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Traz de Belém	0,0%	83,3	0,0%	0,0%	16,7%
Traz do Acará	4,2%	62,5%	4,2%	0,0%	29,1%
Mais de uma fonte	3,8%	73,1%	3,8%	0,0%	19,3%

Fonte: adaptado de Veloso (2012)

O gráfico 4 apresenta os tipos de tratamentos empregados na água para consumo humano nas ilhas investigadas. As percentagens verificadas nos gráficos representam somente a parcela da população que aplica algum tipo de tratamento à água, corresponde a 55,7% da população entrevistada da ilha grande e 70,2% da ilha Murutucu.

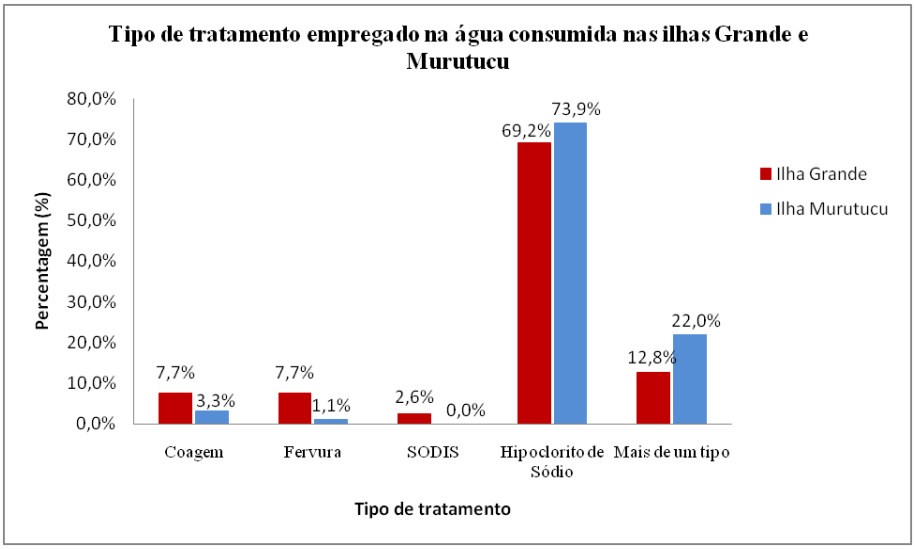


Gráfico 5 - Tipos de tratamento empregado na água: ilha Grande x ilha Murutucu
Fonte: Adaptado de Veloso, 2012

Apesar de toda a dificuldade em relação ao abastecimento de água, os moradores das ilhas opinam quanto à qualidade da água consumida. Veloso (2012) reporta que 84,3% e 54,9% da população pesquisada da ilha Grande e ilha Murutucu respectivamente possuem a idéia de que consomem água de boa a excelente qualidade. Entretanto, a pesquisa aponta índices elevados de doenças de veiculação hídrica. Quando foram perguntados se algum membro da família desenvolveu nos últimos 6 meses alguma doença ou algum dos sintomas: dor de barriga, diarreia, hepatite A, coceira, do universo de pessoas amostradas, 75% (ilha Grande) e 39,7% (ilha Murutucu) disseram que sim, e ainda, que esses eventos de adoecimento não foram episódios isolados, pois, na maioria dos casos, houve reincidência da doença ou desenvolvimento de outra por três vezes nos últimos seis meses.

Essa informação é muito importante, uma vez que se confirma que os moradores das duas ilhas possuem uma visão equivocada da qualidade da água consumida. Como esse líquido pode ser de boa ou excelente qualidade, se os índices de doenças relacionadas a qualidade da água são elevados? Esse questionamento se acentua com base nas respostas obtidas para a pergunta: a água que consomem pode provocar doença? Sessenta por cento dos moradores da ilha Grande e 49,% dos moradores da ilha Murutucu forneceram resposta negativa. Daí a grande importância que as atividades em educação ambiental representam para essa população.

A pesquisa realizada com os moradores das duas ilhas em relação à água da chuva levantou os seguintes questionamentos: o nível de conhecimento sobre o aproveitamento da água da chuva, aceitação da água da chuva para fins potáveis, condições sanitárias de limpeza do sistema, interesse em possuir o sistema, disponibilidade de pagamento dos moradores.

Reiterando, o aproveitamento de água da chuva na região insular de Belém não é algo novo, alguns projetos já foram desenvolvidos, uns estão abandonados, outros em plena atividade, inclusive, uns dos sistemas que não obteve sucesso, funcionava em uma comunidade na ilha Grande. Todavia, a maior parte da população das duas ilhas disse não conhecer um sistema genérico de aproveitamento de água de chuva. O questionário sócio econômico aplicado aponta que 55,7% (ilha Grande) e 71% (ilha Murutucu) não possuem informação a respeito de um SAAC.

A aceitabilidade da água de chuva para consumo humano é visualizado como um desafio, uma quebra de paradigma, principalmente em regiões cercadas por água, onde o ribeirinho cresceu em uma vivência harmoniosa com o rio, o qual serve de transporte, de lá tira o alimento, o lazer e também é fonte de consumo de água. Grande maioria da população mostrou não conhecer o funcionamento de um sistema de aproveitamento de água da chuva, ainda assim, mais de 50% do universo dos entrevistados nas duas ilhas se mostraram receptíveis ao uso da água pluvial, 61,4% dos entrevistados da ilha Grande e 50,4% dos entrevistados na ilha Murutucu disseram que aceitariam consumir a água da chuva. Os que disseram não aceitar esse consumo justificaram que um dos fatores que impede a aceitabilidade é o sabor da água da chuva, pois esta possui um gosto caracteristicamente desagradável.

A aceitação da água de chuva foi confirmada pela disposição dos pretensos usuários a realizar a necessária manutenção nos componentes do SAAC (telhado, calha, reservatórios). Do universo amostral da ilha Grande que disseram ter interesse em adquirir o sistema, 98% se mostraram pretensos a realizar a limpeza no SAAC, na outra ilha a situação é semelhante, 94,9% indicaram interesse.

Dos moradores da ilha Grande que declararam ter interesse em possuir o modelo do SAAC, 98,2% apresentam disposição em limpar os componentes do sistema. O cenário da outra ilha não é muito diverso, cerca de 94,9% revelaram ter a mesma disposição. Tais percentuais são significativos e evidenciam a iniciativa dos usuários em garantir a limpeza.

Outro fato que chama atenção no desenvolvimento da pesquisa é a frequência de limpeza que os ribeirinhos estão dispostos a realizar. Os percentuais de aceitabilidade do

SAAC e da disposição em realizar manutenção são mais bem representados no fluxograma da figura 18.

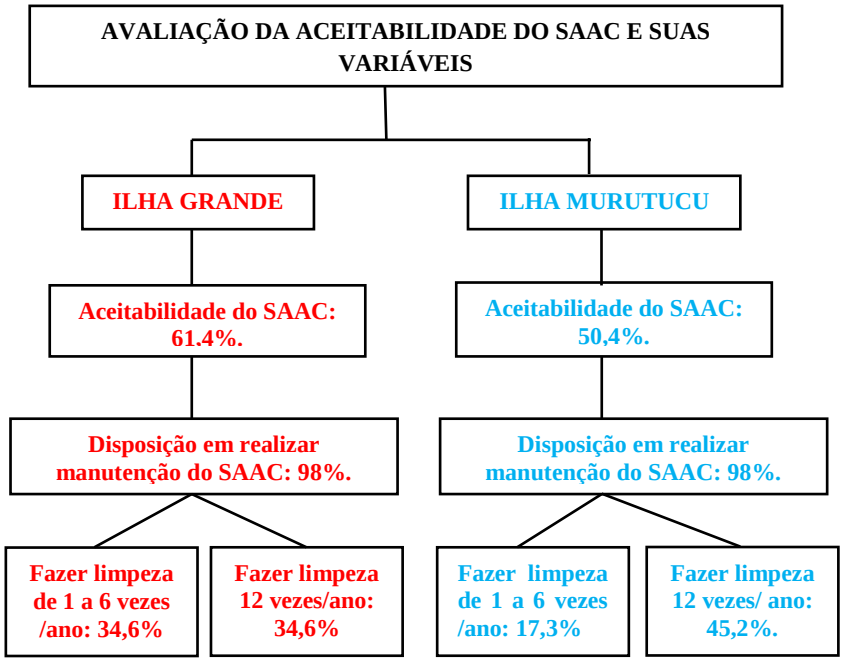


Figura 18- Fluxograma com a avaliação da aceitabilidade do SAAC e suas variáveis
Fonte: Adaptado de Veloso (2012)

Para aqueles que se revelaram interessados em adquirir o sistema, lhes foi perguntado se eles estariam dispostos a pagar pelo sistema, onde 41,1% se mostraram pré-dispostos a pagar pelo modelo de aproveitamento de água pluvial, apenas 3,6% que, apesar de anunciarem que tinham interesse, manifestaram-se contra o pagamento na ilha Grande. Na ilha Murutucu, os moradores interessados em obter o SAAC, quando perguntados se estariam dispostos a pagar, apenas 22,4% disseram sim e 13,3% responderam não.

Uma parcela considerável dos entrevistados está disposta a pagar pelo sistema, um total de 63,5% nas duas ilhas, outra parte dessa população respondeu que dependeria do preço, a renda dos moradores entrevistados influenciou na resposta, visto que eles não têm noção de quanto custa um SAAC e se mostraram em dúvida quanto à possibilidade de poder ou não pagar o SAAC com a renda atual.

5 MÉTODO

5.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende as ilhas Grande e Murutucu (figura 19), localizadas na região insular da cidade de Belém. Sua região metropolitana é composta por 6 municípios (Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides e Santa Bárbara e Santa Isabel que passou a fazer parte da região metropolitana a partir de 2010. De acordo com Azevedo (2005) Belém e região metropolitana é formada por uma parte continental e outra insular, esta composta por 39 ilhas.

Figura 19 - Imagem da localização da área de estudo
Fonte: Mapas do Cadastro Ambiental Rural - SEMA 2011

A ilha Grande ocupa 929,16 ha Belém (1996). Está situada do lado da margem esquerda do rio Guamá a 12,2 km ao sul de Belém. O acesso a ilha Grande é realizado por barco.

Veloso (2012) realizou levantamento socioeconômico na ilha Grande em 2011 que apontou população igual a 288 indivíduos, 152 do sexo feminino e 136 do sexo masculino. Verifica-se a diminuição da população. Em 2006 eram 323 pessoas e em 2011 esse número decresceu para 288.

Conforme Silveira *et al* (2006) a ilha de Murutucu é constituída por uma área de 8,79 km², habitada por 60 famílias, totalizando 270 pessoas: 141 do sexo masculino e 129 do sexo feminino. O autor observou que a população da ilha é jovem, concentrada na faixa etária de 0 a 19 anos. As escolas locais só atendem do 2º ao 5º ano do ensino fundamental. Identificou-se

também que a atividade predominante é a extrativista, destacando-se a coleta e comercialização de açaí, em menor escala, o cacau e do cupuaçu.

Veloso (2012) quantificou a população da ilha Murutucu, igual a 529 moradores, 276 do sexo feminino e 253 do sexo masculino. Observa-se crescimento populacional considerável

As residências selecionadas para implantar os sistemas (ver figura 20) são de padrão popular, em madeira, ambas construídas por um Programa do governo federal através de um Projeto de Assentamento Extrativista – PAE do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, entre os anos de 2009 e 2010. As duas famílias se mostraram muito interessados em adquirir os sistemas e se comprometeram a colaborar no que fosse necessário no desenvolvimento da pesquisa.

Os telhados são constituídos de material cerâmico com áreas de 79,04 m na ilha Grande e 49,28 metros na ilha de Murutucu.

Figura 20 - Locais onde os sistemas 1 e 2 foram instalados: a) Residência na ilha Grande; b):Residência na ilha Murutucu
Fonte: Autora

A região de estudo apresenta diversos problemas de infraestrutura que foram identificados no decorrer da pesquisa, destacam-se aqui três das principais dificuldades: falta de rede de abastecimento público de água, destino inadequado do lixo e dos efluentes sanitários.

Quanto à geração de energia elétrica, o Programa Luz para Todos do governo federal em parceria com os governos estaduais e as distribuidoras de energia elétrica alcançou três ilhas belenenses: Grande, Combu e Murutucu. A obra foi inaugurada em agosto de 2011 e beneficia 93 famílias na ilha Grande e 435 nas ilhas Combu e Murutucu. A rede de distribuição é composta de 727 postes de fibra de vidro, 88 transformadores, 76.000 metros de

redes de média e baixa tensão, além de cinco travessias de rio com torres de aproximadamente 50 metros de altura (DIARIO ONLINE, 2011).

O acesso às ilhas Grande e Murutucu é realizado por barcos e dura em torno de 30 minutos. Os barcos aportam no porto da Praça Princesa Isabel, Porto São Benedito, Ver-o-Peso, Porto da Palha, dentre outros.

5.2 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS

O trabalho foi em etapas, que foram necessárias para atingir os objetivos propostos, conforme ilustra o fluxograma da figura 21.

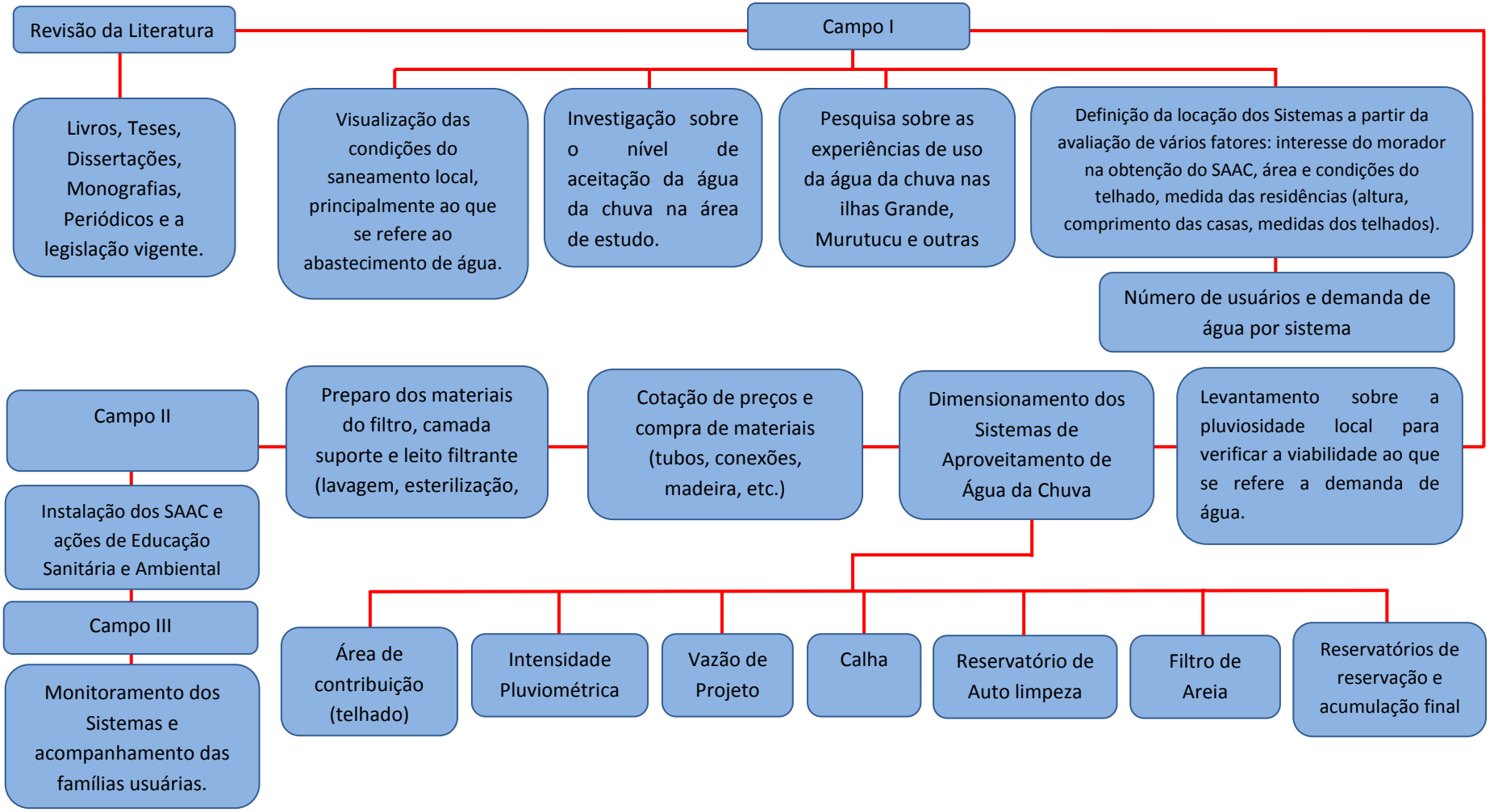


Figura 21 - Fluxograma da metodologia utilizada para cumprimento dos objetivos deste trabalho
Fonte: Autora

O passo a passo pontuado no fluxograma é descrito a seguir para melhor entendimento.

5.2.1 **Revisão da literatura**

Houve pesquisa na vasta literatura que envolve o tema. Foram selecionados diversos livros, teses, dissertações, monografias, matérias de revistas, bem como a legislação vigente. A revisão de literatura se estendeu por todo o período de pesquisa com o objetivo de condensar aprimorar informações sobre o tema.

5.2.2 **Pesquisa de campo**

As etapas de campo foram divididas em três fases: campo I, campo II e campo III.

5.2.2.1 Campo I– Levantamento

A ideia deste projeto iniciou em 2008 através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC e Programa de Pós-Graduação do Núcleo do Meio Ambiente, ambos da Universidade Federal do Pará, o objetivo é tornar possível o acesso de comunidades ribeirinhas amazônicas à água potável através do desenvolvimento de modelos de sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva e projetos construtivos de habitações de interesse social.

A etapa de campo I iniciou em 2009 com a necessidade de conhecer melhor a realidade do local escolhido para realização da pesquisa. Seria muito relevante promover a aplicação de um questionário socioeconômico em todas as residências das ilhas, a fim de gerar um mapa da caracterização da região e dos seus moradores: atividades desenvolvidas, nº de indivíduos, nº de famílias, escolaridade, renda, fontes de uso de água para abastecimento, tipos de tratamento aplicado na água antes do consumo, quantificação da aceitação da água de chuva, assim como tantas outras informações, não foi possível realizar essa atividade. Entretanto, foram realizadas diversas visitas à área de estudo no ano de 2010 com o objetivo de conhecer as características físicas do local, a situação social e outras informações descritas a seguir:

a) Visualização das condições do saneamento local, principalmente no que se refere ao abastecimento de água;

b) Investigação sobre a aceitação da água de chuva pelos moradores das ilhas;

c) Conhecimento das experiências de uso de água da chuva nas ilhas Grande, Murutucu e outras ilhas vizinhas;

d) Definição da locação dos sistemas a partir da avaliação de vários fatores como: interesse do morador na obtenção do sistema de aproveitamento de água da chuva, área e condições dos telhados, aferição das medidas das residências (altura, comprimento das casas, medidas dos telhados). É importante salientar que o sistema 1 (ilha Grande) foi solicitado por uma família que já fazia uso de água de chuva através de um sistema improvisado, a residência foi avaliada e o local foi eleito para receber o primeiro sistema. Quanto ao sistema 2 (da ilha Murutucu), também houve forte interesse do morador em obter o sistema, a residência deste apresentava-se em condições favoráveis. Importante: o telhado dessa residência é mais antigo que o telhado da residência do Sistema 1, o que é conveniente para avaliação dos sistemas utilizando telhados em diferente estado de conservação.

Após a definição dos locais onde seriam implantados os sistemas, pôde-se determinar o número de pessoas que fariam uso da água dos mesmos. No caso da ilha Grande, os usuários são moradores vizinhos integrantes de cinco famílias.

Na ilha Murutucu são três famílias. O número de usuários por família pode ser evidenciado no quadro 5.

Local	**Residências**	**Nº DE PESSOAS**
Ilha Grande	Casa 1 – onde será instalado o sistema	4
	Casa 2	4
	Casa 3	5
	Casa 4	3
	Casa 5	3
	Total	**19**
Ilha Murutucu	Casa 1 – instalação do sistema	5
	Casa 2	3
	Casa 3	6
	Total	**14**

Quadro 5 - Nº de residências e de pessoas a serem atendidas pelos SAAC

A averiguação da demanda de água nas residências foi a priori, para fins de beber e cozinhar. A partir da determinação do número de usuários em cada sistema. Buscou-se na literatura o volume de água de referência para este fim.

Uma pessoa necessita de no mínimo cinco litros de água por dia para beber , cozinhar e 25 litros para higiene pessoal (CTHIDRO, MCGILL UNIVERSITY, 2001 APUD TUNDISI E MATSUMURA, 2011.

O engenheiro sanitarista Saturnino de Brito indicou alguns valores de consumo mínimo de água per capita, ou seja, litros por habitante por dia. Dentre esses valores estão: Água para bebida (2 litros); alimentos e cozinha (6 litros) (MANUAL DE SANEAMENTO, 1985).

De acordo com essa informação, uma casa com cinco pessoas, utilizaria 40 l/hab./dia para beber e cozinhar.

Para definição da demanda per capta de água para beber e cozinhar, foi realizada uma pesquisa *in loco*, para tal, adotou-se o seguinte procedimento:

Foram realizadas três visitas em dias consecutivos na ilha Grande onde foi implantado o Sistema de Aproveitamento de água da chuva 1, que tem maior demanda que o sistema 2.

Utilizaram-se dois garrafões de 20 litros de água potável como medida. A moradora foi orientada a fazer uso da água como de costume em suas atividades de lavagem de alimentos, beber e cozinhar. Ao final de cada dia se mediu a quantidade de água restante nas garrafas de beber, se devolvia para o garrafão e se media o volume através de uma jarra graduada em mililitros e litros. Outros dois garrafões de água eram oferecidos à moradora no dia seguinte e assim sucessivamente. Os resultados de consumo foram os seguintes:

1º dia – 19 litros de água; 2º dia - 16 litros de água e 3º dia – 21 litros de água.

Computou-se a média dos valores de consumo diários e chegou-se ao seguinte resultado: 18,66 litros/dia. Foi utilizado o valor de 20 litros/dia, como medida de segurança. Como se trata de uma residência com quatro pessoas, dividiu-se o volume de água pelo número de pessoas e obteve-se o volume per capta de 5 l/pessoa/dia. O quadro 6 apresenta o volume por residência que será considerado para fins de cálculo.

Local	Residências	Nº de pessoas/residência	Consumo de água per capta (l/pessoa)	Total (l/dia)
Ilha Grande	Casa 1 - instalação sistema	4	5	20
	Casa 2	4	5	20
	Casa 3	5	5	25
	Casa 4	3	5	15
	Casa 5	3	5	15
	Outros usos - Fabricação de gelo	10 pedras/dia	Sendo 2 litros cada pedra	20
			Total	**115 l/dia**
Ilha Murutucu	Casa 1 - instalação sistema	5	5	25
	Casa 2	3	5	15
	Casa 3	6	5	30
			Total	**70 l/dia**

Quadro 6 - Nº de pessoas, consumo per capta e total de água por dia consumida em cada residência

Houve necessidade de levantar informações da pluviosidade local, por se tratar de um dado de entrada necessário para realizar o dimensionamento do sistema.

- **Pluviosidade local**

Não há nenhum posto pluviométrico instalado nas ilhas Grande e Murutucu para realizar o levantamento sobre a pluviosidade local, a fim de ponderar a viabilidade no que se refere à quantidade de água necessária para atender a demanda. Então, avaliou-se a pluviosidade a partir da estação 82191, localizada na sede do INMET, estrada da CEASA-Belém. Por falta de dados pluviométricos pontuais e a área de estudo ser adjacente a Belém, projetou-se as informações pluviométricas dessa estação para utilização nesta pesquisa. A tabela 2 ilustrada do item 3.3 apresenta as médias mensais de 30 anos no período de 1961 a 1990.

De acordo com as médias mensais disponíveis na tabela 2, observa-se que o trimestre mais chuvoso é janeiro, fevereiro e março, destacando-se o mês de março com 436,2 mm, volume bastante considerável e o mês menos chuvoso é o mês de novembro com 111,8 mm. A média anual gira em torno de 2.893,1 mm, representando abundância de água.

Depois de realizada a avaliação das residências, a investigação quanto à pretensão de utilização de água da chuva por parte dos moradores e a verificação prévia do volume de água de chuva disponível na região (se este atenderia a demanda dos usuários) pôde-se efetivar o dimensionamento dos Sistemas, levando-se em consideração as particularidades de cada um.

5.2.2.1.1 Dimensionamento dos Sistemas de aproveitamento de Água da chuva

Para fins deste estudo, serão considerados SAAC 1 ou sistema 1 e SAAC 2 ou sistema 2. Os sistemas foram implantados na ilha Grande e na ilha Murutucu, respectivamente.

A concepção básica do sistema de aproveitamento de água da chuva é de simples visualização: será utilizado o telhado da residência como área de captação. A água é transferida para a calha e depois para os reservatórios de primeira água de chuva, neste caso, a altura da casa não permitiu a utilização de condutores verticais, a água segue pelos condutores horizontais que a encaminham para os reservatórios de primeira água de chuva ou autolimpeza. Em sequência, a água é reservada e depois filtrada através de filtro de areia e em sequência encaminhada para a reservação final. Parece ser um sistema simples, no entanto os seus componentes como calha, reservatório de autolimpeza, os filtros e a cisterna necessitam ser dimensionados, o que significa que o sistema possui certa sofisticação tecnológica. Se um destes componentes não funcionar bem, poderá comprometer a eficiência do sistema como um todo.

A chuva é um recurso gratuito e de fácil acesso, seu aproveitamento racional é viável ambientalmente, economicamente e traz benefícios sociais, sem contar que a técnica de aproveitamento é simples. A figura 22 exibe a concepção básica de um SAAC.

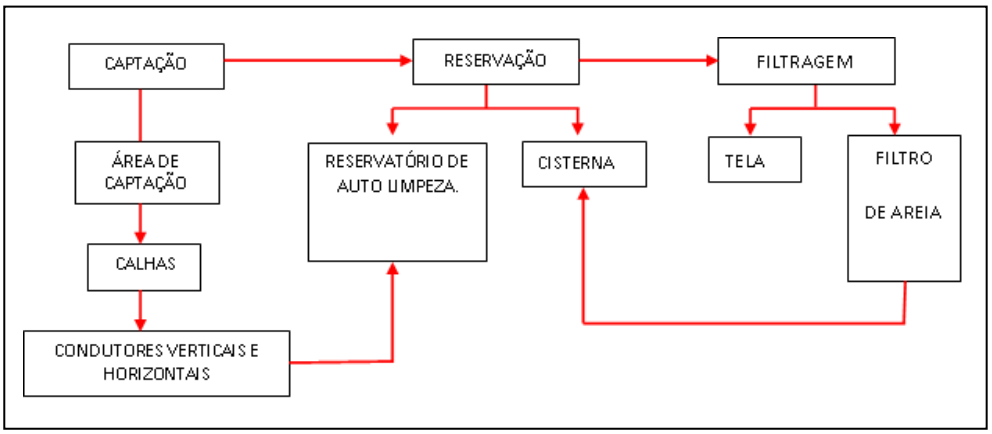


Figura 22 - Concepção Básica do Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva
Fonte: Autora

São três etapas: captação, reservação e filtração. Para captação de água da chuva pode-se utilizar o telhado, a água é coletada e escoada para as calhas e depois segue pelos condutores horizontais e verticais para a próxima etapa que pode ser o reservatório de autolimpeza ou reservação final.

Os reservatórios de autolimpeza e o filtro são acessórios que podem ou não fazer parte de um sistema de aproveitamento de água da chuva, mas são componentes fundamentais para a melhora da qualidade da água.

Como já informado, a captação da água da chuva foi realizada através de calhas instaladas nos telhados das residências das ilhas grande e Murutucu.

- Cálculo da Área de contribuição (telhado).

Esse cálculo foi realizado através da fórmula 2:

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) * b, \qquad (2)$$

Onde,

A: a área de contribuição; a: largura da aba do telhado; b: comprimento da aba do telhado e h: inclinação do telhado. Estas variáveis são mais bem visualizadas na figura 23.

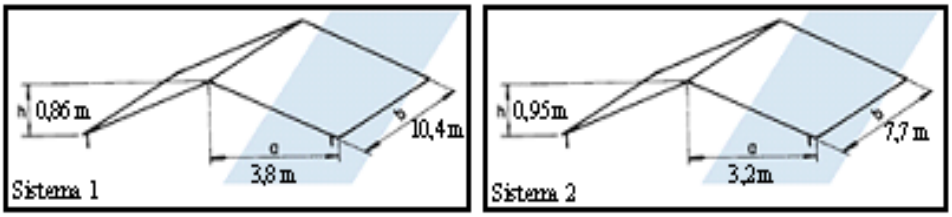


Figura 23 - Dimensões dos telhados inclinados dos sistemas 1 e 2
Fonte: Adaptado da NBR 10844/1989

Considerou-se apenas uma das abas do telhado, visto que seria suficiente para suprir a demanda por água das residências e por questão de custo. Os valores das áreas dos telhados são os seguintes: 43,99 m² na ilha Grande e 28,29 m² na ilha Murutucu.

- **Intensidade pluviométrica**

De acordo com a NBR 10844/1989, a chuva de Belém para T = 5 anos e t = 5 min., I = 157 mm/h e de acordo com essa mesma NBR, pode-se adotar o valor de 150 mm/h para construções até 100 m² de área de projeção horizontal.

- **Determinação da vazão de projeto.**

A vazão de projeto significa a vazão que será utilizada como referência. É tida como a vazão que aquele telhado, de acordo com suas características e a intensidade de chuva da região, pode captar. Foi utilizada a fórmula 3 para realizar o cálculo

$$Q = \frac{C.I.A}{60} \quad (3)$$

Onde,

Q é a vazão de contribuição do telhado (m³/s) ou vazão de projeto;

C – Coeficiente de escoamento superficial, (considerou-se para o cálculo das duas ilhas c = 0,9);

I- intensidade pluviométrica adotou-se o valor 150 mm/h, de acordo com o item 7.3.2 da NBR;

A - área de contribuição em m²

Aplicando-se a fórmula, as vazões de projeto encontradas foram: 98,97 m³/min e 63,65 m³/min na ilha Grande e Murutucu respectivamente.

- **Dimensionamento da Calha**

Conforme a tabela 14, que especifica as capacidades das calhas semicirculares para vazões em litros por minuto, verifica-se que para declividade de 0,5 % e vazão de até 130 l/min deve-se utilizar o diâmetro interno de 100 mm, o qual foi adotado, visto que a vazão de projeto é inferior ao limite.

Tabela 14 - Capacidade de calhas semicirculares

Diâmetro interno (mm).	Declividade (%)		
	0,5	1,0	3,0
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Fonte: NBR 10844/1989.

A declividade mínima recomendada pela NBR 10844/89 é de 0,5 %, então se adotou i = 0, 005.

De acordo com o item 5.5.7 da NBR 10844/1989, o dimensionamento das calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, indicada a seguir, ou de qualquer outra fórmula (4) equivalente:

$$Q = \frac{K * S * R_H^{2/3} * i^{1/2}}{n} \quad (4)$$

onde:

Q: vazão;

S: área da seção molhada;

n: Coeficiente de rugosidade (ver tabela 15);

R: raio hidráulico, em metro (m);

P: Perímetro molhado, em metro (m);

i: declividade da calha em metro por metro (m/m);

K: 60.000.

As variáveis são as seguintes: área da seção molhada (S); raio hidráulico (R_H) e perímetro molhado (P_M), necessários como dados da fórmula de Manning-Strickler serão calculados a seguir:

- Cálculo da Área molhada

A área molhada é calculada através da fórmula 5:

$$A_{molhada} = \frac{\pi * r^2}{2} \quad (5)$$

Para o diâmetro = 100 mm ou 0,1 m. O valor do raio (r) é igual à metade do diâmetro (D) em metros, ou seja, r = 0,05 m.A área molhada do sistema 1 é igual a do sistema 2, visto que se trata do mesmo diâmetro de tubulação, ou seja, raios iguais. $A_{molhadaS1} = A_{molhadaS2}$ = 0, 0039 m².

- Cálculo do Perímetro molhado

Foi empregada a fórmula 6:

$$P_{molhado} = \pi * r \quad (6)$$

Para calha semicircular, onde o r=0,05 m. Assim como a área molhada, o perímetro molhado dos dois sistemas também é igual. $P_{molhado}$= 0,1571 m.

- Cálculo do Raio Hidráulico

Obtém-se o raio hidráulico através do quociente entre a área molhada e o perímetro molhado, de acordo com a fórmula 7.

$$R_H = \frac{Área_{molhada}}{Perímetro_{molhado}}. \quad (7)$$

Os raios hidráulicos dos sistemas também são similares, igual a 0, 02480 metros.

O n (Coeficiente de rugosidade) que será utilizado na fórmula de Manning-Strickler pode ser observado na tabela 15, visto que os telhados das duas residências são de cerâmica, utilizar-se-á n=0, 013.

Tabela 15 - Coeficiente de rugosidade

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: NBR 10844/1989.

Substituindo os valores, temos:

Vazão do sistema 1:

Q_P = 98,97 l/min < Q = 108,99 l/min, o que significa que a calha está dimensionada adequadamente, não haverá transbordo.

Vazão do sistema 2:

Q_P = 63,65l/min < Q = 108,99 l/min, o que significa que a calha está dimensionada adequadamente, não haverá transbordo.

Visualiza-se na figura 24, o perfil da calha, onde a altura da lâmina d'água (h) se configura como sendo 2/3 do diâmetro interno da calha.

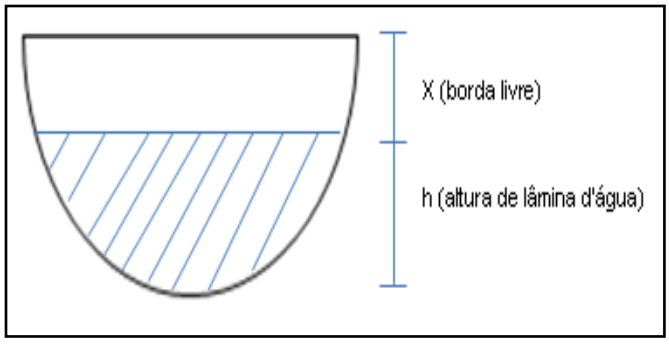


Figura 24- Perfil da calha
Fonte: Autora

- **Determinação do volume do reservatório de autolimpeza**

Os reservatórios de autolimpeza serão construídos de tubo de PVC. Os do sistema 1 possuem comprimento iguais a 1,4 m e os do sistema 2 iguais a 1,8 m. O volume do reservatório de autolimpeza é verificado a partir do produto entre a área do cilindro e o comprimento ou altura, como se observa na fórmula: V_c = Área x h, para tal verificação, precisa-se calcular a área que pode ser verificada através da fórmula: $A_c = \pi \cdot .r^2$, onde

r=0,05m. A tabela 16 ilustra o volume que corresponde a 1 mm de água (adotado como descarte) e o volume que foram efetivamente descartado a partir dos reservatórios de autolimpeza.

Tabela 16- Volumes de 1 mm de água de chuva e o volume que será desprezado

Local	Área de contribuição (m²)	Volume a ser desprezado nos descartes instalados
Ilha Grande	43,99	1 reservatório de descarte tem volume de aproximadamente 11 litros Foram utilizados 4 reservatórios de descartes. Volume total: 44 litros, aproximadamente 1 mm de água ou 1litro de água por cada m² de área do telhado
Ilha Murutucu	28,29	1 reservatório de descarte: V = 14,13 l Foram utilizados 4 reservatórios de descartes. Volume total: 28,27 litros, aproximadamente1 mm de água ou 1 litro por cada m² de área de telhado

Fonte: Autora

A figura 25 ilustra o croqui do reservatório de auto-limpeza, apresentando suas dimensões.

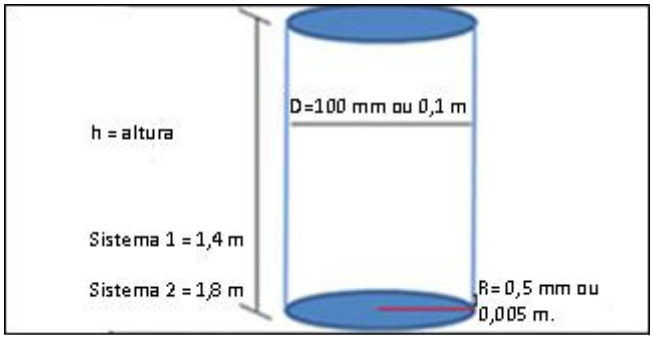


Figura 25- Esquema do reservatório de auto-limpeza
Fonte: Autora

- **Dimensionamento do Filtro de Areia**

A partir da determinação da demanda de água necessária para atender as necessidades dos usuários dos sistemas buscou-se definir a área do filtro que é determinada a partir da demanda de água da residência já conhecida (115 litros na ilha Grande e 70 litros na ilha Murutucu).

O cálculo da área do filtro foi realizado através da fórmula 8:

$$Tx = \frac{Q}{A}\cdot, \text{ então } A = \frac{Q}{Tx}\cdot \quad (8)$$

Onde,

A: área do filtro a ser conhecida;

Q: vazão de água a ser filtrada (115 l/dia no sistema1 e 70 l/dia no sistema 2);

Tx: taxa de filtração do filtro dada em m^3/m^2*dia (adotou-se o valor de 4 m^3/ m^2. dia). Obtiveram-se os seguintes resultados:

$A_{sistema\ 01}$= 0, 028 m^2

$A_{sistema\ 02}$ = 0, 017 m^2

Para Calcular o diâmetro do tubo do filtro, utilizou-se a fórmula 9:

$A = \frac{\pi * D^2}{4}$·, ou seja, D = $\sqrt{\frac{4.A}{\pi}}$ (9)

Os resultados encontrados foram:

Sistema 1 -D = 0, 188 m ou 188 mm;

Sistema 2 -D = 0, 148 m ou 148 mm.

O diâmetro do filtro a ser utilizado no sistema 1 é de 188 mm. Como não existe esse diâmetro comercial, poderia ser adotado o diâmetro comercial imediatamente superior, o de 200 mm, mas por questões de inviabilidade econômica instalou-se 2 filtros de areia, constituído a partir de um tubo PVC de diâmetro de 100 mm cada na ilha Grande.

Na ilha Murutucu, o diâmetro nominal resultante foi de 148 mm. Não existe esse diâmetro comercial, poderia substituir pelo D=150 mm, mas igualmente os filtros anteriores, foram substituídos por tubo de 100 mm de diâmetro.

- **Determinação do volume dos filtros**

Filtro de 100 mm - Área de 0,028 m^2 para o sistema 1 e 0, 017 m^2 para o sistema 2

- Cálculo do volume do cilindro, fórmula 10:

V_c = Área x h (10)

A área já foi determinada e h = 1,2 m (comprimento do tubo).

V= 0,003 m^3 ou 3 L.

- **Camada suporte (seixo)**- ver tabela 17.

Altura total = 40 cm

Tabela 17- Especificação da camada suporte do filtro proposto

Espessura (cm)	Diâmetro entre	Diâmetro efetivo (mm)
20	¾" a 2"	20
15	3/8" a ¾"	8
5	Pedrisco	2 a 3

Fonte: Autora

- **Camada filtrante (areia)** = altura total = 70 cm

Tamanho efetivo: 0,25 a 0,35mm
Coeficiente de uniformidade: 2 e 3
Quantidade = 0,06 m^3
Taxa de filtração: 4m^3/m^2.d
O filtro terá uma borda livre de 0,1 m.

A ideia inicial era construir filtros lentos de areia, todavia, diversos fatores influenciaram para impossibilidade da construção de tal filtro.

Constatou-se durante o dimensionamento que, ao utilizar tubos de diâmetros iguais a 100 mm, a taxa de filtração aumenta e ficou acima de 7 m^3/m^2. dia no sistema 1 e acima 8 m^3/m^2.dia no sistema 2 (fora da faixa ideal 4 m^3/m^2.dia –6 m^3/m^2.dia).

De acordo com Richter; Azevedo Neto (1991) a altura de água sobre o leito filtrante nos filtros lentos de areia deve ser entre 1,40 e 1,80 metros. O arranjo do sistema não permite essa altura, só foi possível deixar uma borda livre 10 cm no tubo mais 40 cm nas conexões acima do tubo. O filtro está localizado entre o reservatório superior (água bruta) e o reservatório inferior (pós-filtro), essa distância é pequena devido à altura da casa.

Outro fator muito importante é que um filtro lento de areia se caracteriza pela presença de três camadas distintas (cerca de 40 cm) na superfície da areia: superfície de coesão schmutzdeche, zona autótrofa, zona heterótrofa, onde há retenção de partículas suspensas, partículas coloidais algas, organismos em geral, ferro, manganês, alumínio, sílica, etc. Ocorre a oxidação química e os microorganismos são adsorvidos nas superfícies dos grãos no meio filtrante, onde se desenvolvem seletivamente com o consumo da matéria orgânica armazenada como fonte de alimento. Logo abaixo da superfície de coesão está a zona autótrofa, onde com o desenvolvimento da vida vegetal, acontece à síntese de matéria orgânica a partir de algumas substâncias, como água e dióxido de carbono, com fornecimento de oxigênio para o meio (DI BERNARDO, 1993).

A camada superior dos filtros lentos deve ter contato com a energia solar para promoção da fotossíntese. Não foi possível perfurar o tubo do filtro para entrada de energia solar, pois estes foram conectados diretamente ao reservatório superior e não há altura suficiente, o que ocasionaria constante perda de água. Deste modo, este trabalho propõe um filtro simples de areia.

A figura 26 ilustra o filtro de areia: Tubo em PVC branco, D= 100 m, comprimento de 1,2 m, 0,4 m de camada suporte, 0,7 m de meio filtrante e 0,1 m de borda livre.

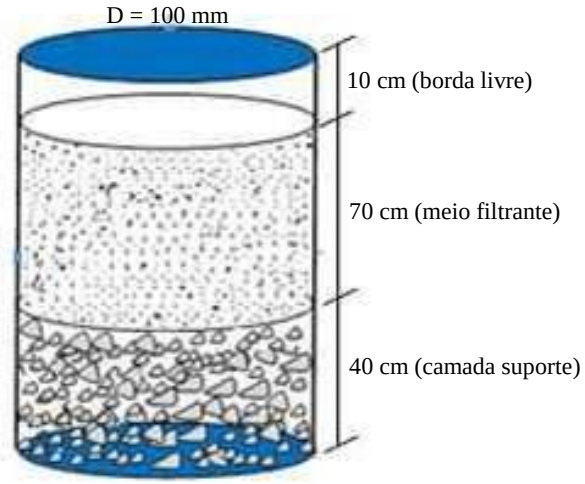


Figura 26 - Croqui do filtro de areia
Fonte: Autora

O material do filtro (camada suporte e meio filtrante) recebeu todo o procedimento de tratamento e peneiragem no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará.

A areia foi retirada do depósito e como se encontrava úmida foi despejada em uma lona plástica e ficou por 24 h a temperatura de 18 ºC, um processo chamado de secagem ao ar seco, depois foi levada a uma estufa da marca Nevoni com o objetivo de remover o resquício de umidade e esterelizar da areia. Cada bandeja permaneceu na estufa por 3 h a uma temperatura de 100 ºC.

Já seca, a areia foi peneirada em uma peneira elétrica de diâmetro igual a 35 mm. Depois foram pesados em uma balança eletrônica. As figuras 27 e 28 ilustrm o procedimento de secagem, esterilização peneiragem e pesagem da areia.

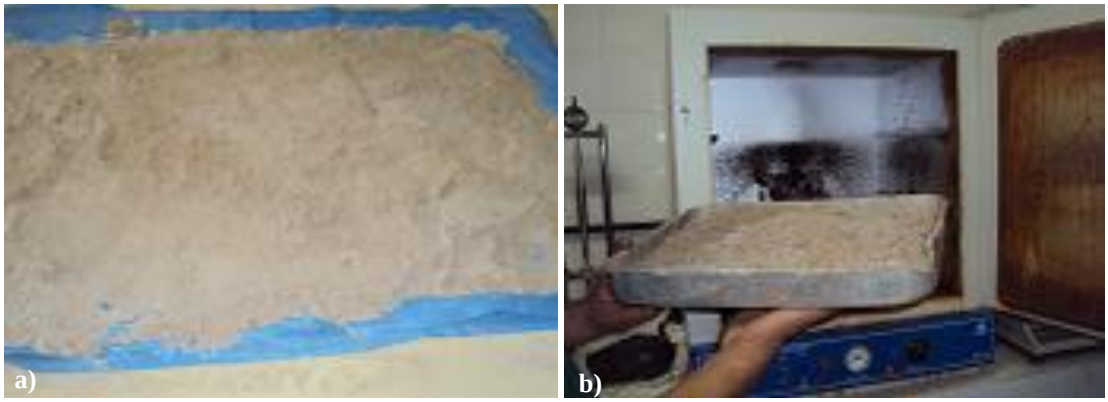


Figura 27 - Tratamento do material do meio filtrante: a) Retirada de umidade da areia ao ar seco; b) Estufa de secagem e esterilização
Fonte: Autora

Figura 28 - Tratamento do material do meio filtrante: a) Peneiragem da areia; b) Balança de precisão utilizada para pesar areia

Fonte: Autora

Todo o procedimento realizado com a camada suporte (seixo) é descrito a seguir:

O seixo utilizado foi primeiramente lavado em água corrente, ficou de molho na água com hipoclorito cerca de 30 minutos e em seguida foi lavado novamente para remover o excedente do desinfetante.

Logo após, o seixo foi peneirado em uma peneira elétrica e depois pesado em uma balança eletrônica. As medidas que seriam utilizadas em cada filtro foram separadas em sacos plasticos.

- **Dimensionamento do Reservatório**

Dimensionou-se o volume dos reservatórios para demanda média mensal de 3,45 m³/mês na ilha Grande e 2,10 m³/mês na ilha Murutucu. A área de captação da ilha Grande é de 43,99 m² e da ilha Murutucu consideravelmente menor: 28,29 m². O coeficiente de runoff

(C) utilizado foi 0,9. Utilizaram-se informações de chuvas médias mensais estão apresentadas na tabela 2.

A série histórica de chuva foi extraída do manual das normais climatológicas do Departamento Nacional de Meteorologia, do período de 1961 a 1990, o que fornece dados de precipitação de 30 anos da estação Belém, número 82191, localizada na Estrada da Ceasa (INMET). O quadro 7 ilustra o resultado do dimensionamento realizado através do método Rippl.

Meses	**Chuva média mensal (P)**	**Volume da demanda constante mensal (Vd)**	**Área de captação (Ac)**	**Coeficiente de runoff**	**Volume de chuva mensal (Vc)**	**Diferença mensal (Vd - Vc)**	**Diferença acumulada da diferença mensal**
	mm	m³	m²		m³	m³	
Janeiro	366,5	3, 450	43, 990	0,9	14, 510	-11, 060	
Fevereiro	417,5	3, 450	43, 990	0,9	16, 529	-13, 079	
Março	436,2	3, 450	43, 990	0,9	17, 270	-13, 820	
Abril	360	3, 450	43, 990	0,9	14, 253	-10, 803	
Maio	304,4	3, 450	43, 990	0,9	12, 052	-8, 602	
Junho	140,2	3, 450	43, 990	0,9	5, 551	-2, 101	
Julho	152,1	3, 450	43, 990	0,9	6, 022	-2, 572	
Agosto	131,1	3, 450	43, 990	0,9	5, 190	-1, 740	
Setembro	140,8	3, 450	43, 990	0,9	5, 574	-2, 124	
Outubro	116,1	3, 450	43, 990	0,9	4, 597	-1, 147	
Novembro	111,8	3, 450	43, 990	0,9	4, 426	-0, 976	
Dezembro	216,4	3, 450	43, 990	0,9	8, 567	-5, 117	
TOTAL	**2893,1**	**41, 400**			**114, 358**		

Quadro 7 - Dimensionamento do volume do reservatório realizado através do método Rippl para o sistema 1

De acordo com o quadro 7 em todos os meses do ano há volume excendente de água com relação à demanda, visto que na coluna que calcula os valores de demanda menos os valores de chuva, resultaram em números negativos, ou seja, excedente de água (de acordo com o método). Isto significa que seria conveniente um reservatório com a capacidade de 3,45 m³, ou seja, 3.450 l para captar toda água necessária para demanda mensal, assim, não faltaria água.

O quadro 8 apresenta os dados utilizados para o diagrama de Rippl para demanda constante com dados pluviométricos do INMET Belém (PA) para ilha Murutucu.

MESES	Chuva média mensal (P)	Volume de Demanda constante mensal (Vd)	Área de captação (Ac)	Coeficiente de runoff	Volume de chuva mensal (Vc)	Diferença mensal (Vd - Vc)	Diferença acumulada da diferença mensal
	mm	m^3	m^2		m^3	m^3	
Janeiro	366,5	2, 100	28, 290	0,9	9, 331	-7, 231	
Fevereiro	417,5	2, 100	28, 290	0,9	10, 630	-8, 530	
Março	436,2	2, 100	28, 290	0,9	11, 106	-9, 006	
Abril	360	2, 100	28, 290	0,9	9, 166	-7, 066	
Maio	304,4	2, 100	28, 290	0,9	7, 750	-5, 650	
Junho	140,2	2, 100	28, 290	0,9	3, 570	-1, 470	
Julho	152,1	2, 100	28, 290	0,9	3, 873	-1, 773	
Agosto	131,1	2, 100	28, 290	0,9	3, 338	-1, 238	
Setembro	140,8	2, 100	28, 290	0,9	3, 585	-1, 485	
Outubro	116,1	2, 100	28, 290	0,9	2, 956	-0, 856	
Novembro	111,8	2, 100	28, 290	0,9	2, 847	-0, 747	
Dezembro	216,4	2, 100	28, 290	0,9	5, 510	-3, 410	
TOTAL	**2. 893,1**	**25, 200**			**73, 661**		

Quadro 8 - Dimensionamento do volume do reservatório realizado através do método Rippl para o sistema 2

De acordo com o quadro 8 em todos os meses do ano há volume excendente de água com relação à demanda, visto que na coluna que calcula os valores de demanda menos os valores de chuva, todos os valores são negativos, ou seja, excesso de água (de acordo com o método). Isto significa que seria conveniente um reservatório com a capacidade igual a capacidade de demanda 2,10 m^3, ou seja, 2.100 litros para captar toda água necessária para demanda mensal, assim, não faltaria água. Por razões econômicas, não é possível instalar os reservatórios com essas capacidades. Para o sistema1, foi utilizado um reservatório para água bruta de chuva de 500 litros e outro de 310 litros para água filtrada. No sistema 2, foi instalada uma caixa d'água de 310 litros para água bruta de chuva e outro de 310 litros para água filtrada. Foram usadas caixas d'água de polietileno, com superfícies lisas, objetivando facilidade na limpeza e disponibilidade no mercado.

Após o dimensionamento foram feitas as plantas no programa AutoCAD 2009. As figuras 29 e 30 apresentam as plantas em várias perspectivas dos dois sistemas.

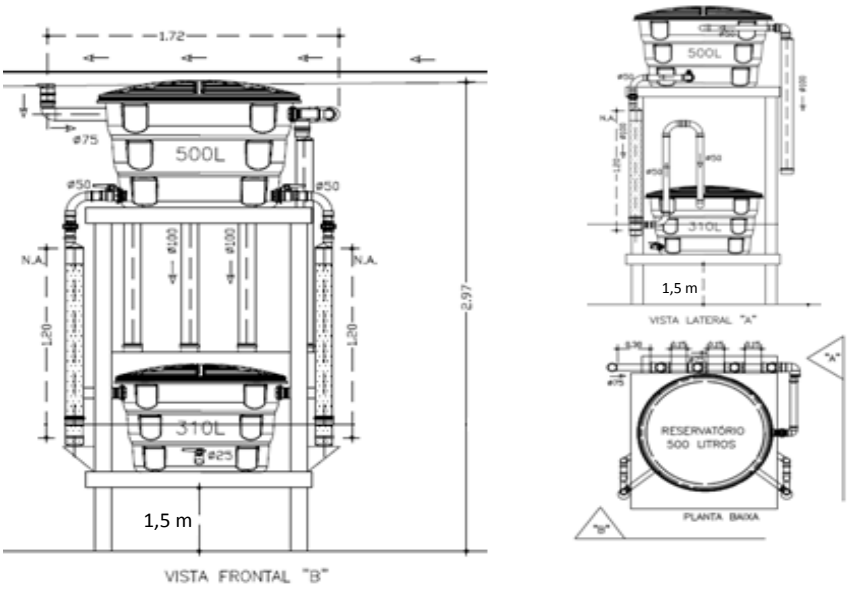


Figura 29 - baixa e vista lateral “A” e vista frontal “B” do sistema 1
Fonte: Autora

Observa-se a planta baixa da figura 29 a alocação dos 4 descarte e dos dois filtros de areia. Na figura 30 verifica-se apenas dois tubos de descarte e 1 filtro de areia.

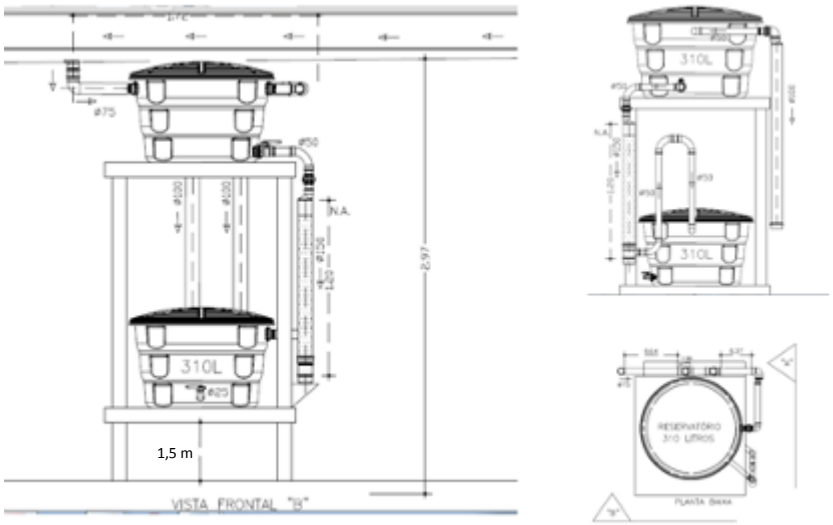


Figura 30 - baixa e vista lateral “A” e vista frontal “B” do sistema 2
Fonte: Autora

5.2.2.2 Campo II

5.2.2.2.1 Instalação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva

Para efetivar a construção dos SAAC, foi necessária uma logística de transporte de todo o material comprado e armazenado em Belém. Em agosto de 2011 transportou-se o material em um caminhão até a Praça Princesa Isabel, e depois para um barco que seguiu com destino a ilha Grande. Houve dificuldade nessa condução devido ao baixo nível da maré em relação o trapiche, as peças em madeira (Angelim) são bastante pesadas. A figura 31 ilustra o transporte da equipe e de todo o material (madeira, equipamentos, tubos, conexões, etc.) para ilha Grande, onde se centralizou a operação.

Figura 31 - Transporte do material para ilha Grande: a) transporte de caminhão, b) trapiche da Praça Princesa Isabel e c) acomodação do material no barco que transportou o material para ilha Grande
Fonte: Autora

Ao chegar à ilha Grande, todo o material foi removido do barco com a mesma dificuldade por conta do baixo nível da maré e imediatamente se iniciaram os trabalhos de escavação da fundação da estrutura de madeira (ver figura 32).

Figura 32 - Suporte em madeira do SAAC da Ilha Grande
Fonte: Autora

A próxima etapa foi a montagem dos reservatórios de auto-limpeza, visto que estes seriam instalados logo que as calhas fossem fixadas. Os tubos em PVC de 100 mm foram cortados, os caps furados com a serra copo acoplada a uma furadeira (diâmetro: 20 mm). Foram adaptadas torneiras simples de jardim nas extremidades dos tubos. O condutor horizontal é tubo PVC de 75 mm que liga o conjunto de 4 tubos de descarte de primeira água de chuva coletada no telhado.

Paralelamente foi feita a pré-montagem da calha de 125 mm. São peças de 3 metros e ao fim de cada peça se utiliza uma emenda e duas borrachas de vedação, nas partes externas, duas cabeceiras. Peças que podem ser observadas na figura 33.

Figura 33 - Detalhamento das peças que compõem a calha
Fonte: Autora

A estrutura do telhado foi furada e em seguida se fixaram os suportes zincados da calha, de metro em metro. A calha foi instalada em 10,4 metros de uma das abas do telhado da casa. Os 4 reservatórios de auto-limpeza ficaram apoiados em uma peça de madeira, os dois tubos externos foram presos por abraçadeiras de 100 mm. A figura 34 mostra a instalação dos reservatórios de auto-limpeza abaixo da calha.

Figura 34 - Adaptação dos reservatórios de auto-limpeza abaixo da calha
Fonte: Autora

Em seguida realizou-se a instalação da caixa d'água superior, foram feitos cinco furos: dois na parte superior, e três na parte inferior da caixa d'água, com os seguintes diâmetros:

a) Entrada de água (D= 50 mm);

b) Extravasor (D= 50 mm);

c) Saída de água para o filtro 1 (D= 50mm);

d) Saída de água para o filtro 2 (D= 50 mm);

e) Saída de água de limpeza (D= 20 mm)

Os orifícios foram feitos com serra copo adaptada em uma furadeira (figura 35) de diâmetros iguais a 50 mm e 20 mm. Foram conectados em cada orifício, adaptadores com flange com os respectivos diâmetros de cada furo.

No extravasor, adaptou-se um pedaço de tubo de 50 mm para direcionar o excesso de água para fora da caixa d'água. Na saída de água de limpeza, adaptou-se uma torneira de jardim.

Figura 35 - Preparação da caixa d'água para instalação
Fonte: Autora

Procedeu-se da mesma maneira para caixa d'água inferior. Foram feitos 4 furos, dois superiores de 50 mm para entrada de água dos dois filtros, um para saída de água para consumo e outro para saída de água de limpeza.

A primeira caixa d'água foi instalada na parte superior da estrutura em madeira conectando-a aos tubos de descarte da primeira água, a ideia é que a água passe pela calha e depois preencha um a um os reservatórios de auto-limpeza. Depois de encher os quatro tubos, a água passa por eles em direção ao reservatório superior de acumulação. A figura 36 ilustra detalhes da instalação do SAAC.

Figura 36 - Detalhe dos tubos de auto-limpeza e caixa d'água
Fonte: Autora

Para os filtros, foram cortados dois tubos de PVC de diâmetro iguais a 100 mm, e 1,2 metros de comprimento cada. Os filtros foram montados, primeiro a camada suporte (seixo) de três granulometria diferentes e areia na parte superior do filtro (figura 37).

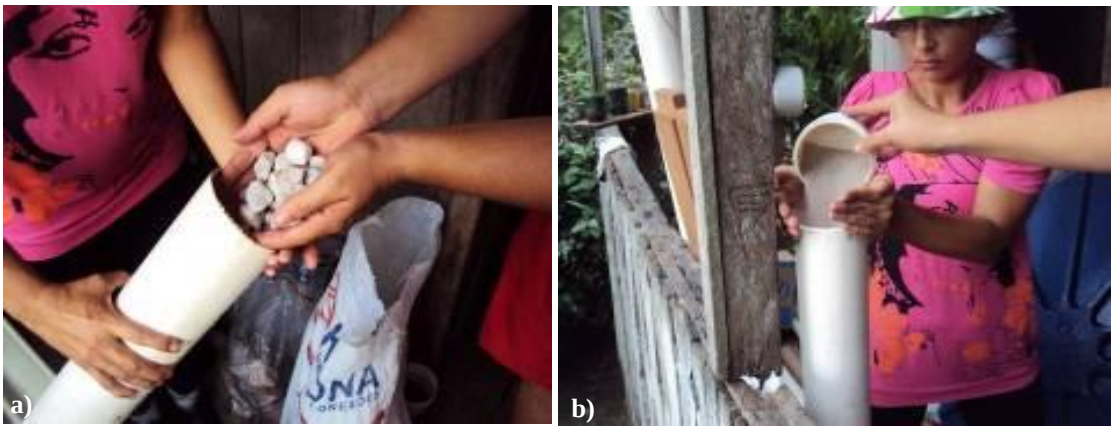


Figura 37 - Preparação da camada suporte e do leito de areia do filtro
Fonte: Autora

Os filtros foram posicionados, um em cada face externa dos esteios de sustentação da estrutura. Ficaram sobre uma peça em madeira que foi parafusada ao esteio, posteriormente, os filtros foram presos por caneletas em metal de 100 mm. A figura 38 mostra o posicionamento do filtro.

Figura 38 - Detalhe da instalação do filtro
Fonte: Autora

Com os filtros já instalados, uma espécie de sifão foi construído a partir dos filtros, com o objetivo de ganhar altura. Logo após foi montada a caixa d'água inferior que recebe água tratada dos filtros. Ao final do processo, alocou-se a torneira boia no reservatório inferior, a qual promove o fechamento automático da vazão de água que vem do filtro quando a caixa se enche. A figura 39 exibe o posicionamento dos dois filtros instalados no sistema da ilha Grande.

Figura 39 - Detalhe da instalação dos filtros e dos sifões
Fonte: Autora

Foi instalada uma grelha flexível no bocal da calha. Elas permitem a retenção de folhas e outros materiais na saída da calha evitando entupimentos, mesmo depois da instalação da grelha foi verificado que ainda estava passando material menos grosseiro, então a grelha foi reforçada com uma tela plástica preta em polietileno de malha de “1/2”, como pode ser visualizada nas imagens 40.

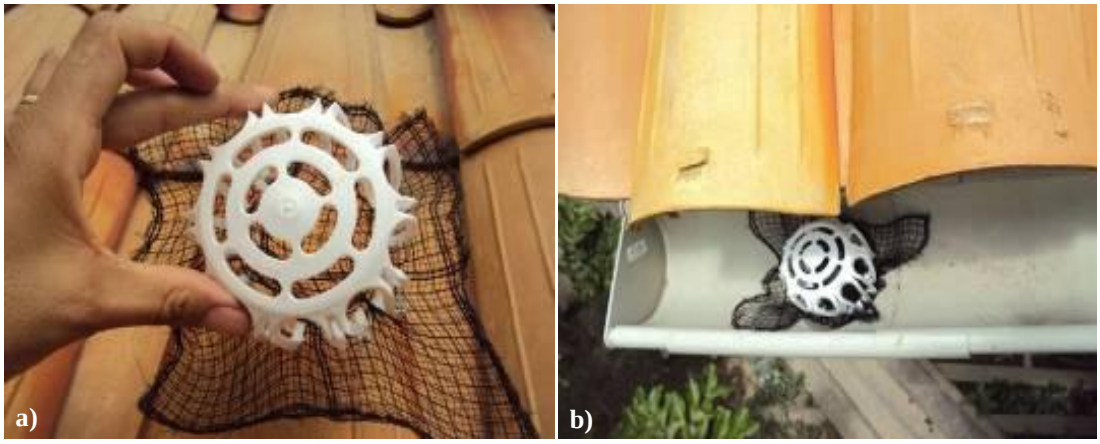


Figura 40 - Detalhe da tela plástica Preta instalada na entrada do bocal da calha
Fonte: Autora

Ao finalizar a instalação do sistema na ilha Grande, a equipe de trabalhos se deslocou para ilha de Murutucu para iniciar a instalação do SAAC da ilha Murutucu.

Primeiramente foi realizada a escavação da fundação da estrutura de madeira e todo o procedimento realizado na ilha Grande foi repetido na ilha de Murutucu.

No sistema 2 foram instalados dois tubos de autolimpeza de1,8 metros cada e diâmetro igual a 100 mm, tais descartes foram conectados à tubulação horizontal de 75 mm e estas na descida da calha. Após o último tubo de descarte, a água segue para caixa d’água de 310 litros, pois o sistema da ilha Murutucu possui demanda menor.

Em seguida os filtros foram construídos da mesma forma que os filtros do sistema 1, com a diferença que o sistema 2 possui apenas um filtro. Nota-se na figura 41 o detalhamento do SAAC da ilha de Murutucu.

Figura 41 - Detalhamento do sistema 2 (ilha Murutucu)
Fonte: Autora

Os materiais e equipamentos utilizados durante a instalação dos sistemas estão descritos na tabela18.

Tabela 18 - Equipamentos e produtos utilizados no processo de construção dos SAAC

Material/equipamento	Descrição
Peças em madeira	Serão descritas a parte
Tubos e conexões	Serão descritas a parte
Draga	Perfurar o solo (sapatas)
Serrote	Serrar madeira
Arco e serra	Serrar tubos e parafusos
Martelo	Fixar os pregos
Nível de mão	Nivelamento das peças em madeira
Furadeira/ Broca	Fazer os furos para receber os parafusos
Parafusos	Afixar as peças em madeira
Serra copo (20 mm, 25 mm, 50 mm, 100 mm)	Diversos diâmetros para perfurar de forma cilíndrica os tubos
Extensão de 10 m	Dar acesso de energia elétrica aos equipamentos fora da residência

Fonte: Autora

5.2.2.3 Campo III

5.2.2.3.1 Manutenção do Sistema

A manutenção do sistema é uma condição essencial para que ele funcione de forma eficiente. No periodo de setembro de 2011 a junho de 2012 todo o suporte necessário foi

fornecido aos usuários do sistema. Realizaram-se 4 oficinas quando foram repassadas informações importantes como o procedimento de limpeza das calhas, grelhas, filtros e dos reservatórios. Elegeram-se as pessoas responsáveis em realizar a limpeza. As famílias usuárias dos sistemas receberam orientações para realizar amanutenção adequada do SAAC, toda metodologia foi realizada na prática com a participação dos usuários, como segue:

- **Limpeza do Telhado**

A limpeza do telhado é uma ação importantíssima para manter a qualidade da água. Os telhados dos SAAC são de cerâmica e a forma como as telhas são dispostas, facilita o acúmulo de diversas fontes de poluição: poeira, folhas, galhos etc.

O telhado do sistema 01 está muito bem preservado e isso é muito importante, haja vista que se trata da área que coleta água de chuva e quanto mais limpa, mais chances se obter água com qualidade adequada. Já o telhado do sistema 02 que possui mais ou menos o mesmo tempo do telhado do sistema 01 encontra-se deteriorado, com bastante lodo em toda a sua extensão, talvez pela sua localização, que dá condições de exposição ao sol o dia todo, ou talvez, o telhado seja de qualidade inferior.

Infelizmente, a limpeza do telhado não é uma tarefa fácil, existem empresas especializadas na prestação de serviços de limpeza de telhados, tratamento e conservação de superfícies, mas gera custo e a comunidade ribeirinha pouco tem acesso a esses serviços. Outra saída seria realizar a lavagem com uma lavadora de pressão – mangueira a jato. Como é um equipamento caro e necessita de energia elétrica para funcionar, também é uma opção pouco viável. Em razão dessas dificuldades, a orientação é que seja feita a limpeza manualmente, realizando a remoção de folhas, galhos e outros materiais existentes no telhado e calha.

- **Limpeza da Calha**

Antes de iniciar o procedimento de limpeza, deve-se armazenar a água do reservatório inferior (filtrada) para que o usuário não fique sem água. Sugere-se a adoção de uma caixa d’água em polietileno de 250 litros limpa e desinfetada para receber água

A limpeza da calha é um procedimento essencial para o bom funcionamento do sistema. Na região rural têm-se o problema com folhas, frutos, galhos que se depositam sobre o telhado. Essa matéria orgânica com o passar do tempo sofre processo de decomposição e

pode ocasionar contaminação da água do sistema. Portanto, sugere-se a limpeza da calha bimestralmente.

Toda metodologia elaborada para limpeza do sistema foi repassada aos usuários em forma de oficina:

- Programar com antecedência o dia da lavagem da sua caixa d'água. Escolher de preferência um fim-de-semana em que você não tenha compromissos agendados. Essa atividade pode levar de 2 a 4 horas. A limpeza deve começar com a calha:

-Abrir todas as torneiras dos reservatórios de autolimpeza para que a água de lavagem da calha seja descartada;

- Utilizar uma escada que dê acesso à calha;

- Remover a grelha e a rede de retenção de material mais grosseiro, lavar e reservar em local limpo até que a calha seja limpa;

- Iniciar a limpeza da calha esfregando-a com uma esponja macia e bastante água, atéque esta apresente aparência limpa;

- Desinfetar a calha e os tubos de autolimpeza. Fechar os tubos de autolimpeza, utilizar um litro de água sanitária em 10 litros de água (usar água do reservatório) e despeje essa mistura na calha de forma a promover velocidade da água na calha para que ela alcance todos os tubos de autolimpeza. Deixar o desinfetante agir por 30 minutos, abrir as torneiras, despejar o desinfetante dos tubos. Para remover o excesso de desinfetante, utilizar água filtrada do reservatório inferior;

Para limpeza das caixas d'água, posicionar uma escada que dê acesso à caixa. Importante observar as condições da escada para evitar acidentes:

- Fechar o registro da saída da caixa d'água superior para evitar que a água suja da lavagem entre em contato com o filtro;

- Armazenar água da própria caixa para usar enquanto estiver fazendo a limpeza. Deixar cerca de dois palmos de água na caixa d'água.

- Utilizar uma escova. Não empregar escova de aço, vassoura, sabão, detergente ou outros produtos químicos.

- Retirar a água da lavagem e a sujeira com balde e panos. Secar o fundo com panos limpos evitando passá-los nas paredes.

- Para desinfecção da caixa d'água, diluir 500 ml de água sanitária em 5 (cinco) litros de água (figura 42) e para desinfetar a caixa d'água de 310 l, diluir 300 ml de água sanitária em 5 (cinco) litros de água.

Figura 42 - Limpeza de caixa d'água
Fonte: Autora

- Usar a solução desinfetante para molhar as paredes com a ajuda de um balde ou caneca de plástico. Deixe agir por meia hora, durante esse tempo aplique a solução na parede da caixa d'água todas as vezes que se perceber as paredes secando;

- Abrir a saída de limpeza da caixa e esvaziá-la;

- Tirar o excesso de desinfetante com água do reservatório inferior (água filtrada);

- Enxugar a caixa d'água com pano limpo;

- A tampa também deve ser lavada e desinfetada. Manter a caixa d'água sempre tampada, evitando a entrada de sujeira, poeira, insetos etc. (ver figura 43).

Figura 43 - Lavagem da tampa da caixa d'água
Fonte: Autora

- Anotar a data que foi feita a limpeza para definir o dia da próxima limpeza. De preferência fazer um calendário;

- O conjunto de calhas e caixas d'água deve receber manutenção de limpeza de uma a duas vezes ao mês. As folhas devem ser removidas da grelha, pois o telhado é alvo de material orgânico que cai das árvores sobre os telhados ou são trazidas pelo vento, semente, folhas, pequenos pedaços de galhos, etc.

5.2.2.3.2 Educação Ambiental

Durante o processo de acompanhamento das famílias usuárias do sistema, observou-se a necessidade de realizar ações de educação sanitária e ambiental no intuito de repassar informações sobre higiene e saúde.

Foi realizado um encontro com os moradores da ilha Grande e ilha do Murutucu no dia 25 de setembro de 2011, teve início às 08h30min h, na Escola de São José na ilha Grande com a participação de duas agentes de saúde que trabalham na comunidade, moradores das duas ilhas, dentre elas, várias crianças, como ilustra a Figura 44.

Figura 44 - Evento de educação ambiental realizado com os moradores da ilha Grande e ilha do Murutucu
Fonte: Autora

A mobilização da comunidade foi feita pela agente de saúde da ilha Grande (uma das usuárias do sistema 1). A Professora Maria Ludetana do Centro de Educação da UFPA, Especialista em Educação Ambiental, foi convidada a ministrar uma palestra educativa, que foi bastante participativa pelos integrantes da comunidade. Os temas trabalhados pela professora foram os seguintes:

- Cidadania pelas águas: nossa atitude faz a diferença;
- Educação ambiental e cidadania;
- Consciência ambiental e os sinais de pedido de socorro da natureza;

- A importância da água nos dias atuais;
- Desafios para o ser humano;
- Lixo, o que fazer;
- Importância da reciclagem;
- Reciclagem e Reaproveitamento: Soluções para o destino do lixo
- Pequenas hortas

Em continuidade das atividades, foram abordados diversos temas sobre a temática de educação ambiental, orientações sobre higiene e saúde, uso e manutenção do sistema de aproveitamento de água da chuva, tais como:

- Diversos usos domésticos da água;
- Poluição do rio;
- Doenças de veiculação hídrica;
- Fatores e atitudes que podem livrar o ser humano de se tornar vítima de doença de veiculação hídrica;
- Hábitos higiênicos e alimentares;
- Aproveitamento de água da chuva;
- Experiências de aproveitamento de água da chuva nas ilhas Grande, Nova, Combu, Murutucu;
- Sistema SODIS (desinfecção de água por radiação solar);
- Sistemas instalados na ilha Grande e Murutucu: aspectos construtivos, uso e manutenção;

Ao final da palestra, foi realizada uma dinâmica para encerramento, a comunidade foi convidada a fazer avaliação da atividade através da arte de desenhos ou textos.

As famílias usuárias dos sistemas foram acompanhadas no período de 10 meses e as ações de educação sanitária e ambiental eram desenvolvidas a cada visita às ilhas, principalmente com relação aos hábitos de higiene como: preparo de alimentos, tratamento de água para fins potáveis, reservação de água potável, deposição adequada dos resíduos sólidos.

5.2.2.3.3 Avaliação da qualidade da água

A caracterização da água da chuva ao longo do sistema de coleta, tratamento e armazenamento foi realizada em três etapas distintas. Realizaram-se 16 campanhas de coletas para análises da qualidade da água ao longo de seis meses (janeiro – junho) com o objetivo de identificar algumas das características físicas, químicas e bacteriológica da água da chuva nos diversos pontos por onde percorre no sistema. Os usuários dos sistemas foram orientados a

não fazerem uso da água para fins mais nobres durante o período de monitoramento da qualidade da água e informados sobre a importância de realizar o monitoramento.

- **Etapa 1 – PLANEJAMENTO**

Nesta etapa foram feitas várias ações com objetivo de determinar um conjunto de procedimento necessário a efetivação eficiente das próximas etapas:

Selecionaram-se os pontos a serem amostrados no monitoramento dos sistemas, de acordo com o descritivo na tabela 19.

Tabela 19 - Pontos selecionados para monitoramento da qualidade da água ao longo dos sistemas

Ponto	Local da coleta	Descrição do ponto de coleta	Origem da Água
PTC 01	Ilha Grande	Calha (após passagem pelo telhado)	Água da Chuva
PTC 02	Ilha Grande	Reservatório de auto-limpeza	Água da Chuva
PTC 03	Ilha Grande	Reservatório Superior (acumulação de água).	Água da Chuva
PTC 04	Ilha Grande	Reservatório inferior (depois do filtro de areia)	Água da Chuva
PTC 05	Rio que divide as ilhas Grandes e Murutucu	**Rio Bijogó	Manancial Superficial
PTC 06	Ilha Murutucu	Água direto da atmosfera (sem contato com nenhuma superfície)	Água da Chuva
PTC 07	Ilha Murutucu	Calha (após passagem pelo telhado)	Água da Chuva
PTC 08	Ilha Murutucu	Reservatório de auto-limpeza 02	Água da Chuva
PTC 09	Ilha Murutucu	Reservatório Superior (acumulação de água).	Água da Chuva
PTC 10	Ilha Murutucu	Reservatório inferior (depois do filtro de areia)	Água da Chuva
PTC 11		**Água da cacimba	Água subterrânea
***Ponto de Coleta**		****Apenas uma campanha**	

Fonte: Autora.

O custo para realizar a análise em todos os pontos se tornaria inviável economicamente, portanto foram selecionados alguns pontos de amostragem considerados representativos.

Foi feito um cronograma com as prováveis datas das coletas que foi sendo alterado com o passar dos dias, pois a coleta deveria ser realizada no momento da chuva de forma a permitir a coleta da água que cai direto da atmosfera. As chuvas no período em que foram realizadas as campanhas estavam acontecendo isoladamente, ou seja, chovia na área urbana de Belém e nem sempre acontecia o mesmo na área de estudos. Essa condição climática interferiu no cronograma de cumprimento da meta de realização das campanhas de coleta, planejada para três meses.

Outro ponto elaborado na fase de planejamento foi a definição dos tipos de análises a serem realizadas, os parâmetros a serem pesquisados, os laboratórios que seriam responsáveis

pela leitura das amostras de água, possibilitando o conhecimento dos materiais e equipamentos que seriam necessários levar ao campo e a definição da forma de conservação de amostras até a chegada ao laboratório.

- **Etapa 2 – INFRAESTRUTURA**

Nesta fase, já com o número de amostras de água definidas e os parâmetros que seriam pesquisados, foi possível escolher e adquirir os tipos e a quantidade de frascos adequados às coletas.

Contratou-se de um barqueiro disponível para realizar as viagens durante o período das coletas.

Foram adquiridos vários materiais necessários para subsidiar as campanhas de coleta de amostras de água como: caixa térmica, álcool 70º, borrifador, algodão, luvas e máscaras descartáveis, jaleco, etiquetas para identificação de amostras, fita adesiva, tesoura, gelo reciclável, caneta esferográfica, planilhas de coleta, sacos para coletar os resíduos gerados.

- **ETAPA 3 – OPERACIONAL**

Nesta etapa, foram realizadas todas as coletas realizadas e envolveram diversos procedimentos.

- identificação dos frascos de coleta;
- preenchimento das planilhas de coleta;
- coleta das amostras para análise microbiológica;
- coleta das amostras para análise físico-química;
- finalização do preenchimento da planilha com os dados medidos em campo;
- acondicionamento dos frascos com amostras de água em caixa térmica, de forma a evitar tombamentos;

As coletas das amostras de água foram armazenadas em coletores adequados. Na análise bacteriológica foram empregados os frascos de 100 ml fornecidos no kit do Substrato Colilert e para as amostras das análises físico-químicas os de polietileno transparente hermeticamente fechado.

Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em caixa de isopor com gelo seco, de acordo com a figura 45. A preservação das amostras e a metodologia analítica das análises

físico-químicas e bacteriológicas da água coletada foram feitas de acordo com Standard Methods for the Examination of Waterand Wastewater (1998).

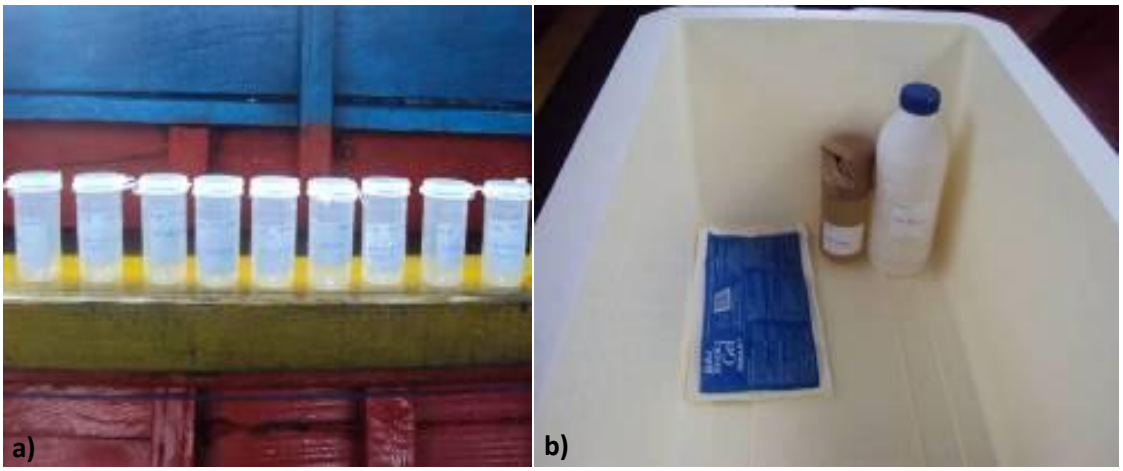


Figura 45- Acondicionamento e transporte de amostras: a) Frascos de 100 ml utilizados para coletar amostras para análise bacteriológica; b) acondicionamento da amostra de água do rio e da chuva na caixa térmica
Fonte: Autora

5.3 PONTOS DE COLETA

As coletas de amostras de água de chuva foram realizadas nos sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva implantados na ilha Grande (sistema 1) e na ilha Murutucu (sistema 2). A figura 46 apresenta a localização dos SAACs.

A Figura 46 apresenta a localização dos pontos de coleta nos SAAC na ilha Grande e Murutucu, região insular de Belém.

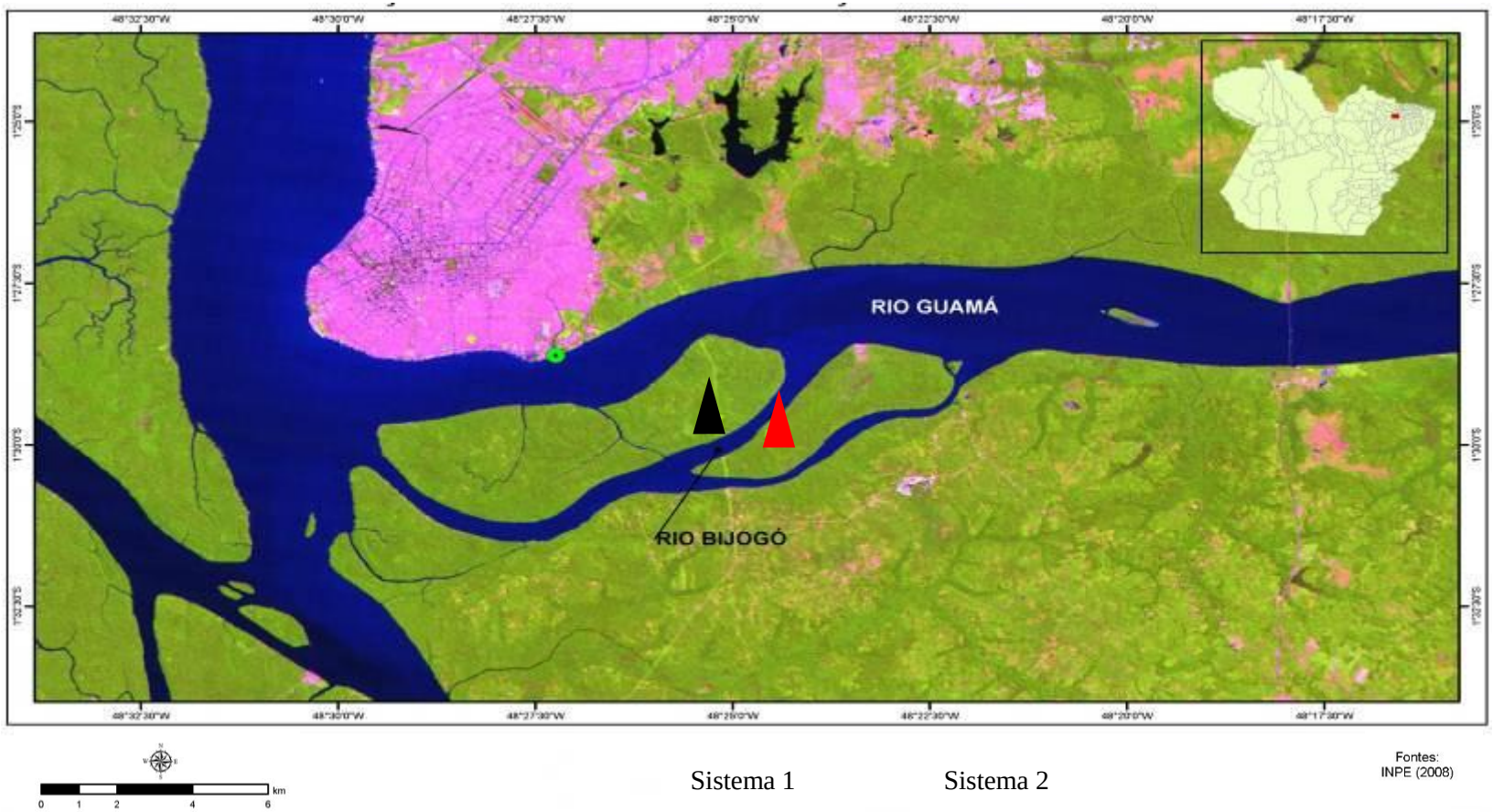


Figura 46 - Mapa de localização dos Sistemas de aproveitamento de Água de chuva
Fonte: Autora

Os pontos selecionados para serem amostrados foram os seguintes:

- ✓ **Calha**

A água pluvial alcança a calha após passar pelo telhado, como na descida da calha há um reservatório de descarte, optou-se por coletar a água do primeiro reservatório de descarte, através de uma torneira que foi instalada na extremidade do tubo.

- ✓ **Reservatório de auto-limpeza ou descarte**

O sistema da ilha Grande possui quatro reservatórios de descarte, optou-se por avaliar a qualidade da água do terceiro tubo, visto que o primeiro foi considerado como se fosse calha. Na ilha Murutucu são apenas dois reservatórios de descarte, a água de ambos foi avaliada.

- ✓ **Reservatório Superior (acumulação de água)**

A água é acumulada em uma caixa d'água de 500 litros no caso da ilha Grande e 310 litros na ilha Murutucu. Considera-se como um ponto de coleta importante, pois poderá ser verificado se o descarte da primeira água de chuva ocasionou melhoria na qualidade da água.

A água foi coletada emergindo o frasco no reservatório no momento da chuva ou imediatamente posterior a ela.

- ✓ **Reservatório inferior**

A água da chuva cai no telhado, é coletada na calha, passa pelos reservatórios de descarte, acumula em uma caixa d'água superior, passa por filtro de areia e depois é armazenada em uma caixa d'água para posterior consumo. A importância desse ponto é identificar a eficiência do filtro de areia.

Para a coleta da amostra do reservatório inferior emergiu-se o frasco no reservatório no momento da chuva ou imediatamente posterior a ela.

- ✓ **Água da chuva – direto da atmosfera**

A água da chuva foi necessariamente coletada (figura 47) e analisada de forma a fornecer parâmetros que possibilitassem a comparação entre a água que cai direto da atmosfera sem passar por nenhuma superfície e a água que passa pelos diversos pontos do SAAC. Outro fator que influenciou na escolha deste ponto de coleta foi o fato de não ter sido encontrado na literatura informações da qualidade da água da chuva nessa região.

Figura 47 - Coleta de Água pluvial direto da atmosfera
Fonte: Autora

A área selecionada para realizar a coleta de água da atmosfera é livre de interferências como telhados ou vegetação, ou seja, a água foi coletada diretamente da atmosfera.

A coleta foi realizada em um recipiente de aço-inox (bacia) que no momento da chuva era depositada sobre uma banqueta disposta sobre uma mesinha em madeira. A bacia ficava a 1 metro do solo para evitar que gotículas de água tocassem o solo e respingassem na bacia, evitando contaminação da amostra. Tomou-se o cuidado de aderir bacia à banqueta com fita adesiva e colar a banqueta à mesa para evitar que o vento derrubasse a estrutura de coleta.

- ✓ **Rio Bijogó**

Foi realizada apenas uma campanha de coleta no rio Bijogó por questões de custos. A ideia foi conhecer as características físico-químicas e bacteriológicas do rio, visto que é fonte de abastecimento de muitos moradores das ilhas Grande e Murutucu. Os procedimentos de coleta seguiram orientação do Manual Técnico para coleta de amostras de água elaborado pelo Ministério Público de Santa Catarina (2009).

O barco ficou no meio do rio, mergulhou-se o frasco rapidamente com a boca em sentido contrário à correnteza e para baixo, cerca de 15 a 30 centímetros abaixo da superfície da água, para evitar a introdução de contaminantes superficiais. O frasco foi removido da água, desprezou-se uma pequena porção da amostra com o intuito de deixar espaço vazio suficiente para permitir a homogeneização da amostra para análise.

- ✓ **Água subterrânea (cacimba)**

Este ponto de coleta foi selecionado porque grande parte da população da ilha Grande, Murutucu e Combu consomem água subterrânea oriunda de uma cacimba que é comercializada na região, foi realizada apenas uma campanha de coleta, com o intuito de conhecer suas características físico-químicas e bacteriológicas. A coleta aconteceu através de um frasco estéril de acordo com instruções fornecidas no Manual Técnico para coleta de amostras de água elaborado pelo Ministério Público de Santa Catarina (2009).

A cacimba está localizada cerca de 200 metros da margem do rio Bijogó e possui em torno de 5 metros de profundidade, encontra-se dentro da propriedade do Sr. Wilson e segundo ele, no período mais chuvoso (coincidente com as marés mais altas) a água transborda e se mistura à água superficial que sobe a calha do rio em direção à mata.

A água subterrânea está exporta a todo tipo de contaminante, inclusive os naturais favorecidos pela topografia do terreno. Quando há ocorrência de chuva, a água escoa lavando a superfície do solo e carreia esse material em direção à cacimba que se encontra desprotegida. A figura 48 mostra o local da coleta da amostra da água da cacimba e o entorno desta.

Figura 48 - Coleta da água da cacimba comercializada nas Ilhas
Fonte: Autora

A água é bombeada para o porto da residência onde os garrafões de 20 litros se encontram acomodados nos barcos, nesse local são envasados (ver figura 49) e posteriormente

vendidos a R$ 2,00 aos moradores das ilhas do entorno da região. A água se apresenta turva, talvez por argila dissolvida.

Figura 49 - Ponto de abastecimento de água da cacimba nas garrafas de 20 litros para posterior venda
Fonte: Autora

5.3.1 Parâmetros analisados

Os parâmetros escolhidos foram significativos em termos de controle de qualidade associados aos padrões de potabilidade da água segundo a legislação vigente.

Em termos de análises físico-químicas foram utilizados os seguintes Parâmetros: pH, Cor Aparente, Turbidez e os parâmetros bacteriológicos foram: coliformes totais, E. coli.

5.4 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

As análises das amostras fisico-químicas foram realizadas pelo Laboratório de Multi-usuário de Tratabilidade de Águas da Universidade Federal do Pará e as amostras bacteriológicas pelo Laboratório de Microbiologia no Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará.

As amostras foram coletas e encaminhadas ao laboratório em potes e frascos esterilizados. Na verificação das conformidades dos valores de cada um dos parâmetros escolhidos consideraram-se os limites comparativos para os parâmetros fisico-químicos e bacteriológicos presentes na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, legislação de amplitude nacional referente à potabilidade.

5.4.1 **Procedimentos de análise da qualidade da água**

5.4.1.1 Analises físico-químicas

Os procedimentos de análises das amostras dos parâmetros físico-químicos foram realizados de acordo com o Standard Methods for the Examination of Waterand Wastewater (APHA, AWWA and WPCF (1998), 20ª edição. Os procedimentos serão descritos a seguir:

- pH : determinação utilizando a seção 4550-H+ B, método potenciométrico;
- Temperatura: determinação utilizando a seção 2550 B, mediante a utilização de termômetros de imersão total ou parcial com escala de 0,1°C;
- Cor aparente e verdadeira: determinação utilizando a seção 2120-C, mediante a utilização do método espectrofotométrico;
- Turbidez: determinação utilizando a seção 2130-B, mediante a utilização do método Nephelometrico;

5.4.1.2 Análise Bacteriológica

Quanto à análise bacteriológica utilizou-se o método de substrato enzimático (Teste P/A – Presença / Ausência). De acordo com as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - APHA (1998) foram coletados volumes de 100 ml de água dos pontos previamente determinados, em frasco de coleta esterilizado com tiossulfato de sódio. As amostras foram transportadas imediatamente em caixas isotérmicas para análise. No laboratório, em 100 ml de amostra de água da chuva foi adicionado o conteúdo de um frasconete do reagente enzimático, seguindo homogeneização de acordo com as orientações do fabricante. Os frascos foram incubados em estufa a 35ºC +/- 0,5ºC por 24 horas. Após a incubação foi efetuada a leitura, onde a confirmação da presença de Coliformes totais na amostra ocorre quando os frascos se apresentam em tonalidade amarela, e a presença de *Escherichia coli* é observada no aspecto fluorescente dos frascos quando expostos à luz UV 365 nm.

Nas amostras de água do Rio Bijogó, da cacimba e nos dois reservatórios pós filtro dos sistemas 1 e 2 utilizou-se a metodologia dos tubos múltiplos com os seguintes procedimentos:

- **Execução do teste presuntivo para coliformes totais de acordo (APHA, AWWA and WPCF (1998)**

Tomou-se uma bateria contendo 15 tubos de ensaio distribuídos de 5 em 5, inoculou-se com pipeta esterilizada em cada um dos 5 primeiros tubos (preparados anteriormente com caldo lactosado de concentração dupla), 10 ml da amostra de água a ser examinada (diluição 1:1); para os outros 10 tubos (preparados anteriormente com caldo lactosado de concentração simples), inoculou-se nos 5 primeiros, 1ml da amostra (diluição 1:10) e nos 5 últimos tubos,inoculou-se 0,1 ml da amostra, em cada tubo (diluição1:100); efetivou-se a mistura; incubou-se a mesma a 35 ± 0,5º C durante 24 horas; ao final, depois da incubação observou-se a formação ou não de gás dentro do tubo de Durhan, nos casos positivos (o teste Presuntivo foi considerado Positivo). Neste caso deve-se fazer o teste confirmativo. Para o s tubos que não houve formação de gás durante o período de incubação, o exame termina nessa fase e o resultado do teste é considerado negativo.

- **Execução do teste confirmativo para coliformes totais de acordo (APHA, AWWA and WPCF (1998)**

Tomou-se o número de tubos do teste presuntivo que deram positivos (formação de gás) nas 3 diluições 1:1; 1:10 e 1:100; contraiu-se igual número de tubos contendo o meio de cultura verde brilhante Bile a 2%; com a alça de platina previamente flambada e fria, retirou-se de cada tubo positivo uma porção de amostra e inoculou-se no tubo correspondente contendo o meio verde brilhante. Esse procedimento chama-se repicagem; os tubos foram identificados; incubou-se durante 24 horas a 35 ± 0,5ºC;), observaram-se os tubos ao final desse período, o teste era considerado positivo quando se observava formação de gás dentro do tubo de Durhan. Caso não houvesse formação de gás o teste era considerado negativo. Os resultados são expressos em N.M.P (Número Mais Provável) /100 ml de amostra. Para se determinar o N.M.P verificava-se a combinação formada pelo número de tubos positivos que apresentaram as diluições 1:1; 1:10 e 1:100 no teste confirmativo.

- **Execução do teste presuntivo para termotolerantes através do Método dos tubos múltiplosde acordo (APHA, AWWA and WPCF (1998)**

Separou-se todos os tubos do teste presuntivo que deram positivos (Formação de gás) e todos os tubos negativos em que houve crescimento após 48 horas, nas 3 diluições (1:1; 1:10 e 1:100); transferiu-se com alça de platina flambada e fria, uma porção da amostra positiva para os tubos de ensaio contento o meio EC; misturou-se e os tubos foram colocados em banho de água durante 30 minutos; incubou-se em banho-maria a 44,5 ± 0,2º C durante 24 ±2 horas. Observa-se ao final de 24 horas ou próximo disso a formação de gás indicando a presença de coliformes de origem fecal ou não. Realizava-se o cálculo do N.M.P consultando a tabela 1 do APHA (1985). Vale ressaltar que este ensaio deve ser realizado simultaneamente com o teste confirmativo para Coliformes Totais e realizar sempre este exame toda vez que forem realizados testes confirmativo para coliformes totais.

- **Contagem padrão de bactérias heterotróficas**

Para realizar a contagem das bactérias foram necessários diversos materiais e equipamentos, tais como: placa de Petri; pipeta graduada; bico de Bunsen ou lamparina a álcool; manual prático de análise de água; plate *Count Agar*; estufa bacteriológica; contador de colônia.

- **Execução do ensaio**

Transferiu-se 1 ml de cada amostra com pipeta estéril para uma placa de Petri que encontrava-se previamente esterilizada; com a placa entreaberta, foi adicionado o meio de cultura que estava previamente fundido e estabilizado em banho-maria entre 44 - 46ºC, contido no tubo de ensaio; o conteúdo da placa foi homogeneizado em movimentos circulares moderados em forma de (∞) em torno de10 vezes consecutivas; quando o meio de cultura se solidificava, a placa será incubada em posição invertida a 35 ± 0,5º C durante 48 ±3 horas; no final do período de incubação foi realizada a contagem das colônias com o auxílio de um contador de colônias.

- **Expressão dos resultados**

Os resultados foram expressos como nº de Colônias de bactérias/ml ou unidades formadoras de colônias (UFC) /ml. Antes de iniciar os exames a bancada do laboratório era desinfetada com uma solução de álcool etílico a 70% ou outro desinfetante que não deixe resíduo; todas as amostras examinadas eram homogeneizadas pelo menos 25 vezes, a boca dos tubos de ensaio contendo meios de cultura foi flambada antes do uso; organizaram-se as placas de Petri na posição invertida para evitar a condensação de água na superfície do Ágar; ao final realizou-se a contagem Padrão de Bactérias, sempre em duplicata.

- **Data das coletas**

A frequência de amostragem para a chuva coletada diretamente e a que passou pelos telhados de cerâmico aconteceu por evento dos períodos visualizados na tabela 20.

Tabela 20- Data das 15 campanhas de coleta de amostras para análise de água

Campanha	Data
Campanha 01	17/1/2012
Campanha 02	23/1/2012
Campanha 03	6/2/2012
Campanha 04	27/2/2012
Campanha 05	6/3/2012
Campanha 06	11/3/2012
Campanha 07	13/3/2012
Campanha 08	18/3/2012
Campanha 09	21/3/2012
Campanha 10	26/3/2012
Campanha 11	28/3/2012
Campanha 12	3/4/2012
Campanha 13	11/4/2012
Campanha 14	16/4/2012
Campanha 15	18/4/2012
Campanha 16*	8/6/2012

*Coleta apenas dos reservatórios pós-filtro dos sistemas 1 e 2, a fim de realizar análise quantitativa dos parâmetro coliformes totais e *E.coli* para comparar a quantidade desses microorganismos presentes na água do Rio Bijogó, na Cacimba e a água de chuva (reservatório pós filtro).
Fonte: autora.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 AVALIAÇÃO DO CUSTO X BENEFÍCIO DO SAAC

O sistema de aproveitamento de água de chuva idealizado é de baixo custo, fácil instalação e manutenção. Como o sistema armazena água para posterior filtração, foi necessário instalar dois reservatórios, fator que elevou o custo do sistema. Todavia, o componente mais oneroso foi é a estrutura em madeira. Os dois reservatórios instalados são elevados, um logo abaixo da calha com o objetivo de aproveitar a gravidade e acumular água para posterior tratamento, o outro reservatório (pós-filtro) ficou a 1,6 metros do solo para possibilitar o abastecimento a uma altura cômoda para o usuário.

- **CUSTO DE INSTALAÇÃO**

A estrutura em madeira foi dimensionada para suportar todos os componentes do sistema com água, apesar dos dois sistemas serem diferentes, a estrutura construída na ilha Grande é similar a àquela construída na ilha Murutucu e, portanto, possuem o mesmo custo. O material adquirido foi madeira especial que atinge excelente durabilidade: esteios da espécie Sapucaia, vigas da espécie Angelim vermelho e tábuas da espécie Cumaru. O custo das peças em madeira em cada ilha foi de R$ 470,58, totalizando R$ 941,15.

O sistema construído na ilha Grande é mais robusto, possui 4 tubos de descarte, reservatório de acumulação de água bruta com capacidade de 500 L, dois filtros de areia e um reservatório de água filtrada com capacidade 310 litros. As calhas, tubos, conexões, caixas d'água e materiais como: lixa para PVC, solução limpadora, adesivo plástico, estopas, borrachas de vedação, suporte para calha, suporte para os tubos e outros materiais totalizaram o valor de R$ 2.110,58 como é apresentado no gráfico 5.

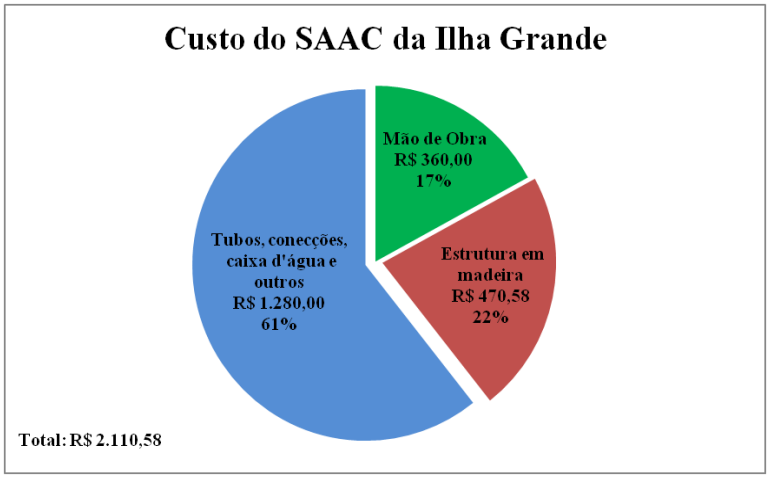


Gráfico 6- Custo do SAAC da Ilha Grande
Fonte: Autora

O sistema da ilha Murutucu é menor, possui 2 tubos de descarte, reservatório de acumulação de água bruta com capacidade de 310 L, um filtro de areia e um reservatório de água filtrada com capacidade 310 litros. O custo do sistema 2 é de R$ 1.638,88. Materiais como calhas, tubos, conexões, caixas d'água e outros são apresentados no gráfico 6.

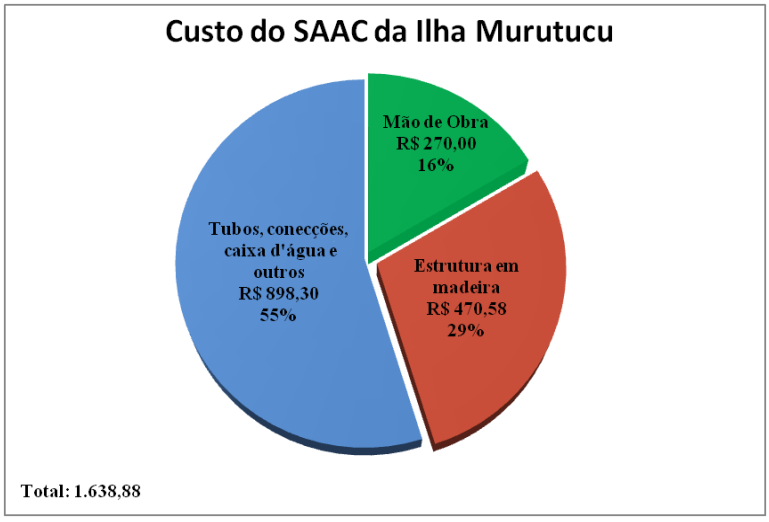


Gráfico 7 - Custo do SAAC da ilha Murutucu
Fonte: autora

➢ CUSTO DE OPERAÇÃO

A operação do sistema é muito simples, o próprio usuário realiza o procedimento. Após cada chuva deve-se desprezar a água retida no reservatório de auto-limpeza, de forma que a cada chuva, este esteja vazio e pronto para armazenar água, esse processo não gera custo algum.

➢ CUSTO COM A MANUTENÇÃO DO SISTEMA

A manutenção do sistema origina pequena despesa e se resume em limpeza dos componentes do sistema a cada bimestre, que o próprio usuário pode realizar. Na lavagem simples das estruturas do sistema gasta-se anualmente R$ 30,01 com produtos de limpeza, como descritos no anexo II. Para a primeira limpeza dos componentes do SAAC deve-se adquirir uma escova simples de fibra, esponja, desinfetante, água e outros materiais encontrados na casa do usuário como: balde e um tecido limpo e seco (flanela, guardanapo) a fim de aplicá-lo na retirada de água do fundo da caixa d'água ao final da limpeza. Após a primeira lavagem da caixa, a escova deve ser guardada e utilizada somente para esse fim, nas outras atividades de manutenção posteriores se gasta apenas com o desinfetante e a esponja, que é descartada a cada uso.

O telhado merece atenção especial por ser a área de captação. Sugere-se lavagem geral neste, uma vez ao ano a fim de promover remoção de sujeira que as chuvas não conseguem carrear para as calhas e reservatório de descarte, para tanto, necessita-se de mão de obra que realize esse tipo de atividade. Buscou-se esse profissional na própria ilha, que para limpeza de uma área de telhado de 43,99 m² na ilha Grande e de 28,29 m² na ilha Murutucu, um pedreiro que conta com o serviço auxiliar de um ajudante cobrou R$ 90,00 e 60,00 sucessivamente.

Para a limpeza do telhado utiliza-se apenas água, escova e um desinfetante para realizar a desinfecção. O custo total da limpeza da área de captação (mão de obra e material de limpeza) gira em torno de R$ 99,67 no sistema 1 que tem área maior e R$ 69,67 no sistema 2.

Para melhor entendimento a tabela 21 ilustra o custo de acordo com a etapa dos sistemas 1 e 2.

Tabela 21 - Custo de instalação, operação e manutenção dos sistemas 1 e 2

Local	Custo de instalação			Custo de operação	Custo de manutenção (anual)	
	Materiais diversos	Mão de obra	Estrutura em madeira		Manutenção simples (calha, reservatórios e filtros)	Limpeza geral, inclusive do telhado
Ilha Grande	R$ 1.280,00	R$ 360,00	R$ 470,58	R$ 0,00	R$ 30,01	R$ 99,67
Ilha Murutucu	R$ 898,30	R$ 270,00	R$ 470,58	R$ 0,00	R$ 30,01	R$ 69,67

Fonte: Autora

6.1.1 **Custo do SAAC x Água da Cacimba x Água da Concessionária**

Estabeleceu-se um comparativo entre o custo gerado pela instalação e manutenção do sistema de abastecimento de água da chuva, a compra de água da cacimba realizada por parte dos moradores das ilhas e o hipotético gasto com a compra de água da concessionária em Belém.

- **Custo de instalação e manutenção do SAAC**

A instalação dos sistemas 1 e 2 custou R$ 2.110,58 e R$ 1.638,88 sucessivamente.

O custo de operação como já supracitado é zero, tendo em vista que o próprio usuário opera o sistema.

A manutenção gera um custo anual de R$ 129,68 no sistema 1 e R$ 99,68 no sistema 2. O custo total de instalação e manutenção anual do sistema é de R$ 2.240,26 no sistema 1 e R$ 1.738,56.

O sistema 1 abastece 19 pessoas, se o custo do instalação e manutenção do sistema fosse rateado em partes iguais, ficaria o valor de R$ 111,91 para cada pessoa. O sistema 2 abastece 14 pessoas, dividindo o custo de instalação e manutenção em partes iguais, o valor de R$ 124,19 para cada usuário.

- **Custo com a compra de água da cacimba**

Levando em consideração a demanda de água dos usuários dos sistemas e o preço da água comercializada nas ilhas obtêm-se o custo diário, mensal e anual com a compra de água da cacimba. Considerando que a água da referida fonte é vendida a R$ 2,00 cada 20 L, em uma situação hipotética em que os moradores das ilhas comprassem água todos os dias do ano para suprir a mesma demanda de água utilizada no dimensionamento dos sistemas, ou seja, 115 L/dia no sistema 1 e 70 l/dia no sistema 2, se gastaria em torno de R$ 11,50/dia, R$ 345,00/mês e R$ 4.140,00/ano na ilha Grande e R$ 7,00/dia, R$ 210,00/mês e R$ 2.520,00/ano na ilha Murutucu.

- **Custo com a compra de água da concessionária em Belém**

Verificou-se que a concessionária em Belém, a 12,2 km das ilhas, utiliza o regime cobrança por faixa de uso, ou seja, até 10 m³ o usuário paga o valor de R$ 14,00 mensais, de 11 m³ a 20 m³, cobra-se o valor de R$ 2,00 por m³. A demanda de água dos usuários dos sistemas1 e 2 está inserida no primeiro item: até 10 m³, pagariam R$ 14,00 mensais se não fosse pelo custo do transporte até Belém, um barqueiro cobra R$ 8,00 para transportar cada pessoa no trajeto: ilha/Belém e Belém/ilha por pessoa. Estimando duas viagens por semana para abastecimento de água se gastaria R$ 64,00/mês e R$ 128,00 por bimestre.

Os diversos custos com abastecimento de água estão apresentados nos gráficos 7 e 8.

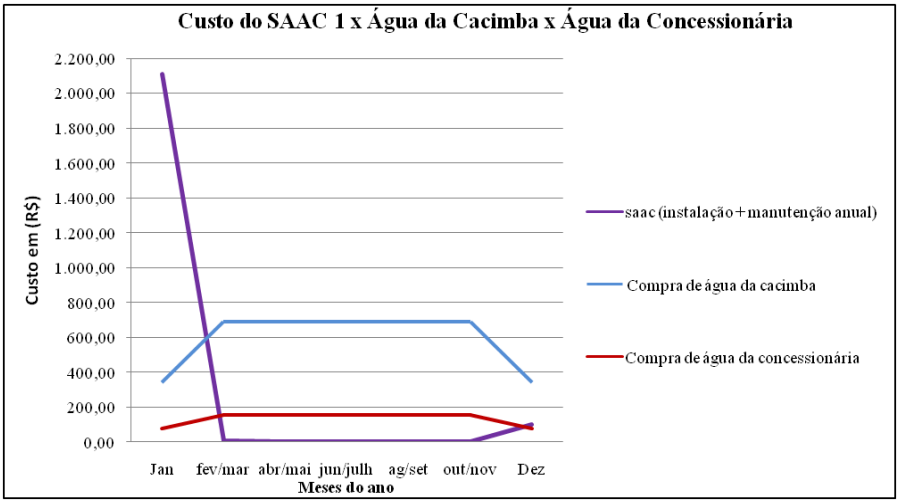


Gráfico 8 - Comparativo do custo entre o saac1, água da cacimba e água da concessionária
Fonte: Autora

Observa-se no gráfico 7 que o sistema de aproveitamento de água da chuva possui um investimento inicial para implantação, depois esse valor decresce quase a zero, o custo com a manutenção é pequeno, no final do ano percebe-se uma discreta elevação na despesa devido a necessidade de realizar a limpeza geral no telhado. O custo total de instalação e manutenção dos sistemas é elevado se for considerar a baixa renda da população. Entretanto, uma parcela representativa dessa dos moradores da ilha Grande e ilha Murutucu compra água oriunda de uma cacimba, gerando uma despesa insustentável, os usuários da ilha Grande ao consumirem 0, 115 m³ de água por dia ou 41,4 m³/ano podem gastar até R$ 4.140,00, valor quase duas vezes o custo de instalação do sistema de aproveitamento de água da chuva.

Com relação a suposição de que a população da ilha Grande se deslocasse duas vezes por semana a Belém para buscar água, pagariam R$ 16,00 por semana de transporte e R$ 14,00 mensais para a concessionária de água, constata-se que seria a forma mais viável de

abastecimento, entretanto, essa opção é descartada, dado o difícil deslocamento fluvial, e ainda, teriam que possuir recipientes adequados e com capacidade que suprisse a demanda de água.

O gráfico 8 ilustra a comparação do custo do abastecimento tendo como referencia o sistema 2 (ilha Murutucu).

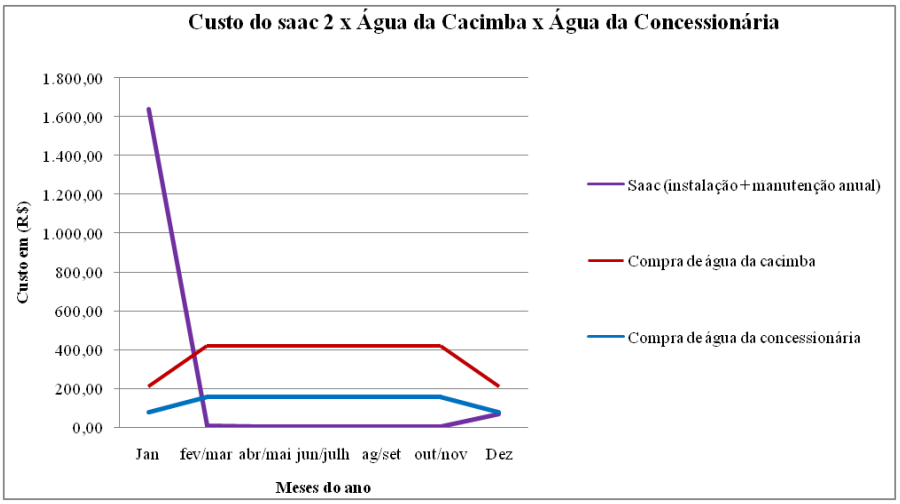


Gráfico 9 - Comparativo do custo entre o SAAC 2, água da cacimba e água da concessionária
Fonte: Autora

Da mesma forma, na ilha Murutucu o sistema de aproveitamento de água da chuva possui um investimento inicial para implantação, custo de manutenção insignificante, torna-se maior uma vez ao ano quando o telhado for lavado. O custo total de instalação e manutenção do sistema 1 gira em torno de R$ 1.738,56. A população da ilha Murutucu também compra água oriunda da cacimba, provocando um gasto elevado, que para consumirem 0,70 m³ de água por dia ou 25,2 m³/ano podem gastar até R$ 2.520,00, valor 68,6% maior que o custo de instalação e manutenção anual do sistema de aproveitamento de água da chuva.

Quanto ao uso de água da concessionária, utilizaram-se os mesmos parâmetros já que a cobrança é feita por faixa de consumo em m³ de água, o gasto seria de R$ 936,00 ao ano.

Vale salientar em relação ao sistema de aproveitamento de água da chuva que o maior custo ocorre no ano de instalação, a partir desse ano o usuário terá apenas o custo com a manutenção que pode ser considerado ínfimo em relação as despesas geradas com as demais alternativas supramencionadas.

6.2 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA CAPTADA NOS DOIS SAAC

6.2.1 **Parâmetros físico-químicos**

Neste item são apresentados os resultados obtidos nas análises físico-químicas e bacteriológicas das amostras de água da chuva (coletada diretamente da atmosfera) e de diversos pontos dos sistemas (calha, descarte, reservatório superior e reservatório inferior).

Os parâmetros físico-químicos averiguados foram: cor aparente, turbidez, temperatura e pH;e os microbiológicos: Coliformes totais e *Escherichia Coli*.

Rosa (2011) realizou uma pesquisa similar a esta na zona urbana da cidade de Belém. Construiu dois sistemas de aproveitamento de água da chuva: o sistema A, localizado em uma área mais afastada do centro urbano constituído de telhado fibrocimento e calha em concreto de secção retangular, e o sistema B em uma região mais urbanizada, com telhado de plástico e calha de zinco de secção retangular. Foram realizadas 3 campanhas de coleta para realizar análises físico-químicas e bacteriológicas. Este trabalho será usado em termos de comparação.

A maior parte dos resultados de cada um dos parâmetros avaliados dentro dos sistemas é apresentada em gráficos Box Plot, de 9 a 11, que fornecem detalhe da distribuição dos dados e exibe graficamente a posição central (mediana) e da tendência.

6.2.1.1 Temperatura

A temperatura é um parâmetro importante, interfere nas reações químicas, na eficiência da desinfecção. De acordo com Cipriano (2004), em laboratório, a diferença entre coliformes totais e fecais é feita através da temperatura (os coliformes fecais continuam vivos mesmo a 44 ºC, enquanto os coliformes totais têm crescimento a 35 ºC). De acordo com o autor, a identificação de coliformes totais na água sugere que houve presença de matéria fecal, mesmo que não exclusivamente humana.

A temperatura da água da chuva, coletada diretamente da atmosfera variou na faixa de 18,5 a 23,4 ºC e a média 20,8 ºC.

A tabela 22 exibe a caracterização da água da chuva do sistema 1, abordando as principais informações dos valores de temperatura como máximo, mínimo, média, desvio padrão e coeficiente de variação (CV).

Tabela 22 - Máximo, Mínimo, Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação da Temperatura do sistema 1

Pontos	Calha	Descarte	Reservatório Superior	Reservatório Inferior
Máximo	25,3	25,2	25	25,1
Mínimo	18,1	18,3	18	17,3
Média	21,77	21,57	21,59	21,59
DP	2,35	2,35	2,39	2,58
CV	0,11	0,11	0,11	0,12

Fonte: Autora

A tabela 23 mostra as principais informações dos valores de temperatura como máximo, mínimo, média, desvio padrão e coeficiente de variação do sistema 2.

Tabela 23 - Máximo, Mínimo, Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação da Temperatura do sistema 2

Pontos	Calha	Descarte	Reservatório Superior	Reservatório Inferior
Máximo	24,5	24,9	24,7	24,5
Mínimo	18,1	18,5	18,1	17,8
Média	21,35	21,49	21,49	21,75
DP	2,15	2,1	2,26	2,13
CV	0,1	0,1	0,11	0,1

Fonte: Autora

6.2.1.2 pH

- **Chuva (água direto da atmosfera)**

O pH das amostras de água de chuvas coletadas sem passar pelos telhados, ou seja, direto da atmosfera,se apresentou ácido, sendo o valor mínimo encontrado de 3,9 e o máximo de 6,6. No entanto, em 53,33% das amostras analisadas, o pH se manteve acima de 5,0. Jaques (2005) reporta que o pH da água da chuva levemente ácido, é considerado normal, pois mesmo em áreas inalteradas o pH encontra-se próximo a 5,0.

Em Rosa (2011) os resultados do pH da água da chuva coletada sem passar por nenhuma superfície foi maior(variação de 5,51 a 5,6 no sistema A e de 6,32 a 7,38 no sistema B) em relação aos sistemas monitorados nesta pesquisa com o mínimo de 3,9 e máximo de 5,54.

- **Água dos SAACs**

Os trabalhos de Rosa (2011) e Jaques (2005) não possuem reservatório superior de acumulação de água bruta; somente inferior, ou seja, após passar pelo telhado, calhas e descarte, a água restante vai diretamente para o filtro de areia para posterior reserva.

O gráfico 9 ilustra os valores de pH nos quatro pontos analisados no sistema 1 e no sistema 2 consecutivamente, promovendo a visualização das relações entre dados dos pontos mostrados.

Nas amostras da água da chuva coletadas após a passagem pelo telhado (calha), foram observados alguns valores de pH mais próximos da neutralidade, diferente dos resultados obtidos nas amostras da água de chuva coletada diretamente da atmosfera. Esse comportamento sugere que a chuva ao entrar em contato com o telhado, interage com as substâncias presentes naquele ambiente, tendo como resultado o aumento do pH. Conforme EMBRAPA (2009), o pH 5,6 é considerado como limite para a classificação de chuvas ácidas, ou seja, valores iguais ou menores a 5,6 são considerados chuva ácida.

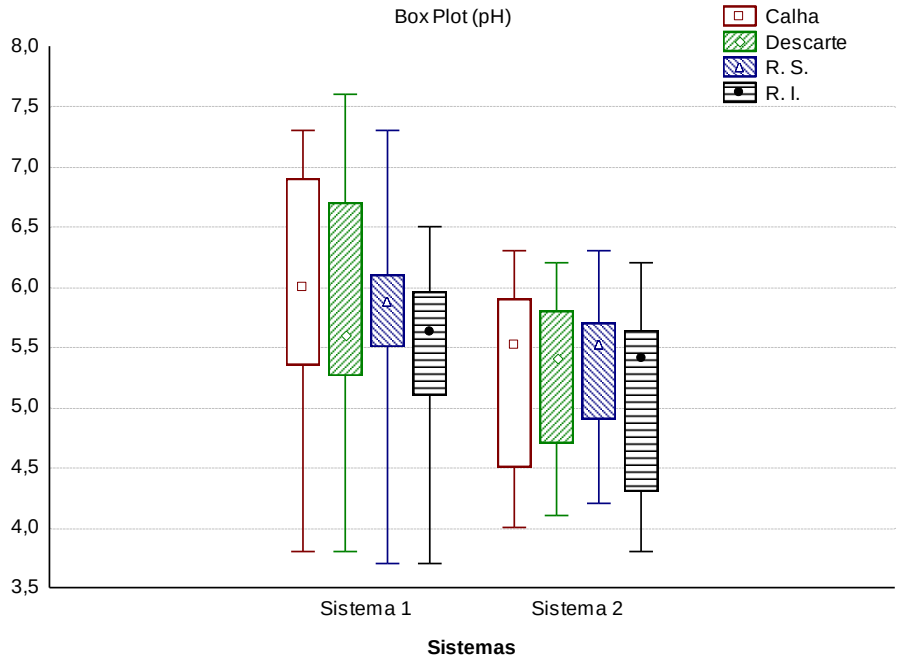


Gráfico 10 - Box plot do parâmetro pH dos sistemas 1 e 2
Fonte: Autora

O valor mínimo encontrado no sistema 1 foi 3,7 e no sistema 2, um número aproximado, 3,8,indicando chuva ácida;máximo de 7,6 no sistema 1 e 6,3 no sistema 2. Entretanto, observa-se nos dois sistemas a maior parte dos valores igual ou superior a 5,0.

É possível ver claramente que os dados do sistema 1 no gráfico 9 possuem maiores medianas em relação ao sistema 2, indicando que o pH do sistema 1 tende a ser maior (menos ácidos) que o pH do sistema 2. Essa característica é confirmada pelos alongamentos dos Box e bigodes mais acentuados no sistema 1. Apesar de não haver uma tendência homogênea acentuada dos dados, nos dois sistemas o pH tende a ficar mais ácido ao avançar pelo sistema.

O pH da calha e do descarte do sistema 2 se apresenta mais ácido que o do sistema1. A variação ocorreu entre os valores de 4,0 a 6,3. O pH mais ácido no sistema 2 pode estar relacionado às condições da área de captação (telhado), haja vista que o telhado do sistema 2 está coberto por lodo, material húmico, sílica, as chuvas lavam essa área e carreiam as substâncias agregadas nesse local para calha e depois para os reservatórios de descarte. O telhado do sistema 1 está preservado, como se observa na figura 50.

Figura 50 - Vista do telhado dos sistemas: a) sistema 1; b) sistema 2
Fonte: Autora

Jaques (2005) apresenta resultados de pH em amostras de água após passagem pelo telhado de cerâmica no município de Florianópolis (SC), com valores que variaram na faixa de 5,64 e 7,3, mais elevado (menos ácidos) que o pH apresentado por este estudo, cujos valores variaram entre 3,7 a 7,6 no sistema 1 e de 3,8 a 6,3 no sistema 2.

Apesar dos telhados da pesquisa de Rosa (2011) não serem da mesma constituição dos telhados desta pesquisa, é interessante comparar os resultados, pois o estudo foi realizado na mesma área de estudo. Ressalta-se que o autor realizou apenas 3 campanhas de coleta para análise, fato que interfere na avaliação mais eficiente da qualidade da água pesquisada, bem como a constituição da área de coleta que são diferentes. De forma geral os sistemas da

pesquisa de Rosa (2011) apresentam valores de pH ligeiramente menos ácidos em todos os pontos, se destacando o reservatório após o filtro com valor mínimo de 6,05 e máximo 7,6 no sistema A e 5,6 e 5,93 no sistema B.

6.2.1.3 Cor Aparente

- **Chuva (água direto da atmosfera)**

Em 92,86% das amostras da água coletadas diretamente da atmosfera, a cor aparente apresentou valores iguais ou menores a 15 u.C, de acordo com o padrão estipulado pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

- **Água dos SAACs**

O gráfico 10 ilustra os valores de cor aparente nos quatro pontos analisados no sistema 1 e no sistema 2, promovendo a visualização das relações entre dados dos pontos mostrados.

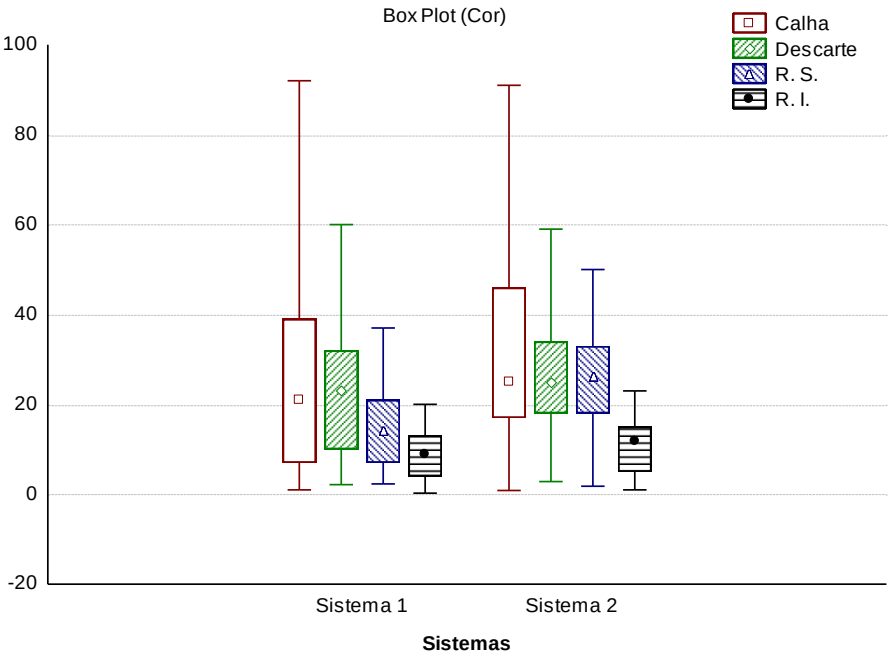


Gráfico 11 - Box plot do parâmetro Cor Aparente dos sistemas 1 e 2
Fonte: Autora.

No sistema 1 ocorre uma tendência homogênea nos dados, ocorre o decrescimento da cor. O penúltimo ponto (reservatório superior) apresentou variação de 2,32 uC a 37 uC e para o último ponto, localizado após o filtro de areia, notam-se valores menos dispersos e

consideravelmente inferiores em relação aos demais pontos de coleta. Seus valores de cor variaram entre 0,26 uC a 20 uC.

O sistema 2 se apresenta de forma diferenciada, os dados são dispersos, os valores das medianas dos três primeiros pontos estão aproximados, contudo os valores são dispersos. Destaca-se o box do reservatório inferior que apresenta o decréscimo de cor,indicando a eficiência do filtro na remoção desse parâmetro. No reservatório pós-filtro do sistema 1 identificou-se valor mínimo de 0,26 u.C máximo de 20 uC e no sistema 2,mínimo de 1 uC e máximo de 23 uC. Os dois sistemas apresentaram eficiência de 80% na remoção de cor.

Em média os dois sistemas atendem o padrão de potabilidade preconizado pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Considerando todos os pontos dos sistemas, o sistema 1 apresentou mais eficiência na remoção de cor, embora a eficiência do filtro tenha sido análoga. A figura 51 exibe o ponto de água proveniente do SAAC da ilha Grande.

Figura 51 - Vista da água de chuva após passar pelo SAAC
Fonte: Autora

Jaques (2005) realizou pesquisa da qualidade da água da chuva após passar pelo telhado no tempo zero (inicio da chuva) e após 10, 30 e 60 minutos. No tempo zero foi verificado o valor de 35,62 uC e após 60 minutos de chuva a cor caiu para 11 uC (30,88% menos cor), validando a importância do descarte da primeira água que lava o telhado. O valor médio de cor do reservatório pós-filtro apresentado pelo mesmo autor foi de 5uC que, em termos de média, é menor que o valor do mesmo ponto mostrado nos dois sistemas neste trabalho.

Nesta pesquisa foi verificado que o descarte em comparação a calha eliminou 65,21% de cor no sistema 1 e no sistema 2 de 64,83%.

Em Rosa (2011) a calha do sistema A apresentou variação entre 0 uC e 50 uC e o sistema B, zero de cor. O reservatório pós-filtro apresenta bons resultados com ausência de cor no sistema A, já no sistema B, verificou-se a média de 0,5 uC. Em geral, cor mais baixa que os valores da calha (sistema 1- mínimo: 1 uC, máximo: 92 uC; sistema 2 – mínimo: 0,86, máximo: 91) e do reservatório pós-filtro (sistema 1 - mínimo: 0,26 u.C,máximo: 20 uC; sistema 2 – mínimo: 1,0 u.C máximo: 23 uC) apresentados neste estudo. Vale reiterar que os resultados tão distintos para a mesma região podem ter ocorridos em virtude do número de amostras uma vez que o autor fez apenas três campanhas de coleta de água nos pontos dos sistemas. Neste estudo foram realizadas 15 campanhas completas e uma só dos reservatórios pós-filtro.

6.2.1.4 Turbidez

Na Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, o valor máximo permitido (VMP) para água filtrada por filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) é de 0,5 UT e para água filtrada por filtração lenta o valor máximo permitido é de 1,0 UT. O filtro proposto neste trabalho não se enquadra nem em filtração rápida e nem em filtração lenta, ainda assim, os valores de turbidez serão avaliados de acordo com o VMP para filtração lenta, ou seja, 1UT.

- **Chuva (água direto da atmosfera)**

A água coletada direto da atmosfera apresentou 73,33% das amostras abaixo do valor preconizado pela portaria 2914/2011-MS, sendo o valor mínimo de 0UT, o máximo de 3,26 UT e média de 0,9 UT. A média exibida na pesquisa de Jaques (2005) foi de 4,26 UT e a diagnosticada em Rosa (2011) foi menor, igual a 2,2 UT, configurando o melhor resultado nesta pesquisa. No gráfico 11são apresentados os dados de turbidez dos sistemas 1 e 2.

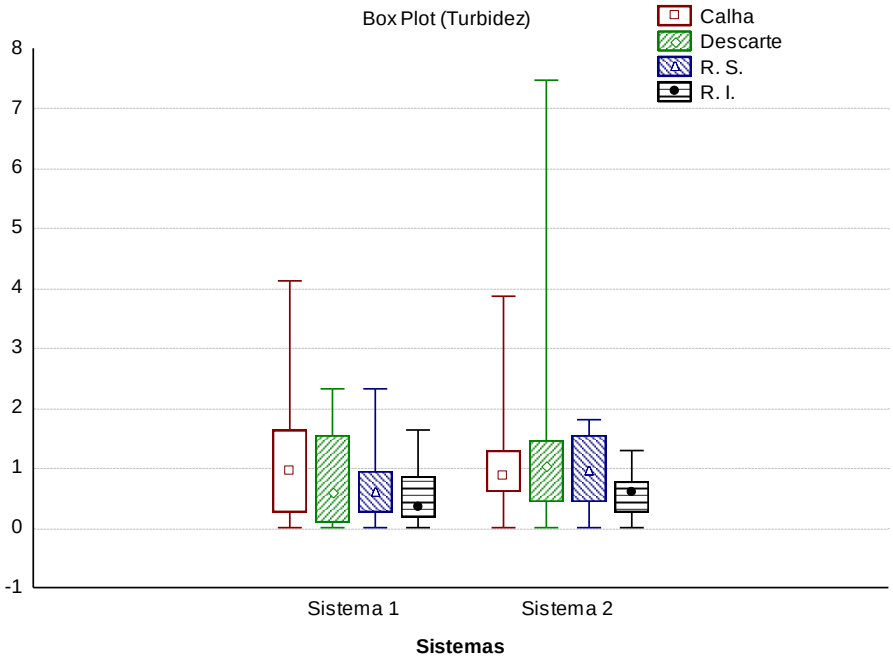


Gráfico 12 - plot do parâmetro Turbidez dos sistemas 1 e 2
Fonte: Autora

- **Água dos SAACs**

Os SAACs mostraram eficiência na remoção da turbidez nos dois sistemas, entretanto, nos primeiros pontos dos sistemas foram detectados pelas análises valores elevados. A turbidez na calha do sistema 1 variou entre 0 UT e 4,12 UT e no sistema 2, entre 0 e 3,86 UT. No descarte o valor máximo reduziu-se quase pela metade no sistema 1 (2,32 UT). No sistema 2 houve aumento de turbidez (7,47 UT), esse acontecimento pode ser atribuído às condições do telhado do sistema 2, onde as impurezas passam pela calha e posteriormente se depositam nos descartes. Os reservatórios superiores nos dois sistemas apresentam menor turbidez em relação ao ponto anterior e no último ponto de coleta dos sistemas (reservatório inferior ou pós-filtro) houve remoção de quase toda turbidez, sendo identificada apenas uma campanha em cada sistema com turbidez acima de 1,0 UT. O comportamento da turbidez em todos os pontos dos sistemas pode ser visualizado na tabela 24.

Tabela 24 - Mínimo, máximo e média da turbidez nos sistemas 1 e 2

Ponto	**Calha**			**Descarte**			**Reserv. Superior**			**Reserv. Inferior**		
Medida	Min.	Max	Méd.	Min.	Max.	Med.	Min.	Max	Med.	Min.	Max.	Med.
Sistema 1	0	4,12	1,28	0	2,32	0,85	0	2,32	0,66	0	1,63	0,47
Sistema 2	0	3,86	1,04	0	7,47	1,38	0	1,8	1,01	0	1,29	0,5

Fonte: Autora

A eficiência do filtro na remoção da turbidez em ambos os sistemas foi de 93,33%.

A pesquisa de Jaques (2005) identificou valores de turbidez na calha variando entre 2,26 a 22,00 UT, maior que os valores identificados na calha dos sistemas deste estudo, como pode ser visualizado na tabela 24. No reservatório pós-descarte, o autor expõe turbidez elevada de 4,7 UT, mas confere melhora em relação a calha. A turbidez média informada pelo autor é mais elevada que a turbidez média identificada nos sistemas apresentados neste estudo com 0,47 UT no sistema 1 e 0,5 UT no sistema 2.

Rosa (2011) apresentou valor máximo na calha do sistema A (3,7 UT) menor que o na calha dos sistemas 1 e 2 apresentados neste estudo. No sistema B, a turbidez foi mais elevada, máximo de 5,2 UT, maior que o apresentado nos sistemas 1 e 2 (4,12 UT e 3,86 UT). O comportamento do reservatório pós-filtro do trabalho do mesmo autor é similar ao da calha, o valor médio do sistema A (0,04 UT) é menor que a média do mesmo ponto dos sistemas 1 (1,45 UT) e do sistema 2 (0,5 UT) deste trabalho. O sistema B (1,45 UT) é maior que a média dos sistemas 1 e 2.

É preciso frisar que é de suma importância a participação do usuário na garantia da sustentabilidade do sistema de Aproveitamento de Água da Chuva. Como já foi mencionado no item 3.2, devem ser realizadas manutenção no telhado, calha, filtros e reservatórios. As famílias usuárias dos sistemas foram acompanhadas por 10 meses após a instalação dos mesmos. Os procedimentos de limpeza de todos os pontos foram repassados da mesma forma às duas famílias, todavia, os usuários da ilha Grande apresentaram maior comprometimento que os usuários da ilha Murutucu. Após a instalação dos sistemas foi necessário substituir 3 vezes peças e conexões que foram danificadas no sistema 2 (ilha Murutucu). A figura 52 ilustra o sistema 1 e 2 após 1 mês sem manutenção.

Figura 52- Manutenção do SAAC - a) Reservatório Superior do sistema 2, b) Vista externa do Reservatório Superior do sistema 2; c) Reservatório Superior do Sistema 1
Fonte: Autora

6.2.1 **Parâmetros bacteriológicos**

6.2.1.1 Coliformes Totais e E.coli

- **Chuva (água direto da atmosfera)**

A água coletada direto da atmosfera apresentou coliformes totais em 13 das 14 amostras coletadas e o parâmetro *E.coli* foi identificado em 7 das 14 amostras, provavelmente pode ter havido contaminação da água durante o processo de coleta, a própria exposição do recipiente de coleta a atmosfera pode ter interferido na qualidade da água coletada, haja vista que o recipiente ficava exposto ao tempo em torno de 30 a 40 minutos.

- **Água dos SAACs**

Todas as amostras da calha, descarte e reservatório superior apresentaram coliformes totais nos dois sistemas. No reservatório inferior, em 14 campanhas identificaram-se coliformes totais. Pode-se inferir que o filtro de areia tem pouca eficiência na remoção de coliformes totais. A tabela 25 exibe o resultado da qualidade bacteriológica das 15 campanhas realizadas nos pontos do sistema.

Tabela 25 – Resultado de presença e ausência de coliformes totais e E.coli Coli no sistema 1

Parâmetro	Calha		Descarte		Res. Sup.		Res. Inf.	
	+	-	+	-	+	-	+	-
C. totais	15	0	15	0	15	0	14	1
E. Coli	15	0	15	0	14	1	6	9

Fonte: Autora

O sistema 2 apresentou coliformes totais nas 15 amostras analisadas do reservatório inferior e em 12 campanhas foram identificadas *E. Coli* no mesmo ponto**.** A tabela 26 exibe o resultado da qualidade bacteriológica das 15 campanhas realizadas nos pontos do sistema.

Tabela 26 - Resultado de presença e ausência de coliformes totais e E. Coli no sistema 2

Parâmetro	Calha		Descarte		Res. Sup.		Res. Inf.	
	+	-	+	-	+	-	+	-
C. totais	15	0	15	0	15	0	15	0
E. Coli	15	0	15	0	13	2	12	3

Fonte: Autora.

Observa-se que no sistema 2 também foram identificados coliformes totais e *E. Coli* em todos os pontos. Essa informação reforça a ideia que a água, mesmo depois de passar pelo filtro não deve ser consumida antes de um processo de desinfecção.

Identificou-se a presença de *E. Coli* em todas as amostras da calha, descarte e reservatório superior, com exceção de uma amostra que atestou negativa para *E.Coli* no reservatório superior do sistema 2. No reservatório inferior, 6 campanhas no sistema 1 e 12 campanhas no sistema indicaram presença de coliformes. Pode-se inferir que o filtro de areia proposto tem pouca eficiência na remoção de *E.Coli*.

Em termos comparativos, foi realizada uma coleta de água com uma amostra do rio Bijogó (manancial utilizado pela população), da cacimba (água comprada), do reservatório inferior do sistema 1 e do reservatório inferior do sistema 2 com o objetivo de diagnosticar a presença de coliformes totais e *E. coli*, mas principalmente quantificar a qualidade da água consumida atualmente pela população das ilhas. A tabela 27 apresenta os valores obtidos na análise das amostras.

Tabela 27 - Valores de Coliformes totais e E. coli do rio Bijogó, Cacimba e dos sistemas 1 e 2

Parâmetro	Rio Bijogó	Cacimba	Sistema 1	Sistema 2
Coliformes Totais	3,5 x 10^4	1,1 x 10^2	0	2,0 x 10^1
E. Coli	1,7 x 10^4	2,0 x 10^1	0	2,0 x 10^1

Fonte: autora

Observa-se na tabela 27 que os valores para coliformes totais e *E. Coli* do rio Bijogó são elevados, o que já é esperado em virtude de vários fatores como a antropização que o rio vem sofrendo ao longo dos anos pelos próprios moradores das ilhas e a falta de saneamento no local.

A quantidade do referido parâmetro pesquisado na cacimba, apresenta-se menor em comparação aos valores existente na amostra do rio, ainda assim é um número elevado. Vale ressaltar que a água da cacimba é consumida por 42,9% da população entrevistada da ilha

Grande e 42,7% da ilha Murutucu e ainda, 44,3% da população consultada da ilha Grande e 29,8% da população da ilha Murutucu não faz uso de nenhum tipo de tratamento na água que consome para fins potáveis.

O reservatório pós-filtro do sistema 1 apresenta 1 (um) resultado negativo para Coliformes totais e 9 (nove) resultados negativos para *E. Coli* (Tabela 26).

6.3 INFLUÊNCIA DOS TELHADOS NA QUALIDADE DA ÁGUA CAPTADA

Zerbinatti ET AL (2011) realizou analise física química e bacteriológica em amostras de água coletadas em diversos tipos de telhados: cerâmica nova, cerâmica velha (telhado antigo) e fibro cimento na cidade de Inconfidentes – MG. Foi realizado o descarte dos primeiros 10 minutos de chuva. Considerando os parâmetros físico-químicos avaliados (pH, Turbidez, Sólidos totais, Condutividade, OD), as amostras que apresentaram qualidade inferior as demais, foi a água coletada da chuva que passou pelo telhado de fibro cimento, com exceção da turbidez que teve valor mais alto no telhado de cerâmica velha, certamente devido à presença de limo seco na calha e no telhado.

Cardoso (2009) implantou dois protótipos de aproveitamento de água de chuva com dois tipos de superfície de captação (telhas cerâmicas - do tipo Paulista e outro por telha metálica - aço galvanizado), um protótipo localizado na região da Pampulha e outro no Centro, na cidade de Belo Horizonte. O mesmo autor realizou o monitoramento da qualidade da água captada nos telhados após descarte de primeira água de chuva.

Conforme Cardoso (2009) a água captada no telhado metálico, de um modo geral, apresentou melhor qualidade do que a água captada pelo telhado cerâmico, principalmente quanto aos parâmetros microbiológicos. A telha metálica, ao ser aquecida, provavelmente inativou os microrganismos presentes nesse ambiente. O autor relata que a diferença entre a qualidade da água captada pelos dois tipos de telhas poderia ter sido causada pela composição química das mesmas. A argila da telha cerâmica, por exemplo, pode ter sido uma das responsáveis pelo aumento do pH da água da chuva. Em relação ao melhor resultado de cor e turbidez no telhado metálico pode ser explicado pelo fato de que o escoamento das águas pluviais sobre as telhas cerâmicas teria superado a resistência à abrasão do material, de maneira a carrear sedimentos para as calhas e reservatórios.

BOULOMYTIS (2007) fez uma avaliação do trabalho de Yaziz*et al.* (1998) que também verificaram diferença entre a qualidade da água de chuva captada por telhas metálicas

e cerâmicas. Foram encontrados valores de turbidez duas vezes superior nas águas captadas pelas últimas telhas citadas em relação às primeiras, pode ter havido desgaste do telhado cerâmico provocado pelo atrito da chuva com esse material, carreando sedimentos para os reservatórios, tanto partículas de sujeiras quanto do próprio material cerâmico.

O projeto Água em Casa, Limpa e Saudável, de responsabilidade da Cáritas de Belém (uma ONG vinculada à Igreja Católica), implantou vários sistemas de aproveitamento de água da chuva nas ilhas Nova, Jutuba e Urubuoca, município de Belém e realizou avaliação da qualidade da água em vistas de conhecer a influência do tipo de telhado existente em cada casa (telhado de palha, telhado cerâmico e de fibrocimento) amostrada. De acordo com Souza (2012) foram analisados os parâmetros cor, turbidez, dureza, sólidos totais dissolvidos, acidez, pH, condutividade elétrica e alcalinidade, Coliformes Totais e Escherichia Coli. Os resultados mostram a baixa qualidade da água em todos os tipos de telhado, sendo que a melhor qualidade foi associada a telhados de cerâmica, com exceção do parâmetro *E. coli* que teve melhor resultado as amostras coletadas dos telhados de fibrocimento.

Nesta pesquisa foram utilizados telhados em cerâmica, com uma diferença entre os dois, o telhado do sistema 1 é mais novo e o do sistema 2. Foi possível verificar que as amostras de água captadas através do telhado mais novo apresentaram maior qualidade em detrimento das amostras coletadas no telhado mais antigo, ou seja, a qualidade da água captada no sistema 1 (ilha Grande) foi consideravelmente melhor do que a captada no sistema 2 (ilha Murutucu), principalmente os parâmetros pH, cor aparente e turbidez.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 CONCLUSÕES

Os SAACs demonstraram relevante melhoria na qualidade de vida das famílias onde os mesmos foram implantados, principalmente no que tange o acesso com mais facilidade da água.

Foi possível verificar a difícil condição social que vive a maioria da população da área em estudo. Muitas famílias sobrevivem com menos um salário mínimo, não podendo, portanto, comprar a água que é vendida por alguns barqueiros da região, só parte destas tem esse privilégio. Assim sendo, constata-se que é economicamente mais viável, a curto e médio prazo, a adoção de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, se analisarmos a relação custo/benefício, tendo em vista que a parte mais onerosa do sistema é a instalação da estrutura em madeira e aquisição dos reservatórios, e mesmo assim o custo total do sistema é em média de R$ 111,91 (cento e onze reais) por pessoa na ilha Grande e R$ 124,19 (cento e vinte e quatro reais e dezenove centavos) na ilha Murutucu. Entretanto o custo do sistema impossibilita individualmente o ribeirinho em possuí-lo, porém, a sua redução é possível através da união dos moradores a fim de ganho coletivo.

Nota-se também uma imensa disparidade social dos ribeirinhos quando comparados com os belenenses da cidade, em termos do custo de aquisição de água potável. Comparando-se os resultados dos custos diário, mensal e anual com a compra de água e da despesa com a implantação do SAAC, verificou-se que com o dinheiro aplicado na compra de água, é possível instalar quase dois SAAC. Deve-se lembrar que a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e disserta que toda água para consumo humano fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração.

Confirmou-se que o tratamento simples da água captada como a utilização de uma tela que recobre a grelha no bocal da calha, descarte de 1 mm de água (1 litro/m² de área de captação) e filtração através de filtro de areia promove melhora significativa na qualidade da água. Certificou-se que mesmo com qualidade de água bruta diferente (sistema 2 com menos qualidade) o filtro garantiu da mesma forma, eficiência de 80% na remoção de cor aparente e 93,33% em turbidez, compatível a muitos usos.

Com relação à qualidade bacteriológica da água, verificou-se que o desempenho do sistema não foi bom, tendo em vista que se identificou na maioria da amostras, bactérias do grupo coliforme. Contudo, deve-se levar em consideração que não houve processo de desinfecção da água. Esse procedimento certamente garantiria qualidade adequada ao consumo potável. Vale ressaltar que a qualidade bacteriológica das amostras coletadas nos SAACs foi consideravelmente melhor que as coletadas no rio Bijogó e da cacimba, ambas utilizadas pela população das ilhas.

Os sistemas contam com um tratamento simples da água captada: utilização de uma tela que recobre a grelha no bocal da calha, descarte de 1 mm de água (1 litro/m² de área de captação) e filtração através de filtro de areia. Verificou-se que essas alternativas promoveram melhora significativa na qualidade da água. Confirmou-se que mesmo com qualidade de água bruta diferente (sistema 2 com menos qualidade) o filtro garantiu da mesma forma, eficiência na remoção de cor aparente e turbidez, compatível a muitos usos. Entretanto, para que essa água seja utilizada para fins potáveis, é necessário realizar a desinfecção antes do uso.

A caracterização da qualidade da água foi realizada por meio de 16 campanhas de coletas para análises de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos no período de janeiro a junho/2012. A qualidade físico-química da água foi satisfatória, as análises indicaram bons resultados, que em média atendem a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. O desempenho do sistema não foi bom em relação à qualidade bacteriológica da água, tendo em vista que foram identificadas na maioria das amostras bactérias do grupo coliforme. Contudo, deve-se levar em consideração que não houve processo de desinfecção da água. Esse procedimento certamente garantiria qualidade adequada ao consumo potável. Vale ressaltar que a qualidade bacteriológica das amostras coletadas nos SAACs foi consideravelmente melhor que as coletadas no rio Bijogó e da cacimba, ambas utilizadas pela população das ilhas.

Atualmente, a comunidade faz uso do hipoclorito de sódio fornecido pela Secretaria Municipal de Saúde, a própria população das ilhas é responsável pela desinfecção da água.

Quanto ao baixo custo, comparando-se com os gastos gerados pela compra de água, foi possível verificar que o período de retorno da instalação do sistema da ilha Grande é de apenas aproximadamente 6,5 meses e o da ilha Murutucu 7,5 meses. O custo do sistema se mostrou viável, haja vista que ao longo de um ano, se gastaria mais comprando água da cacimba (de qualidade inferior) do que instalando o SAAC. O custo total de instalação e manutenção dos sistemas 1 e 2 é de R$ 2.232,01 e R$ 1.730,31respectivamente e o gasto com

a compra de água da cacimba é de R$ 4.140,00O na ilha Grande e R$ 2.520,00 na ilha Murutucu. Obviamente, que considerando o contexto, o melhor mesmo seria uma solução institucional, em que o poder público doasse ou financiasse os SAACs.

A água da concessionária seria a opção mais viável economicamente se não fosse pela dificuldade de acesso as ilhas, o transporte dessa água de Belém para as ilhas seria perigoso nas pequenas embarcações que fazem transporte de passageiros e produtos.

Importante salientar que o tipo de superfície de captação e o seu estado de conservação influenciam efetivamente na qualidade da água captada. Várias pesquisas foram consultadas e ponderou-se que o telhado mais adequado para captar água de chuva seria o telhado metálico seguido do cerâmico quando em bom estado de conservação. O telhado metálico tende a aquecer mais que o telhado de outros materiais com a radiação solar e esse aquecimento pode influenciar no processo de inativação dos microorganismos, assim como, o telhado metálico possui textura superficial mais lisa que o telhado cerâmico ou de fibro cimento, agregando menos substâncias como poeira, fuligem, limo na sua superfície. O telhado cerâmico é mais poroso e as características físicas climáticas da Amazônia (alta umidade e pluviometria) favorecem a reprodução de microorganismos responsáveis pela baixa qualidade da água captada nessa superfície. Deste modo, dependendo da finalidade do uso da água a ser captada, deve-se considerar a área de captação (telhado) como um parâmetro importante a ser considerado na concepção do projeto.

Tão importante quanto os parâmetros técnicos do projeto do SSAC são as ações de educação sanitária e ambiental. Deve-se promover a materialização da assimilação de informações referentes a bons hábitos higiênicos como a maneira correta de armazenar água, lavar os alimentos, ingestão de água adequada ao consumo. Não é uma tarefa fácil e nem tem uma regra a ser seguida, cada comunidade deve ser avaliada quanto assuas características, tais como: escolaridade, hábitos do dia a dia, doenças mais recorrentes. Essas informações são cruciais para a melhor formulação de um sistema de gestão de educação sanitária e ambiental. Vale ressaltar que o baixo nível de escolaridade e socioeconômico interfere negativamente no processo de assimilação de informações importantes que devem ser concebidas por essa população. A educação é o motor que o mundo em direção ao desenvolvimento, portanto, a educação ambiental deve ser efetivamente inserida ao ensino regular de todos os níveis. Somente a educação será capaz de realizar a sensibilização da população, promovendo um sentimento de responsabilidade em cada um. É pouco provável fazer educação ambiental em uma população sem educação, é o conhecimento que propicia a mudança de atitude, o

comprometimento e a ação, tanto individual como coletiva, da população, trata-se de um processo lento, mas eficaz de combate aos maus hábitos e a indiferença do homem com o meio ambiente. A integração das ações do poder público e da população em geral deve ser motivada em vistas da promoção do bem estar social e da manutenção do meio ambiente.

7.2 RECOMENDAÇÕES

Nesta secção apresentam-se algumas sugestões de suma importância para o desenvolvimento de ferramentas que contribuirão com a temática "Aproveitamento de Água da Chuva". Os trabalhos futuros devem focar a observância nos critérios de qualidade da água e atividades de educação sanitária e ambiental.

Não há dados estatísticos em relação a qualidade da água da Cacimba consumida por grande parcela da população das ilhas Grande e Murutucu, seria importante promover uma pesquisa da qualidade dessa água tanto *in loco*, como no ponto de consumo, visto que o enchimento dos garrafões não possui critério higiênico, é realizado no porto, dentro do barco, em garrafões inadequados e aparentemente sujos.

Efetuar o monitoramento qualitativo do rio Bijogó, pois é uma das fontes de abastecimento de água parcela da população das ilhas, neste trabalho foi realizada apenas uma análise (número não representativo estatisticamente).

Realizar o monitoramento da qualidade da água nos SAACs no período mais seco, haja vista que não foi possível fazer as analises da qualidade em um período mais extenso. Essa ação seria muito necessária para verificar que há grandes alterações na qualidade da água levando em consideração a sazonalidade da região.

Implementar educação sanitária e Ambiental de forma efetiva e contínua em todos os níveis de escolaridade. É uma ação que renderá frutos de médio a longo prazo, mas certamente, de maneira eficaz.

Implantar pelo menos um pluviômetro na área de estudo em vistas de realizar o monitoramento quantitativo da pluviometria local, uma vez que não foi identificado equipamento dessa natureza para medir na área e arredores.

Realizar o monitoramento da qualidade da água da chuva captadas nos diversos tipos de telhados, tais como: cerâmico, fibro cimento, metálico e palha (frequêntes na Amazônia) com vistas a identificar qual dessas é a melhor área de captação.

Realizar podagem das árvores do entorno da área de captação (telhado), para mitigar o processo de acumulação de folhas, galhos, dejetos de pássaros nessa área.

Incluir ao custo do sistema de aproveitamento de água da chuva uma caixa d'água ou outro recipiente que possa receber água tratada quando for haver limpeza do sistema, em vistas de garantir a disponibilidade de água ao usuário durante e após a manutenção do sistema.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCMAC - Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva. Disponível em: < http://www.abcmac.org.br/index. php?modulo=apresentacao>. Acesso em: 18/01/2012.

ANDRADE NETO, C. O. de. (2004) **Proteção Sanitária das Cisternas Rurais**. In: Anais do XI Simpósio Luso-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal, 2004. Natal: ABES/APESB/APRH.

ASA BRASIL - P1MC. Disponível em: http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=1150. Acesso em: 04/11/2011.

ASA BRASIL - P1+2. Disponível em: http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=5630&WORDKEY=Resultados. Acessoem: 04/11/2011.

APHA, AWWA and WPCF (1998) **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20ª ed. Washington, D. C., Estados Unidos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **Água de chuva - Instalações prediais de águas pluviais** – Requisitos. São Paulo, 1989. p.13.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15527: **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis** – Requisitos. São Paulo, 2007. p.11.

AZEVEDO, JAMES RIBEIRO DE. **Tipologia do Sistema de Manejo de Açaizais Nativos Praticado pelos Ribeirinhos em Belém, Estado do Pará**. Dissertação (Mestrado em agriculturas amazônicas) empresa brasileira de pesquisa agropecuária - Amazônia oriental.UFPA.Belém, 2005.

BARRÊTO, ROIPHE (Coord.). **Cadernos de Educação Ambiental Água para Vida, Água para Todos**. Brasília: WWF-Brasil, 2006.

BERTOLO, ELISABETE DE JESUS PERES. **Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações**. Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2006. 204p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. PORTARIA Nº 2.914 DE 12 DE DEZEMBRO 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial (da) República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2011.

BOULOMYTIS, V. T. G. **Estudo da qualidade da água de chuva captada em telhado residencial na área urbana para fins de irrigação de alface**. In: VI Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva, 2007. Anais do VI Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva. Belo Horizonte: ABCMAC, 2007. 1 CD-ROM.

CARDOSO, MANUELLE PRADO. **Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva em Zonas Urbanas: Estudo de Caso no Município de Belo Horizonte - MG**. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais-MG, 2009.

Caritas Metropolitana de Belém - CAMEBE. **Projeto Água em casa, limpa e saudável**. 2009.

CIPRIANO, R. F. P. **Tratamento das águas de chuva escoadas em telhado e avaliação do seu uso**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

CIRILO, JOSÉ ALMIR. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido**. Estud. av. [online]. 2008, vol.22, n.63, pp. 61-82. ISSN 0103-4014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0103-40142008000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 30/11/2011.

CUNHA, GILBERTO ROCCA DA ET AL. Dinâmica do pH da água das chuvas em Passo Fundo, RS. Pesq. agropec. bras. [online]. 2009, vol.44, n.4, pp. 339-346. ISSN 0100-204X.

Departamento Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas. Brasília, 1992.

DI BERNARDO, BRANDÃO E HELLER. Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas. SP: PROSAB, 1999.

DI BERNARDO, Luiz Di; DI BERNARDO, ÂNGELA; CENTURIONE FILHO, Paulo Luiz-Ensaios de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos: Editora RIMA, 2002.

DI BERNARDO, Luiz. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. Volume II. Rio de Janeiro: ABES, 1993.503p.

DI BERNARDO, LUIZ; DI BERNARDO, ANGELA. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2ª Ed. São Carlos: RIMA, 2005.

DOU - DÍÁRIO ONLINE. Ilhas **Próximas a Belém Recebem Energia Elétrica**. Disponível em: <http://www.diarioonline.com.br/noticia-164071-ilhas-proximas-a-belem-recebem-energia-eletrica.html>. Acesso em 20/10/2011.

DOWBOR, LADISLAU; TAGNIN, RENATO ARNALDO (ORGANIZADORES). **Administrando Água como se fosse Importante**: Gestão Ambiental e Sustentabilidade. São Paulo: Editora Senac-SP, 2005.

FENABRAN. O Semi-Árido – 2003. Disponível em: < . http://www.febraban.org.br/arquivo/destaques/destaque-fomezero_semiarido.asp>. Acesso em: 06/02/2012.

FENDRICH, ROBERTO. **Manual de Utilização das Águas Pluviais**: (100 Maneiras Práticas). 2ª Ed. Curitiba- PR, 2009.190p.

FINOTTI, ALEXANDRA R. ET AL. **Monitoramento de Recursos Hídricos em Áreas Urbanas**. Rio Grande do Sul: Educs,2009. 272 p.

GARCEZ, LUCAS NOGUEIRA; ALVAREZ, GUILLERMO A. COSTA. **Hidrologia**. 2ª ed. São Paulo-SP: Edgard Blucherltda, 1999;

GNADLINGER, J. **Colheita de Água de Chuva em Áreas Rurais**. Juazeiro: IRPAA, 2000. 40p.

GNADLINGER, JOHANN. **Programa uma Terra - duas Águas (P 1+2): Água de Chuva Para os Animais e Para Agricultura no Semi-Arido Brasileiro**. Apresentação e Reflexões. 5º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI, 2005.

HERNANDES , AMORIM. **Políticas Públicas, Governamentais e Dispositivos Legais Relativos À Água Pluvial**. 5º Simpósio Brasileiro de Capitação e Manejo de Água de Chuva. Teresina, PI,2005.

HOFKES, M. W; FRAZIER, J. G. **Runoff coeficients**. In: PACEY, A; CULLIS, A. Rainwater harvesting. London: Intermediate Technology Publications, 1996.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico** - 2008. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1691&id_pagina=1>. Acesso em: 10/11/2011.

IBGE. **Censo Demográfico 2010: Resultados gerais da amostra. Disponível em:** <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2125&id_pagina=1>. Acesso em: 06/09/2012.

JAQUES, REGINALDO CAMPOLINO. **Qualidade da água de chuva no município de florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Engenharia Ambiental. FLORIANÓPOLIS-SC, 2005.

JORNAL DAS MISSÕES. **Instituto Odão recebe cisterna para coletar água da chuva**. Disponívelem:http://www.jornaldasmissoes.com.br/v1/?module=news&action=read&id=1401, 2010.Acesso em: 30/08/2011.

JORNAL VALOR 23/3/2007. **Coca-Cola fabricada com água de chuva**, 16 de abril de 2008. Disponível em:<http://marcella-strategos.blogspot.com.br/2008/04/coca-cola-fabricada-com-gua-de-chuva.html>. Acesso em 03/10/2011.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas-SP: Ed. Átomo,2005. 444 p.

MACHADO, F. O; CORDEIRO, J. S. **Aproveitamento das Águas Pluviais: Uma Proposta Sustentável**. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 7., 2004, São Luís: ABRH, 2004. 1 CD-ROM.

MANUAL DE SANEAMENTO**. Fundação de Serviços de Saúde Púbica**. 2ª ed. Rio de Janeiro - RJ, 1985.

Mapa do Cadastro Ambiental Rural. Disponível em: http://monitoramento.sema.pa.gov.br/simlam/. Acesso em: 30/10/2011.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

MENDES, RONALDO LOPES RODRIGUES. **Indicadores de sustentabilidade do uso doméstico da água**: UFPA, 2005. 191 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido. Belém-PA, 2005.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Água: Manual de uso**. Brasília, 2006.

MOTA, SUETÔNIO. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos**. 3ª edição. Campinas, RJ: ABES 2008.343 p.

OLIVEIRA; RODRIGUES E CARNEIRO. **Qualidade de Vida de Ribeirinhos na Amazônia em Função do Consumo de Água**. IV Encontro Nacional da Anppas. 2008. Brasília - DF – Brasil.

OMS/UNICEF – Organização Mundial da Saúde/Fundo das Nações Unidas para a Infância e Adolescência. Relatório do ano de 2000. Disponível em: <www.unicef.org/brazil> Acesso em: 20/09/2012.

ONU. Programa da Década da Água da ONU - Água sobre Advocacia e Comunicação - 2010 (UNW-DPAC). Disponível em: < http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf>. Acesso em: 15/03/2012.

PATERNIANI, JOSÉ EUCLIDES STIPP; SILVA, MARCELO JACOMINI MOREIRA DA. Desinfecção de efluentes com tratamento terciário utilizando energia solar (SODIS): avaliação do uso do dispositivo para concentração dos raios solares. Eng. Sanit. Ambient. vol.10 nº1. Rio de Janeiro. Jan./Mar. 2005.

PEC/2010. Acesso à Água Potável e ao Saneamento Básico Pode Ser Incluído Entre os Direitos Sociais da Constituição. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/acesso-a-agua-potavel-e-ao-saneamento-basico-pode-ser-incluido-entre-os-direitos-sociais-da-constituicao.aspx>.2010 Acesso em: 03/10/2011.

Programa" Cidades e Soluções". Globonews. Vídeo postado em 11/03/2010. Disponível em: <http://globonews.globo.com/Jornalismo/GN/0,MUL1524700-17665-304,00.html>.Acesso em: 22/02/2011.

PROGRAMA P1MC. Programa de Formação. Acordo de Cooperação Técnica e Financeira celebrado entre FEBRABAN e AP1MC, 2003.

PRONEA - Programa nacional de educação ambiental / Ministério do Meio Ambiente, Diretoria de Educação Ambiental; Ministério da Educação. Coordenação Geral de Educação Ambiental. - 3. ed - Brasília : Ministério do Meio Ambiente, 2005. 102 p.

REBOUCAS, ALDO. Uso inteligente da Água. São Paulo: Escrituras Editora, 2004.p.207.

REVISTA MEIO FILTRANTE. Sustentabilidade e economia com o reuso de água. Ano VII - Edição nº 35 - dezembro de 2008. Disponível em: <http://www.meiofiltrante.com.br/materias_ver.asp?action=detalhe&id=430&revista=n35. Acesso em: 22/02/2011.

RIGHETTO, ANTÔNIO MAROZZI (COORDENADOR). Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009 396p.

RICHTER, CARLOS A, AZEVEDO NETTO, JOSÉ M. DE. Tratamento de água. Tecnologia atualizad**a**. 9ª reimpressão. São Paulo: Edgard Blucherltda, 1991.

RICHTER, CARLOS A. Água - **Métodos e Tecnologia de Tratamento**. 1ª ed. São Paulo: Blucher,2009.340p.

ROSA, R. G. **Aproveitamento de águas pluviais para consumo potável – estudo de caso: área urbana- UFPA e área rural – ilha Grande**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Instituto de Tecnologia. UFPA. Belém, 2011.

ROZEMBERG B. **O saber local e os dilemas relacionados à validação e aplicabilidade do conhecimento científico em áreas rurais**. Cad. Saúde Pública. 2007 Abril; 23(1): 97-105. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csp/v23s1/11.pdf>. Acesso em 01/09/2012.

SANTOS, IRANI DOS ET AL. **Hidrometria Aplicada**. Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento. Curitiba, 2001.

SDS, I Exposição Ambiental da Amazônia – **Educar, para Preservar com Cidadania**. Governo do Amazonas - Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2007. Disponível em: <http://www.sds.am.gov.br/index.php> Acesso em: junho 2011.

SHINKLOMANOV. I. A. 1998. **World Water Resources.A new appraisal and assessment for the 21st century**.UNESCO. Paris. FR. 40 p.

SILVEIRA ET AL, 2006. **Projeto avaliação dos Impactos Ambientais e Qualidade da Água na Área Insular do Município de Belém-Pará**. Disponível em: http://www.ufpa.br/projetomegam/anais/Grupo05.pdf. Acesso em: 20/10/2011.

SILVEIRA, A. L. **Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: Hidrologia ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS:ABRH, 2001. p.35.

SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia. **Zoneamento Climático: Zoneamento Ecológico Econômico do Pará** (ZEE-PA - 2009).

SOUZA, C.M. N. **Sistema de captação de água de chuva para atendimento à populações tradicionais em Ilhas de Belém: Avaliação de impactos decorrentes**. Belém, 2012 (Relatório Técnico Final, Processo: 576901/2088-3).

TEXAS GUIDE TO RAINWATER HARVESTING. 1997. Disponível em:<http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainHarv.pdf>. Acesso: 13/05/2011.

TOMAZ, PLÍNIO. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. 2º Edição. São Paulo: Editora Navegar, 2003.

TOMAZ, PLÍNIO. Capitulo 2 - **Qualidade da Água da Chuva** In: Curso: Água de Chuva - Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para Fins não Potáveis - Requisitos - ABNT NBR 15527:2007. ABNT - Associação de Normas Técnicas, São Paulo, 2008.1 CD-ROM.

TOMAZ, PLÍNIO. **Aproveitamento de Água de Chuva Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. São Paulo. 2009.278p.

TSUTIYA, MILTON TOMOYUKI. **Abastecimento de Água**. 3ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. XIII - 643 p.

TUCCI, C. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2001.

TUCCI, C., BERTONI, J. ORGANIZADORES. **Inundações Urbanas na América do Sul**. ABRH, Porto Alegre, 2003.

TUCCI, CARLOS E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas. Saneamento para todos**. 4º volume. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

TUNDISI, JOSÉ & MATSUMURA TUNDISI, TAKAKO. **Recursos Hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina do Texto, p.328, 2011.

WILKEN, P.S. Engenharia de Drenagem Superficial. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental** (CETESB), São Paulo. 1978, 478 p.

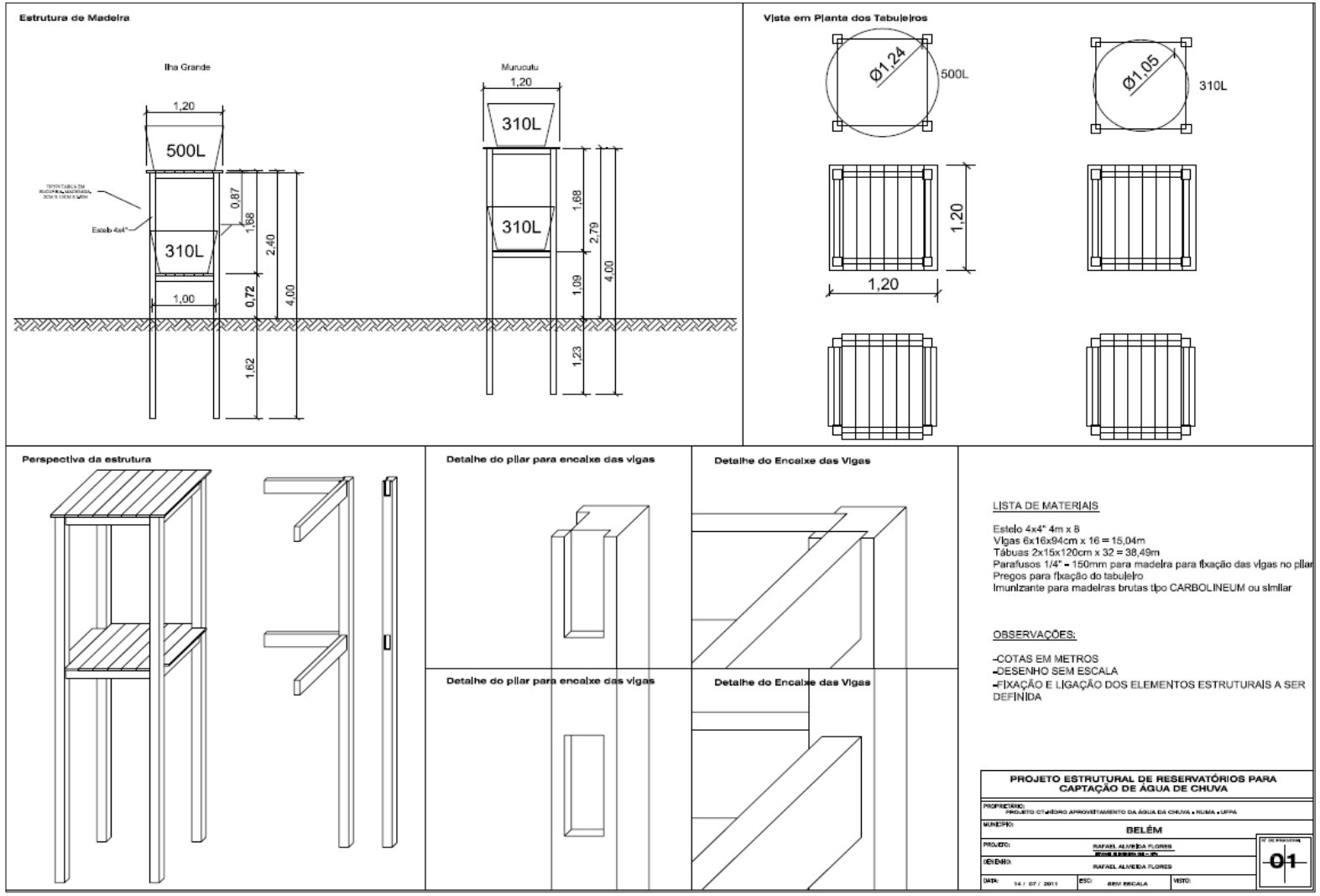
VELOSO, NIRCELE DA SILVA LEAL. **Água da chuva e desenvolvimento local: o caso do abastecimento das ilhas de Belém**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Instituto de Tecnologia. UFPA. Belém, 2012.

VISHWANATH S. **Casas estufas sustentáveis através da captação de água da chuva experiência chinesa e indiana**. 5º Simpósio Brasileiro de Capitação e Manejo de Água de Chuva. Teresina, PI,2005.

VON SPERLING, M.**Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. DESA - UFMG. 3ª ed. 456 p. 2005.

ZERBINATTI, EVERTON. **Qualidade da água proveniente da chuva coletada em diferentes tipos de telhados**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 019-037, jul ./set . 2011

Anexo 1 - Planta da estrutura em madeira



Anexo 2 - Custo com manutenção do sistema de aproveitamento de água de chuva

O quadro 1 apresenta o custo da limpeza simples dos componentes do SAAC.

Produto	Qtd	Valor un.	Total
Desinfetante	2	R$ 1,65	R$ 3,30
Escova	1	R$ 2,36	R$ 2,36
Esponja	1	R$ 2,23	R$ 2,23
		Total	**R$ 7,89**

OBS: No primeiro mês gasta-se R$ 7,89, a escova deve ser guardada, a fim de ser utilizada somente na limpeza do sistema. A partir daí o custo vai ser gerado somente com esponja e desinfetante.

No quadro 2 está apresentado a descrição do custo com limpeza do telhado das ilhas que deve ser realizada anualmente (produtos de limpeza e mão de obra).

Ilha Grande				**Ilha Murutucu**			
Produto	**Qtd**	**Valor un.**	**Total**	**Produto**	**Qtd**	**Valor un.**	**Total**
Desinfetante	3	R$ 1,65	R$ 4,95	Desinfetante	3	R$ 1,65	R$ 4,95
Escova	2	R$ 2,36	R$ 4,72	Escova	2	R$ 2,36	R$ 4,72
Mão de obra	1	R$ 90,00	R$ 90,00	Mão de obra	1	R$ 60,00	R$ 60,00
		Total	**R$ 99,67**			**Total**	**R$ 69,67**