



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EXTENSÃO RURAL -
PGE_xR**

JOSELITO MENEZES DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO,
ARMAZENAMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA
CONSUMO HUMANO**

JUAZEIRO

2018

JOSELITO MENEZES DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO,
ARMAZENAMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA
CONSUMO HUMANO**

**LINHA DE PESQUISA: PROCESSOS DE INOVAÇÃO SÓCIO-TECNOLÓGICAS E
AÇÃO EXTENSIONISTA**

Dissertação apresentada a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, *campus* Juazeiro, como requisito para obtenção do título de Mestre em Extensão Rural.

Orientador: Prof. Dr. Wagner Pereira Felix
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Lúcia Marisy Sousa Ribeiro de Oliveira

JUAZEIRO

2018

Souza, Joselito M. de.

S719d Desenvolvimento de sistema de captação, armazenamento e tratamento de água de chuva para consumo humano / Joselito Menezes de Souza. -- Juazeiro, 2018.

xiii, 71 f.: il.; 29 cm.

Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, Juazeiro-BA, 2018.

Orientador (a): Prof. Dr. Wagner Pereira Felix.

Banca Examinadora: Prof. Dr. Luis Fernando Souza Magno Campeche, Prof. Dr. Sérgio Oliveira Pinto de Queiroz.

Referências.

1. Captação de água de chuva. 2. Sistema de captação. 3. Consumo humano. I. Título. II. Felix, Wagner Pereira. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 553.7

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM EXTENSÃO RURAL - PGExR

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOSELITO MENEZES DE SOUZA

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO,
ARMAZENAMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA
CONSUMO HUMANO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Juazeiro, como requisito para obtenção do título de Mestre em Extensão Rural.

Aprovada em: 17 de 07 de 2018.

Banca Examinadora


Prof. Dr. Wagner Pereira Félix - Univasf


Prof.. Dr.. Luís Fernando de Souza Magno Campeche - Instituto Federal - PE


Prof. Dr. Sérgio Oliveira Pinto de Queiroz - Uneb

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Margareth e aos meus filhos, Felipe e Gabriel, pelo companheirismo e compreensão nos momentos difíceis.

Aos meus orientadores o Prof. Dr. Wagner Pereira Felix e a Prof^ª. Dr^ª. Lúcia Marisy Sousa Ribeiro de Oliveira pelos valiosos ensinamentos.

Aos professores do mestrado em Extensão Rural pela dedicação.

À Prof^ª. Sylvia Paes do Colegiado de Engenharia Civil da Univasf.

Aos meus colegas do mestrado em Extensão Rural pelo apoio.

Ao meu colega Tiago Cavalcante Crateu pela contribuição na elaboração do modelo tridimensional e desenhos.

Ao meus colegas da Codevasf, Rodrigo Vieira, Márcia Almeida e Leny Nascimento, pelo incentivo.

À pesquisadora da Embrapa Ronessa Bartolomeu de Souza pelas contribuições ao trabalho.

Aos Senhores Dirceu Pigatto, Mário Duarte e Ricardo Figueiredo pelas valiosas informações que muito contribuíram com o trabalho.

A 6^ª Superintendência Regional da Codevasf pelo apoio na instalação das Unidades Demonstrativas.

À Fortlev Indústria e Comércio de Plásticos LTDA. pela doação de reservatórios, acessórios e instalação de Unidades Demonstrativas.

À BR Cloro Soluções Ambientais pela doação de dosadores de cloro.

À Harvesting do Brasil LTDA pela doação de separadores e extravasores.

À Associação de Empregados da Codevasf pelo apoio na instalação da Unidade Demonstrativa.

RESUMO

Sistemas de captação de água de chuva são utilizados há décadas, por famílias residentes em comunidades rurais, principalmente na região semiárida do país, para o consumo humano. Esse trabalho tem como objetivo apresentar um sistema de captação, armazenamento e tratamento de água de chuva, projetado com o propósito de atender a legislação que trata do padrão de potabilidade bem como as normas técnicas referentes às instalações de captação de águas pluviais em edificações. Diversos programas e projetos promovem o uso de água de chuva para consumo humano, mas carecem de padronização dos sistemas propostos, considerando o uso da água para consumo humano, razão pela qual se faz necessário criar normas técnicas específicas pra essa finalidade. O sistema proposto no presente trabalho foi projetado para atender a necessidade da população rural quanto ao consumo de água potável, observando-se as normas técnicas vigentes. A fim de facilitar a difusão da tecnologia foram instaladas Unidades Demonstrativas e elaborados desenhos técnicos e modelo tridimensional do sistema, para servir de referência aos programas e projetos que promovem a captação de águas pluviais executados por órgãos de governo e organizações não governamentais. Diante disso constatou-se a necessidade de se padronizar sistemas de captação de água de chuva para fins de consumo humano, por meio de normas específicas e incentivar o uso dessa tecnologia na zona rural, considerando a escassez de recursos hídricos e as limitações das soluções convencionais de abastecimento nas áreas rurais.

Palavras-chave: água de chuva, captação, abastecimento de água, consumo humano.

ABSTRACT

Rainwater harvesting systems have been used for decades by families living in rural communities, mainly in the semi-arid region of the country, for human consumption. The objective of this work is to present a rainwater capture, storage and treatment system designed to comply with the legislation that deals with the potability standard as well as the technical norms regarding rainwater harvesting facilities in buildings. Several programs and projects promote the use of rainwater for human consumption, but lack the standardization of the proposed systems, considering the use of water for human consumption, which is why it is necessary to create specific technical standards for this purpose. The system proposed in this study was designed to meet the rural population's need for drinking water consumption, observing the current technical standards. In order to facilitate the diffusion of the technology, Demonstration Units were installed and elaborated technical drawings and three-dimensional model of the system, to serve as reference to the programs and projects that promote the abstraction of rainwater run by governmental and non-governmental organizations. Therefore, it was necessary to standardize rainwater harvesting systems for human consumption through specific standards and to encourage the use of this technology in rural areas, considering the scarcity of water resources and the limitations of conventional supply solutions in rural areas.

Key-words: rainwater, harvesting rainwater, water supply, human consumption.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Modelos de desvio das primeiras águas de chuva	20
Figura 2 - Tipos de cisterna mais utilizados	21
Figura 3 - Fotos aéreas das Unidades Demonstrativas	37
Figura 4 - Aspecto geral do Sistema de Captação de Água de Chuva	40
Figura 5 – Ilustração Geral do Sistema de Captação de Água de Chuva	41
Figura 6 - Separador de folhas	42
Figura 7 - Desvio da primeira água	44
Figura 8 - Dispositivo para extravasamento	45
Figura 9 - Redutor de turbulência	47
Figura 10 - Reservatório de PEAD	48
Figura 11 - Filtro de discos de 5 micra	49
Figura 12 - Tampa com tela de proteção	52
Figura 13 - Conjunto de sucção com flutuante	53
Figura 14 - Dispositivo de desinfecção	54
Figura 15 - Cavalete de tratamento de água	55
Figura 16 - Bomba manual	56
Figura 17 - Conjunto motobomba	57
Figura 18 - Reservatório superior	58
Figura 19 - Conjunto purificador	58

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1 - Quantitativo de cisternas instaladas pela Codevasf e população beneficiada no período de 2012 a 2017	19
Quadro 2 - Frequência de manutenção	29
Quadro 3 - Parâmetros de qualidade de água pluviais	32
Quadro 4 - Comparativo entre filtro de discos e de mídia mista	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASA - Articulação Semiárido Brasileiro

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (Portugal)

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ASSEMCO - Associação de Empregados da Codevasf

BSM - Plano Brasil sem Miséria

CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba

CONSEA - Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPA – *United States Environmental Protection Agency*

ETA - Especificação Técnica Anqip (Portugal)

FINEP - Empresa Brasileira de Inovação e Pesquisa

FUNASA - Fundação Nacional da Saúde

IF-PE - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano - Campus Petrolina Zona Rural

IRPAA - Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada

LABMET - Laboratório de Meteorologia

MS - Ministério da Saúde

NBR - Norma Brasileira

NMP Número mais provável

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento

PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

POU - *Point of use*

PVC - Policloreto de vinila

P1MC - Programa Um Milhão de Cisternas

SAAP - Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais

S.D. - Sólidos Dissolvidos Totais

SI - Sistema Internacional

SISAGUA - Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SR - Superintendência Regional

S.S. - Sólidos Suspensos Totais

S.T. - Sólidos Totais

SUS - Sistema Único de Saúde

UEPB - Universidade Estadual da Paraíba

UFMG - Universidade Federal de Campina Grande

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco UFPE

UFES - Universidade Federal de Santa Maria

UNEB - Universidade do Estado da Bahia

UNIVASF - Universidade Federal do Vale do São Francisco

UNT - Unidade de Turbidez

USEPA - *United States Environmental Protection Agency*

UV - Ultravioleta

WHO - *World Health Organization* (Organização Mundial da Saúde)

LISTA DE SÍMBOLOS

C - Coeficiente de Escoamento Superficial ou "Runoff"

pH - Potencial hidrogeniônico

uH - Unidade Hazen

uC - Unidade de Cor

μm - micrômetro

μS - microSiemens

$\mu\text{S.cm}^{-1}$ - microsiemens por centímetro -

S - Siemens

L.min^{-1} - Litro por minuto

mm.h^{-1} - milímetro por hora

m.m^{-1} - metro por metro

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 PROGRAMAS INSTITUCIONAIS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA	17
2.1.1 Programa Um Milhão de Cisternas	17
2.1.2 Programa Água para Todos	18
2.1.3 Projeto Cisternas	19
2.2 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL A ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO HUMANO	21
2.3. NORMALIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	22
2.4. COMPONENTES BÁSICOS DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA	23
2.4.1 Fatores Meteorológicos	23
2.4.2 Coberturas	24
2.4.3 Calhas	24
2.4.4 Dispositivo para Remoção de Detritos	25
2.4.5 Descarte da Água de Escoamento Inicial	25
2.4.6 Condutores	26
2.4.7 Reservatórios	26
2.4.8 Bombeamento	28
2.4.9 Manutenção	29
2.5 ASPECTOS SOBRE A ÁGUA DE CHUVA	29
2.5.1 Parâmetros de Qualidade de Água	30
2.6 DESINFECÇÃO DA ÁGUA	33
3 JUSTIFICATIVA	34
4. OBJETIVOS	35
4.1 GERAL	35
4.2 ESPECÍFICOS	35

5 MATERIAL E MÉTODOS	36
5.1 UNIDADES DEMONSTRATIVAS	38
5.2 DESENHOS TÉCNICOS	39
5.3 MODELO TRIDIMENSIONAL	39
5.4 LISTA DE MATERIAIS	39
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6.1 COMPONENTES DO SISTEMA	41
6.1.1 Separador de folhas e detritos	41
6.1.2 Dispositivo para desvio da primeira água	43
6.1.3 Dispositivo para extravasamento	45
6.1.4 Redutor de turbulência	46
6.1.5 Reservatório	47
6.1.6 Filtro de sedimentos de finos	48
6.1.7 Tampa com tela de proteção	52
6.1.8 Conjunto de sucção com flutuante	52
6.1.9 Dispositivo de desinfecção	53
6.1.10 Bombeamento	56
6.1.11. Reservatório superior	57
6.1.12. Conjunto purificador	58
7 CONCLUSÃO	59
8 PERSPECTIVAS FUTURAS	60
REFERÊNCIAS	61
GLOSSÁRIO	64
APÊNDICE A - Lista de materias hidráulicos.....	66
APÊNDICE B - Lista de materias elétricos.....	67
APÊNDICE C - Planta Geral do Sistema de Captação e Tratamento	68
APÊNDICE D - Perspectiva do Modelo Tridimensional	69
APÊNDICE E - Fluxograma do Tratamento de água de chuva para consumo humano	70

1 INTRODUÇÃO

Sistemas de captação de água de chuva são utilizados no Brasil, há décadas, por famílias residentes em comunidades difusas localizadas na zona rural do país, como soluções alternativas aos sistemas de abastecimento convencionais, principalmente na região semiárida.

Implementada por instituições públicas e organizações não governamentais, a captação de água de chuva para consumo humano, nas últimas duas décadas, consolidou-se como solução alternativa de abastecimento, em várias regiões do país, considerando a baixa densidade demográfica das populações rurais, o reduzido acesso aos sistemas convencionais de abastecimento e o alto custo de investimento do tratamento das águas de mananciais subterrâneos, quando estas apresentam altos índices de salinidade (Brasil, 2015, Küster *et al*, 2006).

Dados do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab, 2014) mostram que mais de 30% dos domicílios localizados nas áreas rurais do país não possuem soluções adequadas de abastecimento, sendo este indicador ainda mais marcante na região Nordeste.

A água contaminada pode ser um veículo de propagação de uma série de doenças, razão pela qual se justifica a necessidade de se aprimorar soluções descentralizadas de tratamento de água que funcionem de maneira prática, econômica e sustentável, possibilitando a adequação da água para o consumo humano nos locais sem acesso aos sistemas convencionais de abastecimento (SAUNDERS; WARFORD, 1983).

Dessa forma, a captação de água de chuva para consumo humano não pode ser tratada como uma solução de abastecimento de menor importância para atender as necessidades de consumo de famílias residentes em comunidades difusas, haja vista a grande dimensão territorial do país, diversidade de climas e biomas e, sobretudo, a escassez de recursos hídricos em quantidade e qualidade suficientes para satisfazer as necessidades de consumo humano, principalmente na zona rural (Brasil, 2015).

Considerando que o uso primordial das águas pluviais armazenadas em reservatórios é para ingestão e preparo de alimentos, razão pela qual deve ser garantido o seu padrão de potabilidade a fim de evitar disseminação de doenças de veiculação hídrica e parasitoses, os sistemas de captação de água chuva para

consumo humano devem ser projetados de acordo com normas técnicas e legislação vigentes, à luz de critérios de segurança hídrica e alimentar, contemplando o uso de tecnologias sociais, de baixo custo, eficientes e de fácil operação a fim de contribuir com a melhoria das condições das populações rurais, visto que o acesso à água potável é um dos principais fatores de promoção da qualidade de vida e saúde (Brasil, 2015).

O Ministério da Saúde é o responsável por estabelecer os padrões de qualidade da água, cuja regulamentação está contida no Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5/2017, que dispõe sobre o padrão de potabilidade e os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano (Brasil, 2017).

Apesar de serem utilizados há décadas, somente em 2007 houve uma preocupação com a normalização dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, através da publicação da norma ABNT: NBR 15.527, intitulada “Água de chuva - Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para fins não Potáveis – Requisitos”. Talvez, por ser a primeira especificação técnica, tal norma não considerou a importância da captação de água de chuva para consumo humano nas áreas rurais do país. Apesar dessa limitação, a referida norma brasileira foi considerada para o presente trabalho haja vista a relevância das recomendações nelas contidas.

Em que pese a evolução dos sistemas captação de águas pluvias instalados por meio dos programas de governo e das organizações não governamentais, constata-se que os sistemas, até então instalados, não atendem plenamente às disposições contidas na legislação e normas técnicas vigentes.

De acordo com o Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde - Funasa (Brasil, 2015), o abastecimento de água, primeira ação sanitária e social de um programa de saneamento, constitui o ponto central de um conjunto de ações para promover a saúde pública, visto que resulta no aumento de vida média da população atendida, na redução da mortalidade, especialmente a infantil, e diminuição do número de horas improdutivas ocasionadas por doenças.

Dessa forma, sistemas de aproveitamento de água de chuva para consumo humano são considerados sistemas descentralizados e alternativos de suprimento, em áreas rurais e em áreas periféricas dos centros urbanos, com população dispersa, a fim de garantir, pelo menos, a água para ingestão e preparo de

alimentos. Sendo assim, justificam-se investimentos em pesquisa, desenvolvimento e difusão de tecnologias e produtos simples, sustentáveis, de baixo custo, fácil aplicabilidade e voltadas à realidade sócio econômica dos usuários, garantindo o direito ao acesso a água potável às famílias residentes em comunidades difusas, principalmente na zona rural (Brasil, 2015).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PROGRAMAS INSTITUCIONAIS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

2.1.1 Programa Um Milhão de Cisternas

No início dos anos 2000 a Articulação Semiárido, (ASA, 2018), instituiu o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), a fim de atender uma demanda reprimida no tocante ao acesso a água potável pelas populações rurais, particularmente aquelas que vivem na região semiárida do Brasil. As ações empreendidas pelo P1MC possibilitaram diversos benefícios à população tais como: aumento da frequência escolar, diminuição da incidência de doenças em virtude do consumo de água contaminada e diminuição da sobrecarga de trabalho das mulheres nas atividades domésticas. O Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (Consea) reconheceu o P1MC como elemento de segurança hídrica e alimentar que se tornou política de governo, passando a receber recursos previstos no Orçamento Geral da União.

Após um processo de capacitação junto às comunidades beneficiadas a ASA assessora as famílias para a construção de cisternas de placas de cimento pré-moldadas, com capacidade unitária de 16 mil litros, para a captação de águas pluviais, volume suficiente para atender as necessidades de ingestão e preparo de alimentos de uma família de até seis pessoas, no período de estiagem que pode chegar a até oito meses. Desde o início do programa já foram instalados mais de 615 mil reservatórios. Em todos os sistemas são instalados dispositivos de proteção sanitária tais como: bombas manuais para retirada da água, calhas, tampas, coadores, telas de proteção e cadeados (ASA, 2018; Küster *et al*, 2006).

A metodologia do P1MC consiste na mobilização e na formação das famílias e comunidades rurais, tendo como eixo fundamental da ação do programa a inclusão das famílias em cada etapa do processo, contemplando:

- ✓ Cadastramento e Seleção de Famílias;
- ✓ Capacitação em Gestão de Recursos Hídricos e das Comissões Municipais;
- ✓ Treinamento de Pedreiros para construção de cisternas domiciliares;
- ✓ Construção de cisternas de placas de cimento.

Outro projeto implementado pela ASA é o "Projeto Cisternas nas Escolas" cujo objetivo é a construção de cisternas de placas, com capacidade de 52 mil litros, para armazenamento da água de chuva em escolas localizadas na zona rural da região Semiárida. O projeto é implantado em escolas da região semiárida de todos os Estados da região Nordeste que não têm acesso a água, mapeadas pelo Governo Federal. Dados da UNICEF (2009) revelam que, das 37,6 mil escolas da zona rural da região semiárida, aproximadamente 75% não eram abastecidas pela rede pública de abastecimento de água.

2.1.2 Programa Água para Todos

O Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água "Água para Todos", instituído através do Decreto Nº 7.535 de 26 de Julho de 2011, tem o objetivo de garantir o amplo acesso a água para as populações rurais dispersas e em situação de extrema pobreza, mantendo-se em consonância, no que for cabível, com as diretrizes e objetivos do Plano Brasil sem Miséria (BSM), criado pelo Decreto Nº 7.492, de 2 de junho de 2011, associado ao Programa 2069 - Segurança Alimentar e Nutricional do Plano Plurianual 2012-2015.

O "Água para Todos" prioriza o atendimento às famílias que vivem em situação de extrema pobreza, inscritas no Cadastro Social Único (CadÚnico) do Governo Federal. Apesar da sua abrangência nacional, o programa iniciou-se no Semiárido da Região Nordeste e do norte de Minas Gerais, onde se concentra o maior número de famílias que vivem em situação de vulnerabilidade social, para as quais foram destinadas cisternas para captação de águas pluviais, com capacidade de 16 mil litros. Baseando-se no CadÚnico, foi fixada a meta de instalação de 750 mil cisternas, sendo 450.000 cisternas de placas de cimento e 300.000 cisternas de polietileno (Brasil, 2018)

A captação de água de chuva, como solução de abastecimento alternativo às populações rurais, está descrita no Decreto Nº 7.535/2011 que, em seu Art 2º § II, postula que:

Art. 2º: O Programa "ÁGUA PARA TODOS" observará as seguintes diretrizes:

*II - fomento à ampliação da utilização de tecnologias, infraestrutura e **equipamentos de captação e***

armazenamento de águas pluviais (grifo nosso).

A Codevasf, empresa pública vinculada ao Ministério da Integração Nacional, uma das executoras do Programa Água para Todos, no âmbito do Governo Federal iniciou, em 2011, a implementação de diversas tecnologias sociais na área de recursos hídricos, dentre estas destacou-se a instalação de, aproximadamente, 185 mil cisternas de polietileno, em mais de 500 municípios distribuídos nos Estados de Minas Gerais, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Ceará, Piauí e Maranhão, beneficiando uma população de mais de 900 mil pessoas, residentes em comunidades rurais difusas, além de usuários de escolas e postos de saúde conforme detalhado no Quadro 01.

Quadro 01 — Quantitativo de cisternas instaladas pela Codevasf e população beneficiada no período de 2012 a 2017

Estado	Número de Cisternas	População Beneficiada
Minas Gerais	27.485	137.425
Bahia	53.913	269.565
Pernambuco	38.751	193.755
Sergipe	4.170	23.755
Alagoas	25.547	127.735
Piauí	21.887	109.435
Ceará	8.095	40.475
Maranhão	5.370	26.850
TOTAL	185.218	926.090

Fonte: Codevasf (2018)

Diversos dispositivos de proteção sanitária a exemplo de: separadores de folhas e detritos, desvio da primeira água de chuva, redutores de turbulência, conjuntos de sucção com flutante, bombas manuais de diafragma e reservatório em PEAD (Polietileno de Alta Densidade), foram agregados aos sistemas de captação de águas pluviais, a fim de aumentar a eficiência das instalações quanto à melhoria da qualidade da água armazenada para consumo humano (Codevasf, 2018).

2.1.3 Projeto Cisternas

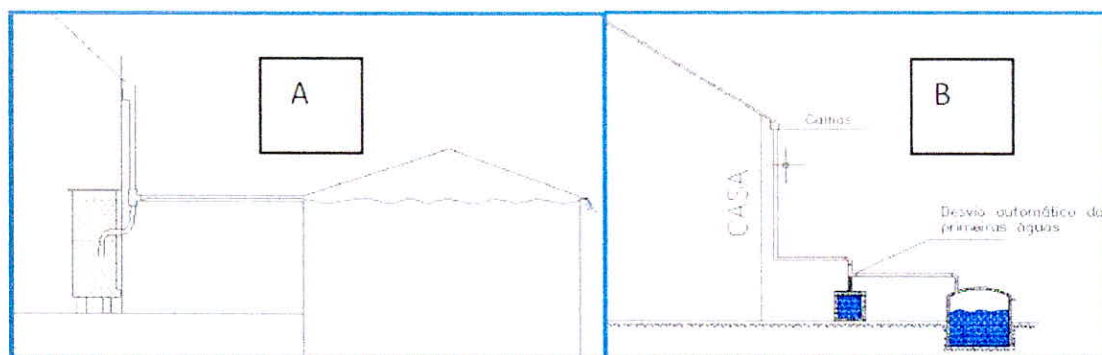
O Projeto Cisternas (2018) foi implementado por diversas Instituições de Ensino Superior e de Pesquisa: UFCG, UEPB, UFPE, Embrapa- Semiárido e

executado com recursos do CNPq e FINEP, com o objetivo de investigar condições adequadas de captação e armazenamento; preservação da qualidade da água destinada ao consumo humano e melhoria das condições de saúde da população, advindas da redução da ocorrência de doenças infecciosas de veiculação hídrica, sem acesso a água potável. Estudou-se o uso de equipamentos simples, com tecnologia apropriada, para pequena escala e de custo acessível, com produção de resultados imediatos nos sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais, em comunidades do semiárido dos Estados da Paraíba e Pernambuco.

Em consulta ao *site* eletrônico do Projeto Cisternas (2018), a baixa eficiência dos métodos de coleta e de armazenamento e a influência de fatores de contaminação foram constatados na área onde foi realizada a pesquisa. Dessa forma o projeto estimulou a aplicação de métodos simples e baratos de desinfecção de água, a construção de instalações piloto e análises das águas armazenadas antes e após a introdução de técnicas de manejo.

Dentre as tecnologias de proteção sanitária sugeridas pelo Projeto Cisternas (2018) destacam-se dois tipos de sistemas de desvio automático das primeiras águas de chuvas. Um deles baseado no princípio de fecho hídrico e o outro, no princípio dos vasos comunicantes, ilustrados na Figura 1.

Figura 1 – Modelos de desvio das primeiras águas de chuva. (A) Princípio dos Vasos Comunicantes; (B) Princípio do Fecho Hídrico.



Fonte: Projeto Cisternas (2018).

O Projeto Cisternas recomenda a importância de esvaziar o desvio depois de cada evento chuvoso e que a água acumulada fosse utilizada para usos menos nobres. Em diversas oportunidades, foi observado que os moradores não tinham a prática de esvaziar o desvio após as primeiras chuvas, frustrando os efeitos sobre a água armazenada no reservatório.

2.2 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL A ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO HUMANO

Compete ao Ministério da Saúde (MS) estabelecer os padrões de potabilidade e ao Sistema Único de Saúde (SUS) a competência pela fiscalização das águas para consumo humano. A Lei Orgânica da Saúde (Lei Nº 8080/1999), em seu § 6º, também traz dispositivos específicos sobre a fiscalização da água para consumo humano. A norma vigente de potabilidade da água para consumo humano está contida no Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de julho de 2017, que revogou a Portaria MS Nº 2.914/2011, a qual dispõe sobre o padrão de potabilidade e os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano (Brasil, 2015)

Conforme o Manual de Saneamento da Funasa (Brasil, 2015) o aproveitamento de água de chuva para consumo humano é considerado um sistema descentralizado e alternativo de suprimento, útil tanto em áreas de grande pluviosidade como em regiões áridas e semiáridas onde se procura acumular a água do período chuvoso com o propósito de garantir, pelo menos, a água para ingestão. O reservatório destinado ao armazenamento das águas pluviais é denominado cisterna, que pode ser constituído por diferentes materiais, tais como: pré-moldados de cimento, PVC, PEAD, fibra de vidro, alvenaria e concreto armado (Figura 2).

Figura 2 - Tipos de cisterna mais utilizados.



Placas de concreto com bomba manual de PVC
(A)



Placas de concreto com bomba manual
(B)



Dispositivo de descarte - Padrão FUNASA
(C)



Cisterna de PEAD
(D)

Fonte: BRASIL (2015)

Uma recomendação expressa no Manual de Saneamento (BRASIL, 2015), corroborada pela ABNT NBR 15.527 (2007) e por Brito *et al* (2007), está relacionada à coleta das primeiras águas de chuva, pois o escoamento inicial dessas águas na área de captação é suficiente para carregar poeiras, fuligens, folhas, galhos, entre outros detritos que se constituem numa possível fonte de contaminação, fazendo-se necessária a instalação de um dispositivo de descarte dessas primeiras águas de modo a minimizar a contaminação da água a ser armazenada.

Para tanto se faz necessário à instalação de um dispositivo de descarte dessas primeiras águas de modo a minimizar a contaminação da água. Para evitar o carreamento de sujidades ao reservatório, deve-se descartar, no mínimo, 1 mm da precipitação inicial da água proveniente da cobertura. (ABNT NBR 15527, 2007; Brasil, 2015).

Ainda, o Manual de Saneamento recomenda o uso do cloro na desinfecção da água, visto que este sanitizante age sobre a maioria dos microrganismos patogênicos presentes na água e não é nocivo ao homem na dosagem recomendada. Para soluções alternativas recomenda-se o uso de cloradores de pastilha, que são aparelhos que regulam com precisão a dosagem do sanitizante.

2.3. NORMALIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

No Brasil a ABNT disponibiliza, através de normas, as especificações técnicas referentes às instalações de captação, armazenamento e manejo de água de chuva que estão contidas na norma ”, ABNT NBR 15.527 (2007), intitulada “Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”. Outras normas relacionadas são as seguintes: ABNT NBR 10.844 (1989); ABNT NBR 12.213 (1992); ABNT NBR 12217 (1994) e ABNT NBR 5626 (1998).

Em Portugal, os Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) são normalizados pelas Especificação Técnica ANQIP (ETA) N^o 0701/2015 que estabelece critérios técnicos para a instalação de SAAP em edifícios, para outros fins que não o consumo humano, bem como pela ETA N^o 0702/2015 que trata das condições para a certificação de SAAP, executados de acordo com a ETA N^o 0701.

De acordo com Martins; Rufino (2016) as normas técnicas brasileiras estão alinhadas com a norma norte americana intitulada *"Rainwater Catchment Design*

and Installation Standard", ressaltando o uso da água da chuva para fins não potáveis e a existência de alguns pontos deficientes entre elas.

2.4. COMPONENTES BÁSICOS DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

2.4.1 Fatores Meteorológicos

Nos estudos do aproveitamento de água de chuva devem constar: o alcance do projeto, a população que utiliza esse recurso hídrico e a determinação da demanda a ser definida pelo projetista do sistema. Incluem-se, na concepção os estudos, as séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será executado o projeto de aproveitamento de águas pluviais.

A norma ABNT NBR 10.844 (1989) estabelece os critérios para determinação da intensidade pluviométrica; para fins de projeto que deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno, com base em dados pluviométricos locais. Segundo as características da área a ser drenada estabelece, ainda, que a duração de precipitação deve ser fixada no tempo de 5 min e, se forem conhecidos, com precisão, valores de tempo de concentração e houver dados de intensidade pluviométrica correspondentes, estes podem ser utilizados. Isto é permitido quanto a outros valores de período de retorno para obras especiais.

O cálculo do volume de água de chuva a ser aproveitado em um determinado período pode ser obtido, segundo a norma portuguesa ETA 0701 (2015), através da expressão:

$$V_a = C.P.A.\eta_f$$

∴

V_a - Volume anual de água da chuva aproveitável (L)

C - Coeficiente de escoamento

P - Altura de precipitação acumulada no período considerado (mm)

A - Área de captação (m²)

η_f - Eficiência hidráulica da filtração

2.4.2 Coberturas

A principal superfície de captação de água de chuva no Brasil são os telhados que podem ser de diversos tipos e materiais tais como: cerâmico, chapa galvanizada, lajes, telhas de concreto e telhas de plástico (Tomaz, 2011).

A norma portuguesa ETA 0701 (2015), ressalta que o projetista não deve considerar superfícies de captação que estejam em contato periódico com fontes poluidoras.

Consoante a ABNT NBR 10.844 (1989), a área de contribuição da cobertura é calculada pela fórmula:

$$A_c = \left(\frac{a + h}{2} \right) b$$

∴

A_c - área de contribuição (m²)

a - largura da água (plano do telhado) (m)

b - comprimento do telhado (m)

h - altura do telhado (m)

2.4.3 Calhas

Em 1989 a ABNT publicou a NBR 10844, que trata dos critérios e dimensionamento das calhas de um sistema de captação de água de chuva, observando o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica da localidade. As calhas devem ser feitas de chapas de aço galvanizado, folhas de Flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria. (Tomaz, 2011).

A mesma norma recomenda que a vazão de projeto deve ser calculada pela seguinte fórmula:

$$Q = \frac{I}{A} 60$$

∴

Q - vazão do projeto (L.min⁻¹)

I - intensidade pluviométrica (mm.h⁻¹)

A - área de contribuição (m²)

OBS.: Para construção de até 100m² de área de projeção horizontal, salvo casos especiais, deve-se adotar $I = 150 \text{ mm.h}^{-1}$.

O dimensionamento das calhas, segunda a referida norma, pode ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, indicada a seguir:

$$Q = \frac{K \cdot S \sqrt[3]{R_H^2 \cdot \sqrt{i}}}{n}$$

∴

Q - vazão da calha (l/min);

S - área molhada (m²);

R_H - raio hidráulico = S/P (m);

P - perímetro molhado (m);

i - declividade da calha (m/m);

n - coeficiente de rugosidade;

K - 60000 (coeficiente para transformar a vazão em m³/s para l/min).

2.4.4 Dispositivo para Remoção de Detritos

Superfícies de captação podem conter diversos tipos de contaminantes como: poeiras, folhas, fezes de animais, etc. Dessa forma recomenda-se a instalação de dispositivos para remoção de detritos, a exemplo de grades e telas a fim de evitar carreamento dos contaminantes para o reservatório. Os melhores telhados quanto ao aspecto bacteriológico são, pela ordem: metálicos, plásticos e telhas cerâmicas (TOMAZ, 2011; ABNT NBR1527 (2007)).

A norma portuguesa ETA 0701 (2015) preconiza que, em filtros com manutenção e limpeza regulares, pode ser admitida uma eficiência hidráulica (η_f) de 0,9, exceto quando as suas especificações recomendem a adoção de outro valor e que devem ser instalados a montante dos reservatórios, para os quais se recomenda uma malha com orifícios compreendidos na faixa de 0,2 mm a 0,8 mm.

2.4.5 Descarte da Água de Escoamento Inicial

As normas técnicas brasileira e portuguesa determinam a instalação de dispositivo para desvio do escoamento inicial das primeiras chuvas, preferencialmente de funcionamento automático, que deve ser dimensionado pelo projetista. O volume de armazenamento do dispositivo pode ser determinado com base na área da cobertura e na altura de precipitação pré-estabelecida, que pode variar de 0,4 a 8 mm, conforme as condições locais, intensidade da contaminação da água, os usos e os intervalos entre precipitações. Na ausência de dados ou de

estudos das condições locais, e para usos não potáveis, recomenda-se que seja feito o desvio de um volume mínimo correspondente a 2 mm de precipitação inicial, podendo adotar-se um valor inferior em casos justificados (ABNT NBR1527,2007; ETA 0701, 2015; TOMAZ, 2007; TOMAZ, 2011).

O volume do escoamento inicial das primeiras chuvas a desviar será dado pela expressão:

$$V_d = P.A$$

∴

V_d - Volume a desviar do sistema (L)

A - Área de captação (m²)

P - Altura de precipitação (mm) a desviar

Quando se optar pelo critério de tempo, deve ser desviado, após estiagens prolongadas, um volume mínimo correspondente aos primeiros 10 min de precipitação, podendo adotar-se valores mais baixos em função do intervalo entre precipitações (ETA 0701, 2015).

2.4.6 Condutores

Os condutores verticais e horizontais podem ser fabricados de diversos materiais como PVC rígido, aço galvanizado, chapas de aço galvanizado, folhas de Flandres, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro, ressalvando que o diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é 70 mm e que os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%. A ligação entre os condutores verticais e horizontais é sempre feita por curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia, estando o condutor horizontal aparente ou enterrado (ABNT NBR 10.844,1989; TOMAZ, 2011; VIANNA, 2013).

2.4.7 Reservatórios

A ABNT NBR 12.217 (1994) e ETA 0701 (2015) contém recomendações para reservatórios de um sistema de captação de água de chuva, cujo dimensionamento deve ser feito com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia e considerando os

seguintes componentes: extravasor, dispositivo de esgotamento (por gravidade ou por bombeamento), cobertura, inspeção, ventilação e segurança. A instalação das cisternas em fibra de vidro, PEAD ou outros materiais plásticos devem respeitar as instruções de instalação do fabricante de modo a evitar deformações estruturais.

Conforme a ABNT NBR 15.527 (2007) e a norma ETA 0701 (2015) deve ser instalado um dispositivo redutor de turbulência a fim de reduzir a velocidade de entrada da água na cisterna, a qual deve ser preferencialmente ascendente para dificultar a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes. A retirada de água do reservatório deve ser feita por uma tomada de água flutuante, próxima à superfície, preferencialmente entre 10 e 15 cm abaixo do nível de água na cisterna, para não permitir a aspiração de resíduos flutuantes ou depositados no fundo.

Outra recomendação importante trata da proteção da água de chuva reservada contra a incidência direta da luz solar e do calor. As aberturas de ventilação e extravasão devem ser dotadas de estruturas e telas que impeçam a entrada de animais e mosquitos (ABNT NBR 15.527, 2007; ETA 0701, 2015).

Segundo Tomaz (2007), o volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela seguinte equação:

$$V = P \cdot A \cdot C \cdot \eta$$

∴

V - volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável (L);

P - precipitação média anual, mensal ou diária (mm);

A - área de captação (m²);

C - coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

η - fator de captação.

No Anexo A da Norma ABNT 15.527 (2007) são recomendados os seguintes métodos para dimensionamento do volume do reservatório:

- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| ✓ Método de Rippl | ✓ Método prático alemão |
| ✓ Método da simulação | ✓ Método prático inglês |
| ✓ Método Azevedo Neto | ✓ Método prático australiano |

Para os efeitos desse trabalho utilizou-se o método "Azevedo Neto", no qual o dimensionamento do reservatório é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042.P.A.T$$

∴

P - valor numérico da precipitação média anual (mm);

A - valor numérico da área de coleta em projeção, expresso (m²);

T - valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

V - volume de água do reservatório (L).

A norma portuguesa ETA 701 (2015) resalta a importância quanto a prevenção da flutuação do reservatório quando este se encontra vazio. Outro aspecto a ser considerado, na mesma norma, em regiões e nas épocas com libertação significativa de pólen, trata da instalação de dispositivos que permitam transbordamentos regulares e o arraste de partículas flutuantes que se formam nestas situações.

2.4.8 Bombeamento

Os critérios a serem atendidos para o bombeamento estão descritos na ABNT NBR 12.214 (1992), observando-se as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motobomba.

Segundo a ABNT NBR 15.527 (2007) pode ser instalado, junto à bomba centrífuga, dosador automático de derivado clorado, na tubulação de recalque, para que haja tempo de contato mínimo de 30 min no reservatório intermediário.

Ainda na mesma norma, na seleção do conjunto motobomba devem-se considerar os seguintes fatores: faixa de operação, curvas características do sistema e das bombas, vazão, níveis de água e características das tubulações, entre outros.

A diferença entre as alturas representativas das pressões na saída e entrada da bomba, denominada altura manométrica total, é calculada pelo somatório, em metro, das parcelas correspondentes às alturas geométricas de sucção e de recalque com as respectivas perdas de carga ao longo dessas tubulações:

$$H = H_s + H_r + h_s + h_r$$

∴

H - altura manométrica total; h_s - perda de carga na sucção;
 H_s - altura geométrica de sucção; h_r - perda de carga no recalque.
 H_r - altura geométrica de recalque;

2.4.9 Manutenção

Sistemas de aproveitamento de água de chuva devem ser operados e mantidos de acordo com recomendações técnicas, observando-se os usos da água. No Brasil, a ABNT NBR 15.527 (2007), similarmente a norma portuguesa ETA 701 (2015), considera frequências de manutenção específicas para cada componente do sistema, conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 — Frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal e Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	2 vezes por ano
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: ABNT 15.527 (2007)

2.5 ASPECTOS SOBRE A ÁGUA DE CHUVA

A chuva que cai na superfície terrestre apresenta baixíssimas concentrações de sais dissolvidos, devido ao processo de evaporação. Dos poucos contaminantes presentes nesta categoria de água estão os gases dissolvidos e partículas em suspensão. Seu tamponamento é muito reduzido e a presença de CO₂ atmosférico lhe confere um pH de, aproximadamente, 5,6. Outros gases presentes na atmosfera como o SO₂ e os óxidos de nitrogênio (N_xO_x) também podem dar-lhe característica mais ácida que o CO₂. Todos estes gases são oriundos principalmente de atividades humanas e são liberados, principalmente, pela queima de combustíveis fósseis como o carvão e petróleo.

De acordo com Tomaz (2007), não se recomenda a transformação da água de chuva em água potável em áreas urbanas, exceto se esta passar pelo tratamento adequado a fim de atender à Portaria N^o 518/204 MS (substituída pela Portaria de Consolidação N^o 5/2017 MS). O autor recomenda ainda tratamentos específicos adequados que permitam a remoção de parasitas como *Cryptosporidium parvum* para o qual recomenda o uso de filtros lentos de areia.

2.5.1 Parâmetros de Qualidade de Água

A qualidade de uma água é definida em função do tipo e quantidade de impurezas presentes na mesma. As características qualitativas da água indicam os usos mais apropriados que dela podem ser feitos e podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água. Estes parâmetros são divididos em três classes: físicos, químicos e biológicos.

Os parâmetros físicos estão relacionados com a presença de sólidos e gases na água. Os sólidos são definidos como todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos. De acordo com o tamanho das partículas, os sólidos podem ser classificados em suspensos e dissolvidos. Os sólidos suspensos são constituídos principalmente de matéria orgânica e sedimentos de erosão e compõem a fração das partículas que fica retida após a passagem de uma amostra de volume conhecido por uma membrana filtrante com poro igual a 1,2 µm, enquanto que os sólidos dissolvidos representam a fração da amostra que passa pela mesma membrana de 1,2 µm.

a) Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH indica a condição de acidez ou alcalinidade da água. Tantos valores ácidos (pH < 7,0) e básicos (pH > 7,0) indicam potencial reativo da água e pode levar à deterioração das tubulações e peças em contato com a água. Os sólidos e gases dissolvidos são os principais constituintes que alteram o pH.

b) Cor

Os sólidos dissolvidos são os principais responsáveis por conferir coloração à água. A cor pode ser classificada em aparente e verdadeira. No valor da cor

aparente pode estar presente a parcela causada pela turbidez e quando esta é removida tem-se a cor verdadeira. Para sua determinação, a amostra esta deve estar livre de todos os materiais em suspensão.

A cor de uma amostra de água se deve a absorção de determinados comprimentos de onda da luz visível devido a presença de substâncias dissolvidas.

Diversas substâncias orgânicas naturais podem provocar coloração na água como os ácidos húmicos e fúlvicos, que deixam a água com cor que varia do marrom ao amarelo, respectivamente. Na presença de cátions como Fe^{+2} a intensidade da cor pode variar devido a formação de complexos solúveis, como os humatos férricos. Para que a água seja considerada potável, o valor máximo permitido para cor aparente, segundo a Portaria de Consolidação N^o 5/2017 MS, é de 15 uC (unidade de cor).

c) Turbidez

A turbidez da água é causada pela presença de partículas em suspensão ou materiais coloidais como argilas, terra, areia, plâncton, óxidos, hidróxidos e carbonatos minerais.

A turbidez de uma amostra de água representa o grau de alteração à passagem da luz através da água. Os sólidos suspensos são os principais responsáveis pela turbidez causando difusão e a absorção da luz, sendo mensurada em unidades nefelométricas de turbidez (NTU). O padrão de potabilidade nacional estabelece um valor limite de 5,0 uT, de acordo com a Portaria de Consolidação N^o 5/2017 MS.

As medidas de turbidez são importantes para se avaliar o grau de potabilidade da água, já que pode ser provocada por esgotos sanitários, áreas de erosão, extração de minerais, ineficiência no tratamento de água, presença de óleos e resíduos industriais.

Valores elevados de turbidez podem reduzir a ação do cloro pela proteção que os materiais sólidos em suspensão podem dar aos microrganismos no contato direto com os desinfetantes (BRASIL, 2015).

d) Condutividade

A condutividade elétrica é uma medida da concentração total de sais

dissolvidos presentes na água.

Apesar de não fornecer medidas reais da concentração de um determinado íon presente, ela nos dá uma noção próxima da salinidade total, o que indiretamente sugere a origem e o grau de contaminação da água. Águas salobras apresentam elevada condutividade e não são apropriadas para consumo humano. Águas de baixa condutividade, menor que $200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, indicam que podem ser potáveis por apresentarem concentrações baixas de sais dissolvidos.

Os principais sais que contribuem para a condutividade da água na natureza são os sais de potássio, sódio, cálcio, magnésio na forma de sulfatos, cloretos, carbonatos e bicarbonatos.

Sua unidade no Sistema Internacional (SI) é o Siemens (S) e comumente é expressa como microsiemens por centímetro $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

e) Aspectos biológicos

Os parâmetros biológicos indicam a presença de microorganismos na água e os mais comumente analisados são:

Coliformes Totais: as bactérias do grupo coliforme são utilizadas como organismos indicadores de contaminação. Geralmente não são patogênicas, mas indicam a possibilidade da presença de organismos patogênicos.

Coliformes Termotolerantes: grupo de bactérias originário predominantemente do trato intestinal humano e de outros animais. A principal bactéria do grupo é *Escherichia coli*, abundante nas fezes homens e de animais de sangue quente. Sua presença na água constitui indicação de contaminação por fezes e algumas espécies de *E. coli* são patogênicas.

O Quadro 3 apresenta os padrões de qualidade e a periodicidade das análises de água de chuva armazenada em reservatórios para usos restritivos e não potáveis.

Quadro 3 — Parâmetros de qualidade de água pluviais

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg.L ⁻¹
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b
Cor aparente	Mensal	< 15 uH ^c

^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.

^b uT - unidade de turbidez.

^c uH - unidade Hazen.

1.6 DESINFECÇÃO DA ÁGUA

A água é a principal forma de transmissão de algumas doenças como: gastroenterite, febre tifóide, cólera, salmonelose, criptosporidiose, disenteria amebiana, disenteria bacilar, giardíase, hepatite infecciosa, esquistossomose, entre outras. A desinfecção se faz necessária, pois, segundo Plinio (2011), diversas pesquisas mostram que foram encontrados parâmetros elevados de coliformes fecais, clostrídio e enterecocos na água de chuva armazenada. Diversos métodos de desinfecção podem ser utilizados como: derivado clorado, dióxido de cloro, raios ultravioleta, ozônio entre outros. Assim, justifica-se a instalação de dispositivo automático de desinfecção na tubulação de recalque. a fim de manter o cloro residual livre dentro da faixa de 0,5 a 2,0 mg.L⁻¹. A Organização Mundial de Saúde salienta que concentração de cloro livre de até 5,0 mg.L⁻¹ não possui efeito nocivo a saúde humana (ABNT NBR 15517, 2007; BRASIL, 2015; BRITO *et al*, 2007).

3 JUSTIFICATIVA

Sistemas de captação de água de chuva são utilizados no Brasil há décadas, como soluções alternativas aos sistemas de abastecimento convencionais, principalmente na zona rural da região semiárida. Em que pese a evolução tecnológica dos sistemas captação de águas pluvias, nos últimos anos, por meio de programas de governo, instituições de ensino e pesquisa, bem como Organizações Não Governamentais, constata-se que os sistemas ainda não atendem plenamente as disposições contidas nas Normas ABNT NBR 15527 (2007) e NBR 10844 (1989) combinada ao Anexo XX da Portaria de Consolidação N^o 5/2017 MS. Considerando que o uso primordial para a água armazenada em cisternas é para ingestão e preparo de alimentos, razão pela qual dever ser garantido o seu padrão de potabilidade a fim de evitar disseminação de doenças de veiculação hídrica e parasitoses, justifica-se investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e produtos para captação, armazenamento e tratamento de águas pluviais.

Dessa forma, o sistema de captação e tratamento de água de chuva, proposto no presente trabalho, foi concebido de acordo com as normas técnicas, à luz de critérios de segurança hídrica e alimentar, para atender a legislação sanitária vigente.

Contemplando o uso de tecnologias sociais, de baixo custo, eficientes e de fácil operação, poderá contribuir para a discussão sobre a necessidade de se normalizar sistemas de captação de águas pluviais para consumo humano, em áreas rurais, com vistas a melhoria das condições das populações residentes em localidades desprovidas de soluções convencionais de abastecimento, tendo em vista que o acesso a água potável é um dos principais fatores de promoção da qualidade de vida e saúde.

4. OBJETIVOS

4.1 GERAL

Desenvolver um sistema de captação, armazenamento e tratamento de água de chuva para consumo humano, para uso prioritário em edificações situadas em áreas rurais, consoante critérios dispostos, no que couber, nas normas ABNT NBR 15527 (2007) e NBR 10844 (1989) a fim de cumprir com os parâmetros de qualidade de água contidos na Portaria de Consolidação Nº 5/2017 MS.

4.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Implantar unidades demonstrativas para fins de treinamento, capacitação e experimentação e difusão de tecnologias.
- ✓ Elaborar desenhos técnicos do sistema.
- ✓ Criar modelo tridimensional do sistema.

5 MATERIAL E MÉTODOS

As normas técnicas utilizadas para o presente trabalho foram: ABNT NBR 10.844 (1989), intitulada "Instalações prediais de águas pluviais"; ABNT NBR 12.217 (1994), intitulada "Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público"; ABNT NBR 5626 (1998), intitulada "Instalação predial de água fria"; ABNT NBR 15.527 (2007), intitulada "Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos"; ABNT NBR 15682 (2009) intitulada "Tanque estacionário rotomoldado em polietileno (PE) para acondicionamento de águas - Requisitos e métodos de ensaio"; ABNT NBR 12.213 (1992), intitulada "Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público" e ABNT NBR 15.784 (2014), intitulada "Produtos químicos utilizados no tratamento de água para consumo humano – Efeitos à saúde – Requisitos".

Foram instalados dois sistemas de captação de água de chuva, a saber: um nas dependências da Associação dos Empregados da Codevasf (Assemco), localizada na Avenida Comissão do Vale, s/n - Bairro Piranga, coordenada geográfica 9°26'11,46" S e 40°30'42,21" O, e outro no Espaço Pural da Univasf, na Rodovia BA-210, Km 4, coordenada geográfica 9°26'52,41" S e 40°31'34,06", ambos situados no município de Juazeiro (BA).

As unidades demonstrativas (UD) foram implantadas durante o período compreendido entre os anos de 2014 a 2017, considerando que as citadas instalações serviram como modelos para o aprimoramento das atividades empreendidas pela Codevasf e parceiros no âmbito do Programa Água para Todos.

Foram utilizadas como referência para a concepção dos modelos as normas ABNT vigentes e a experiência acumulada, em campo, na execução do Programa Água para Todos. Além disso, diversas soluções desenvolvidas pelos parceiros do programa, instituições de ensino e pesquisa, foram consideradas nas montagens das instalações. (SOUZA, 2015; SOUZA, 2016). A figura 3 apresenta as UD instaladas.

Figura 3 - Fotos aéreas das Unidades Demonstrativas: (A) Assemco: (B) Univasf



A



B

FONTE: o Autor (2018).

5.1 UNIDADES DEMONSTRATIVAS

As Unidades Demonstrativas foram instaladas com os materiais descritos a seguir:

- a) Coberturas em telhas cerâmicas com superfície de captação de 150 m² para a UD da Assemco/Codevasf e 400 m² para a UD do Espaço Plural/Univasf;
- b) Calhas de beiral confeccionadas em aço galvanizado, para condução das águas de chuva captadas nas superfícies das edificações, conforme NBR 10.844;
- c) Separador de folhas e detritos, com função autolimpante, composto de duas telas aço inox removíveis, da marca RAINHARVESTING[®], modelo Original, conforme subitem 4.2.3 da Norma ABNT 15.527 (2007);
- d) Dispositivo automático para desvio e acumulação das primeiras águas de chuva, em polietileno rotomoldado, com capacidade unitária de 300 L, da marca FORTLEV[®] com plug para escoamento da água residual e torneira com flange de 1/2 polegada, conforme subitens 4.2.4 e 4.2.5 da Norma ABNT 15.527 (2007);
- e) Dispositivo para extravasamento do excedente do volume de água armazenada na cisterna, conforme subitem 4.3.9 da Norma ABNT 15.527 (2007);
- f) Dispositivo redutor de turbulência, conforme subitem 4.3.2 da Norma ABNT 15.527 (2007).
- g) Dispositivo para captação da água armazenada no reservatório, conforme subitem 4.3.2 da Norma ABNT 15.527 (2007).
- h) Filtro de discos com porosidade de 5 micra da marca AZUD[®], modelo Helix a fim de atender o disposto na Portaria de Consolidação N^o 5/2017 MS.
- i) Dispositivo de desinfecção por pastilhas de ácido isotricloroisocianúrico, da marca BRCLORO[®], a fim de atender com eficiência e segurança parâmetros da Norma ABNT 15.527 (2007) e Anexo XX da Portaria de Consolidação N^o 5/2017 MS.
- j) Registros de gaveta para calibração do dispositivo de desinfecção;

- l) Torneira para amostragem do teor de cloro residual;
- m) Tela de proteção do reservatório, conforme subitem 4.2.3 da Norma ABNT 15.527 (2007);
- n) Reservatório para armazenamento da água de chuva tipo cisterna dimensionado conforme métodos previstos na Norma ABNT 15.527 (2007).
- o) Purificador em 2 torres composto por elementos filtrantes de polipropileno de 0,5 micra e outro de carvão ativado.
- n) Tubos e conexões da linha predial água fria, com os tubos de diâmetro de 25 mm e as conexões de mesmo diâmetro ou de 3/4" (quando roscáveis).

5.2 DESENHOS TÉCNICOS

Para a confecção dos desenhos técnicos foi utilizado o software AutoCAD map 3d 2014[®].

5.3 MODELO TRIDIMENSIONAL

Para o desenvolvimento do modelo tridimensional do Sistema de Captação, Armazenamento e Tratamento de Água de Chuva foi usado o software SketchUp 2015 da Trimble[®].

5.4 LISTA DE MATERIAIS

Foi elaborada uma lista de materiais para um sistema de captação e tratamento de água de chuva, considerando os quantitativos de peças e materiais necessários para uma edificação com características semelhantes a UD da Asemco/Codevasf. A quase totalidade dos materiais utilizados nas instalações foram adquiridos em lojas de material de construção, enquanto que outros através de pedidos diretos ao fornecedor.

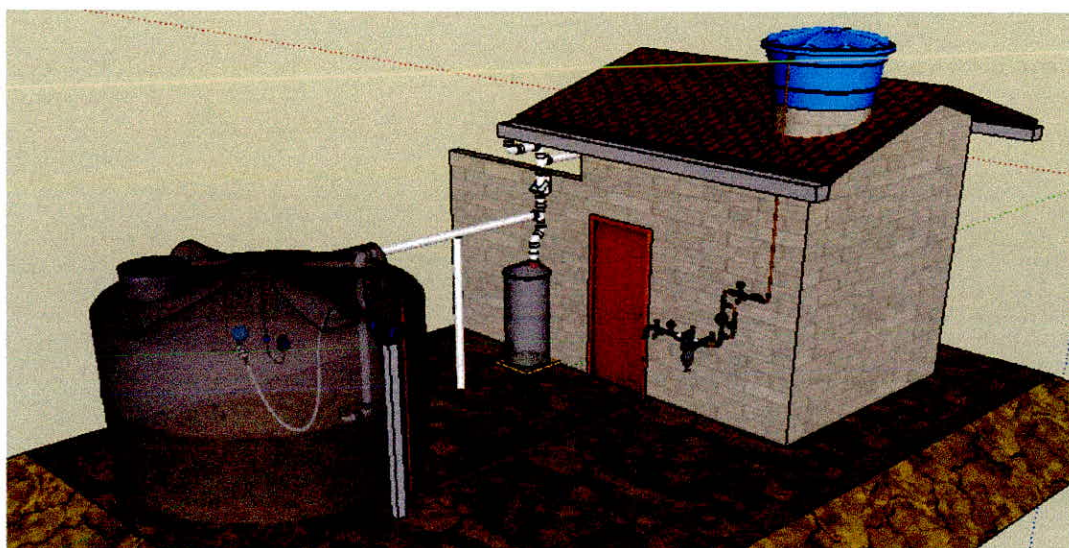
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de captação e tratamento de água de chuva para consumo humano, proposto no presente trabalho, foi concebido para atender as exigências contidas nas normas ABNT NBR 15527 (2007) e NBR 10844 (1989) a fim de cumprir com os parâmetros de qualidade de água contidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5/2017 MS, considerando os seguintes aspectos:

- ✓ Eficiência;
- ✓ Facilidade de operação;
- ✓ Baixo uso de mão de obra na sua manutenção;
- ✓ Inexistência de mão de obra especializada para a montagem e manuseio;
- ✓ Facilidade para eventuais reparos e consertos;
- ✓ Segurança aos operadores e usuários finais.

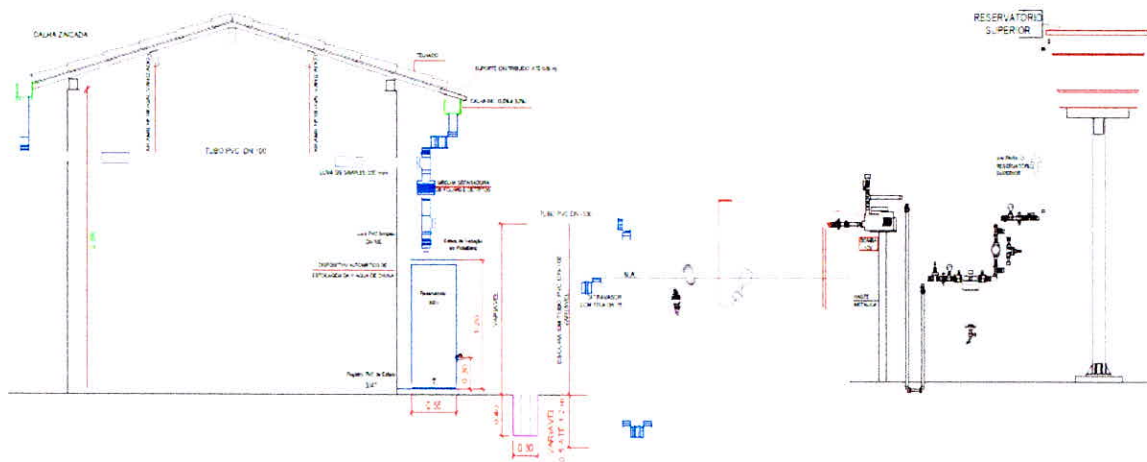
As Unidades Demonstrativas foram executadas conforme roteiro de instalação adotado pelo Programa Água para Todos (SOUZA, 2015), de acordo com Modelo em 3D (Figura 4) e Planta Geral do Sistema de Captação (Figura 5).

Figura 4 - Aspecto geral do Sistema de Captação e Tratamento de Água de Chuva para Consumo Humano.



FONTE: o autor

Figura 5 – Ilustração geral do Sistema de Captação e Tratamento de Água de Chuva para Consumo Humano.



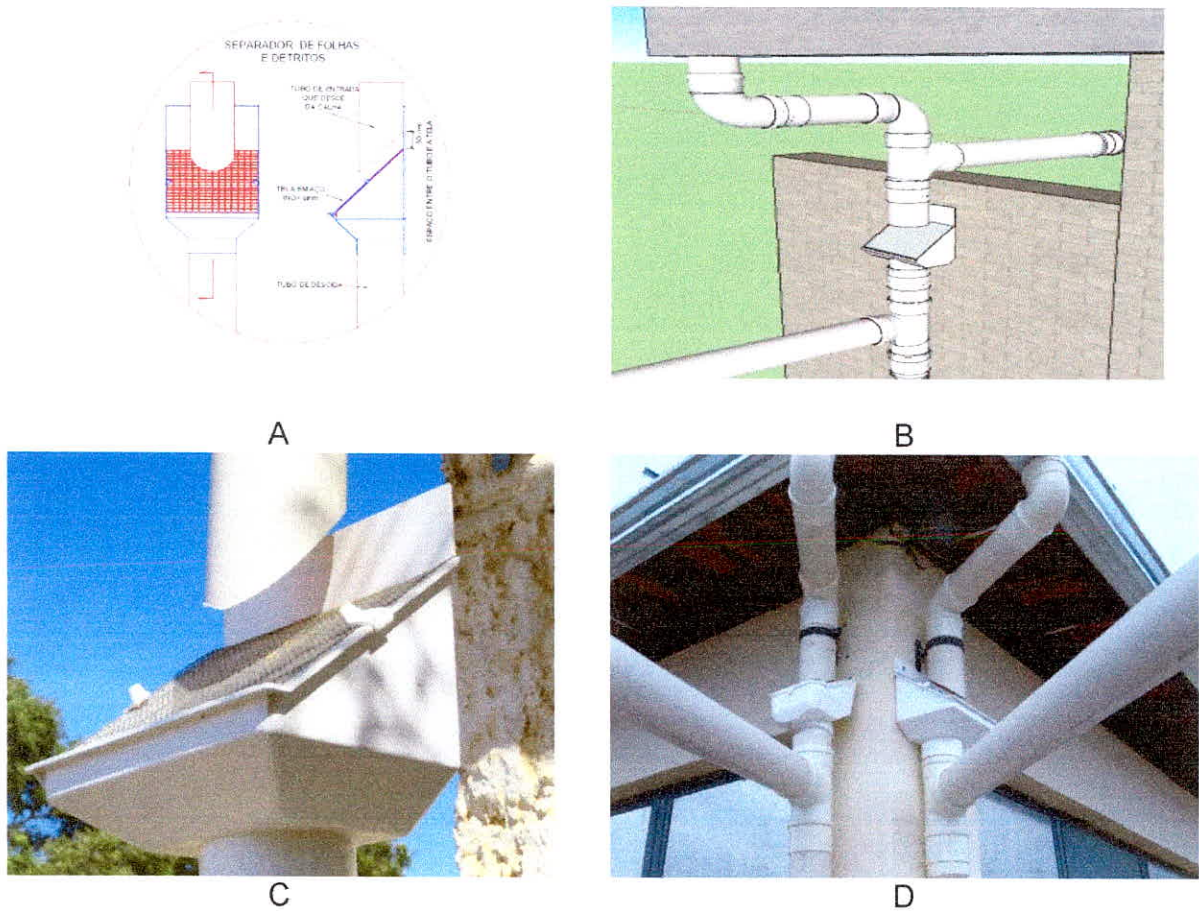
FONTE: o autor.

6.1 COMPONENTES DO SISTEMA

6.1.1 Separador de folhas e detritos

Utilizou-se separador de folhas e detritos, composto de duas telas aço inox removíveis. A primeira tela com abertura de 6×6 mm, com inclinação suficiente para facilitar a remoção de detritos provenientes do telhado, tais como folhas, galhos, gravetos e outros detritos. A remoção dos materiais se dá pelo fluxo da água da chuva que em contato com a primeira tela expulsa detritos nela retidos. A segunda tela possui uma abertura com malha de 1×1 mm para retenção de partículas de menor tamanho e evitar a entrada de insetos, responsáveis pela propagação de diversas doenças (SOUZA, 2016). Estas duas telas devem ser revisadas após a ocorrência de um evento chuvoso para a remoção de sujidades que porventura tenham ficado retidas no dispositivo. Esse dispositivo atende o subitem 4.2.3 da Norma ABNT 15527 (2007). A Figura 6 apresenta o desenho do separador de detritos instalados nos sistemas de captação de águas pluviais.

Figura 6 - Separador de folhas: (A) Vista de frente e lateral, (B) Em perspectiva, (C) UD Assemco/Codevasf, (D) UD Univasf.



FONTE: o autor

A escolha desse dispositivo de proteção sanitária foi devido aos seguintes motivos:

- ✓ função autolimpante, proporcionada pela inclinação da primeira tela;
- ✓ baixo desperdício de água de chuva mesmo em situações de grande vazão;
- ✓ função anti-inseto, proporcionada pela segunda tela; e,
- ✓ facilidade de operação para inspeção e limpeza.

As unidades instaladas com esse dispositivo são as primeiras na região do Nordeste brasileiro o que traz um pioneirismo no método de captação de água de chuva, principalmente na zona rural, no tocante à prevenção de doenças, fácil manutenção, alta eficiência e baixo custo.

6.1.2. Dispositivo para desvio da primeira água

O dispositivo do sistema consiste em um reservatório cilíndrico de polietileno rotomoldado, com capacidade de armazenamento unitário de 300 L, com topo cônico e excêntrico, desenvolvido para o Programa Água para Todos, pela FORTLEV®, e cedidos às U.D. dos sistemas da Assemco/Codevasf e Univasf (TORRES, 2014). Esse dispositivo de proteção sanitária possui um flange com torneira no qual é instalado um tubo de polietileno com emissores para rega de plantas - ou outro uso diverso do consumo humano - a fim de proporcionar a purga do reservatório, em vazões mínimas, evitando-se o acúmulo de água ricas em sujidades e a consequente contaminação da água do reservatório principal. Para o esvaziamento do reservatório foi previsto a instalação de um flange com cap em PVC, posicionado em cota inferior, para escoamento e descarte da água mais suja. Na parte superior do reservatório há um orifício de 75 mm de diâmetro para ligação com a tubulação proveniente do telhado.

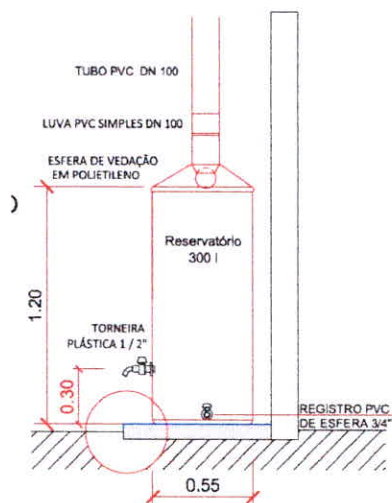
A fim de evitar o refluxo da água contaminada com partículas sobrenadantes e, conseqüentemente, o carregamento de contaminantes à cisterna foi introduzido uma esfera flutuante de material flexível no reservatório para vedá-lo quando esse estiver no seu nível máximo. Dessa forma a esfera flutuante atuará como uma válvula, visto que impedirá a mistura de líquidos. Esse dispositivo permitirá o funcionamento automático do reservatório, facilitando sobremaneira a operação do sistema.

O escoamento da água retida no reservatório deverá ocorrer em um período de até 3 dias após a ocorrência da última chuva, para que este possa receber os primeiros milímetros iniciais das chuvas subseqüentes, cumprindo com sua função de evitar o carreamento de sedimentos advindos da cobertura para a cisterna. Sendo assim, este dispositivo reduz, significativamente, a sujeira carregada pela primeira chuva, principalmente após grandes períodos de estiagem contribuindo para a manutenção da qualidade da água armazenada.

De acordo com os subitens 4.2.4 e 4.2.5 da Norma ABNT 15527 (2007) o dimensionamento dos dispositivos para desvio da primeira água nas Unidades Demonstrativas levou em consideração a superfície de captação das edificações. A UD da Assemco/Codevasf contemplou um tanque enquanto que a UD da Univasf

usou 4 unidades, conforme apresentado na figura 7.

Figura 7 - Desvio da primeira água: (A) Desenho, (B) Em perspectiva, (C) UD Codevasf (D) UD Univasf



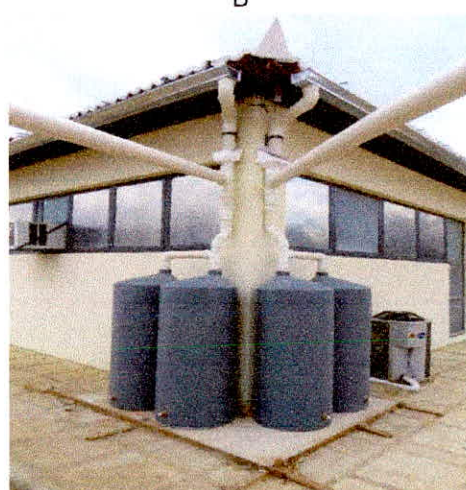
A



B



C



D

FONTE: o autor

A escolha desse dispositivo de proteção sanitária projetado em polietileno se deu pelos motivos elencados a seguir:

- a) Possibilidade de instalar no flange, mangueira gotejadora para que esta permita a drenagem automática do reservatório, proporcionando a renovação da água armazenada entre os eventos chuvosos, evitando-se a permanência desta por mais de 3 dias;
- b) Este dispositivo permite flexibilidade na montagem conforme a área, o grau de sujidades e o uso final da água pluvial conforme apresentado na

figura 7 (D);

- c) O desenho do dispositivo permite a inserção de uma esfera que evita o carreamento de sujidades de baixa densidade adentrem na cisterna;
- d) Facilidade de operação para escoamento da água estagnada por meio de plug próximo a sua base;
- e) Alta eficiência no desvio das primeiras águas pluviais comparado aos dispositivos de operação manual, bem como outros automáticos que dependem de intervenção humana para o escoamento da água, após um evento chuvoso.

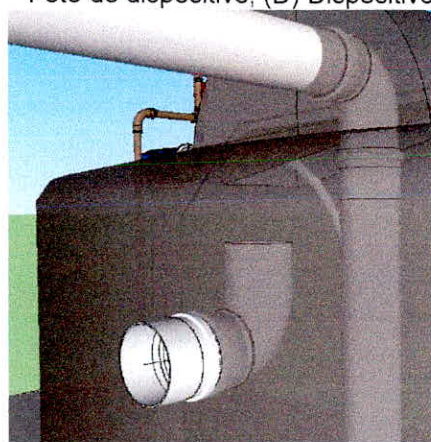
6.1.3 Dispositivo para extravasamento

O dispositivo de extravasamento permite o escoamento da água armazenada quando esta atinge uma cota definida no projeto do reservatório, possibilitando a saída do excedente de água de forma segura e remoção de partículas que flutuam na superfície e que podem comprometer a qualidade da água.

A peça é composta por uma tela com 1×1 mm inserida em uma luva autotravante que é conectada a uma curva de 90°. Essa peça possui um flange que proporciona a estanqueidade e é fixada por parafusos na parede do reservatório.

Este dispositivo atende ao disposto nos subitens 4.3.2 e 4.3.9 da Norma ABNT 15.527 (2007) e está apresentado na Figura 8.

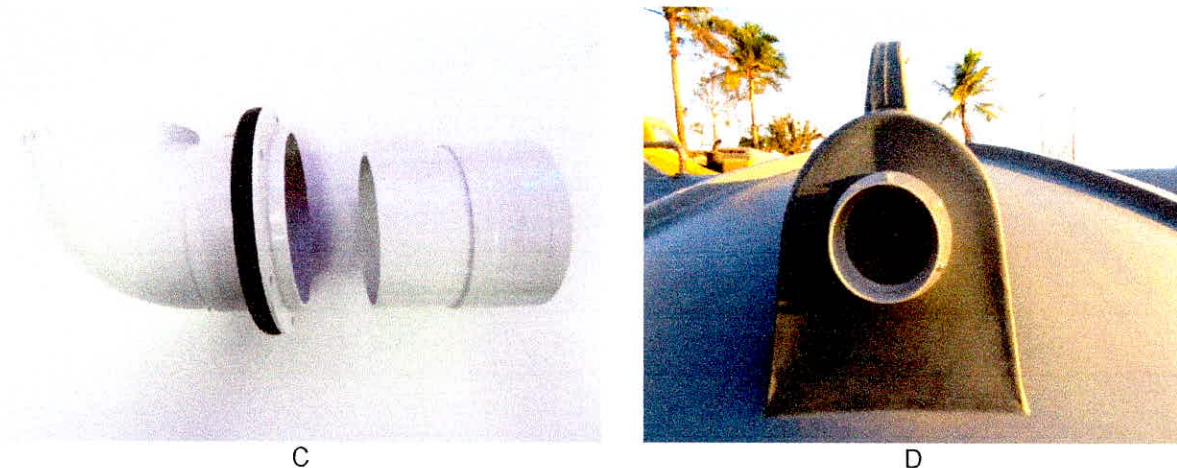
Figura 8 - Dispositivo para extravasamento: (A) Desenho em corte, (B) Desenho em perspectiva, (C) Foto do dispositivo, (D) Dispositivo montado no reservatório.



A



B



FONTE: o autor

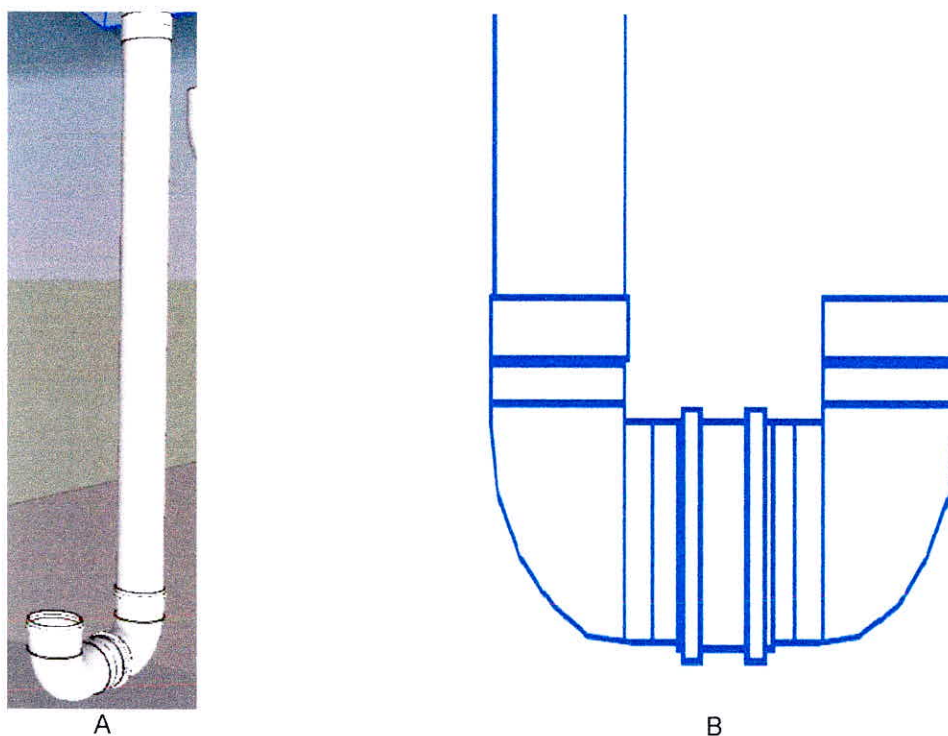
Esse dispositivo diferencia-se dos demais encontrados comercialmente pelas seguintes características:

- a) Devido ao seu desenho essa peça permite o armazenamento de um volume adicional de água ante os dispositivos convencionais de extravasamento, como por exemplo seções de tubos de PVC;
- b) Dificulta a entrada de insetos e animais tornando-a mais segura ao armazenamento de água;
- c) Tela autotravante que dificulta sua remoção acidental; e,
- d) Facilidade na limpeza

6.1.4 Redutor de turbulência

O dispositivo utilizado no sistema é composto de uma seção de tubo de 100 mm e 2 joelhos de mesmo diâmetro, apoiado no fundo do reservatório. Esta peça disciplina o fluxo de entrada de água visto que este se dá de forma ascendente, dissipando a energia cinética da água no ponto de entrada do reservatório e reduzindo assim a ressuspensão de sólidos depositados no fundo que formam um filme. Além disso, evita a mistura de água proveniente da cobertura contendo eventuais partículas em suspensão com a água armazenada em estado de repouso e, conseqüentemente, com menor quantidade de sólidos em suspensão. Esse dispositivo atende ao disposto no subitem 4.3.2 da Norma ABNT 15.527 (2007) e está apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Redutor de turbulência:(A) Em perspectiva, (B) Detalhe



FONTE: o autor

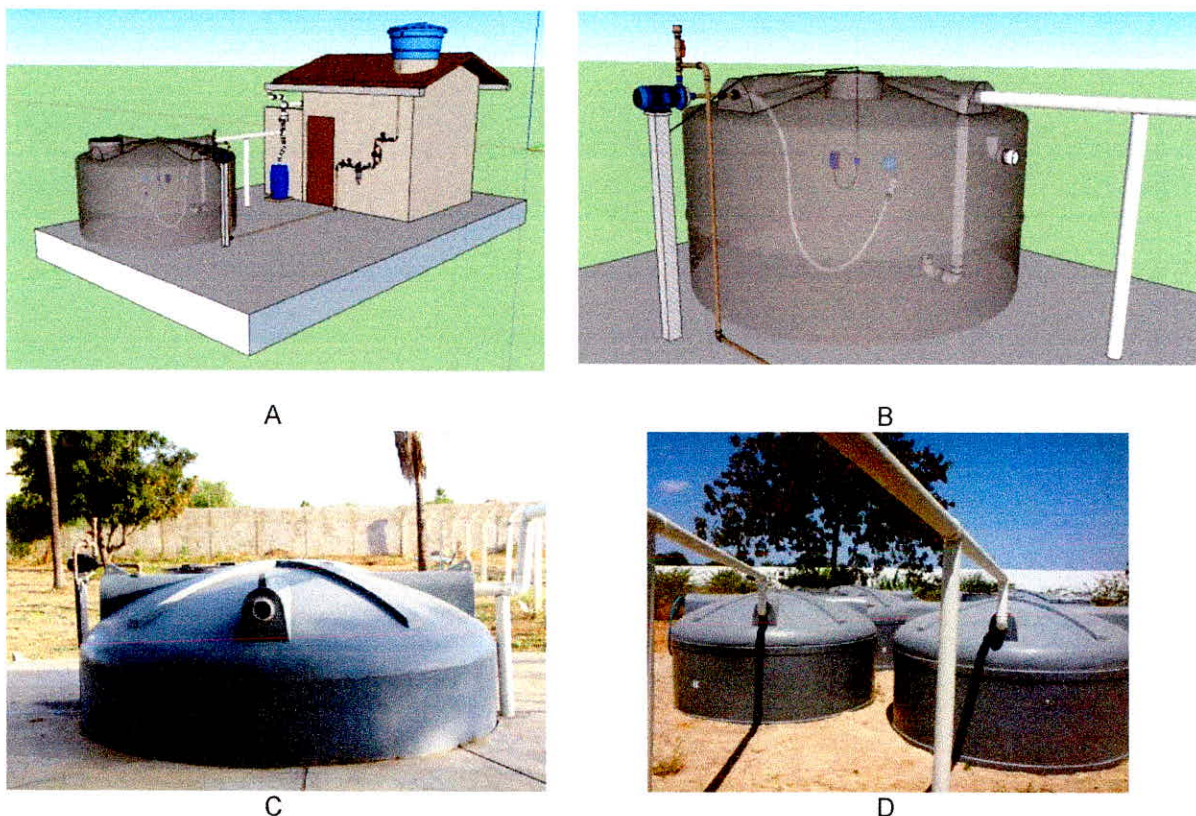
Diferentemente das soluções tradicionais para a redução de turbulência na entrada de água em reservatórios, a exemplo do "freio d'água", peça de alto custo e de difícil localização no mercado. A solução escolhida como redutor de turbulência é composta de peças de PVC facilmente disponíveis no mercado local, podendo o usuário adquirir e instalá-las em seu reservatório.

6.1.5. Reservatório

O dimensionamento dos reservatórios foi realizado conforme a superfície de captação das coberturas das edificações das Unidades Demonstrativas da Assemco/Codevasf e da Univasf, com base no método "Azevedo Neto", um dos recomendados pela norma ABNT NBR 15527 (2007).

O reservatório utilizado é do tipo "cisterna" confeccionado em PEAD, com proteção anti-UV, e atende à norma ABNT NBR 15682 (2009). O processo de fabricação é o de rotomoldagem, em peça monolítica, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Reservatório de PEAD:(A) Vista geral, (B) Vista interna (C) Montagem simples da UD Assemco/Codevasf, (D) Montagem em vasos comunicantes da UD Univasf



FONTE: o autor

Reservatórios confeccionados em PEAD possuem diversas vantagens ante aqueles construídos com outros tipos de materiais como os de placa de cimento, dentre as quais podemos elencar as seguintes:

- a) vida útil elevada;
- b) fácil higienização;
- c) facilidade na remoção de biofilmes;
- d) estanqueidade;
- e) instalação segura de dois ou mais reservatórios em sistema de "vaso comunicante", conforme Figura 10 (D); e,
- f) quimicamente inerte ao contato com água para consumo humano

6.1.6 Filtro de sedimentos de finos

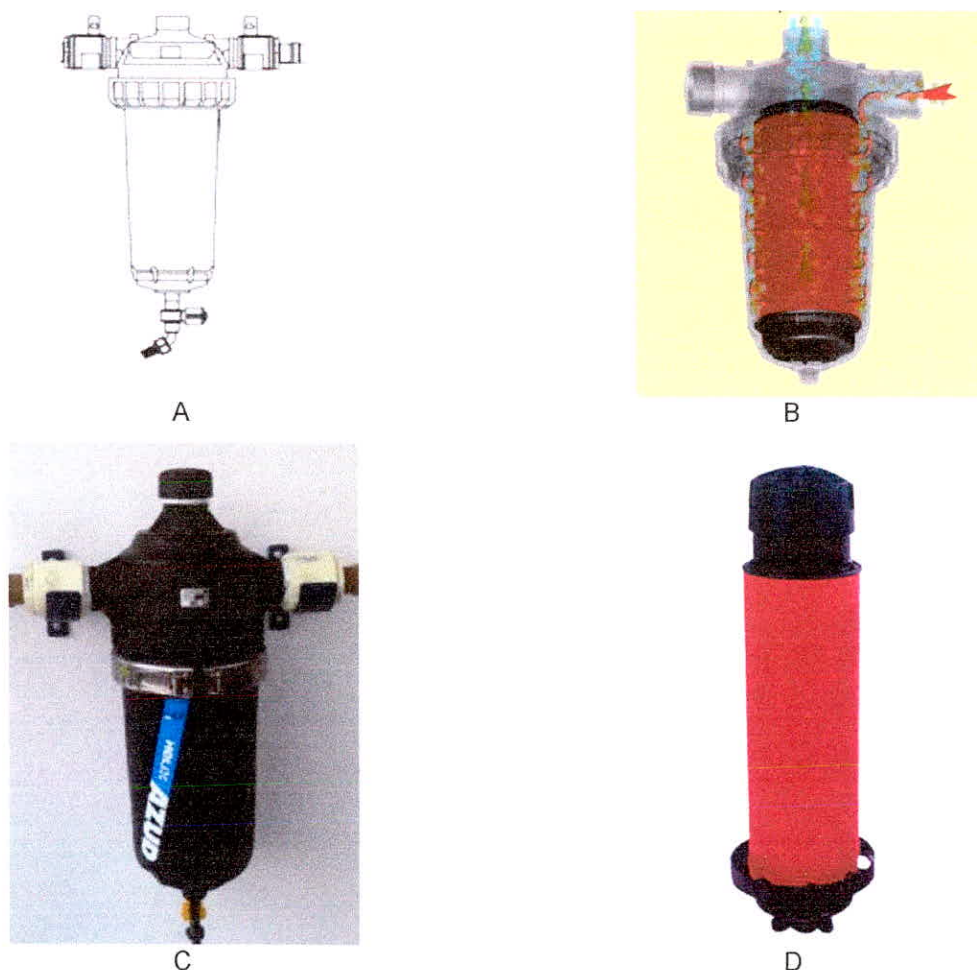
A presença de sedimentos em suspensão não é desejável visto que estes

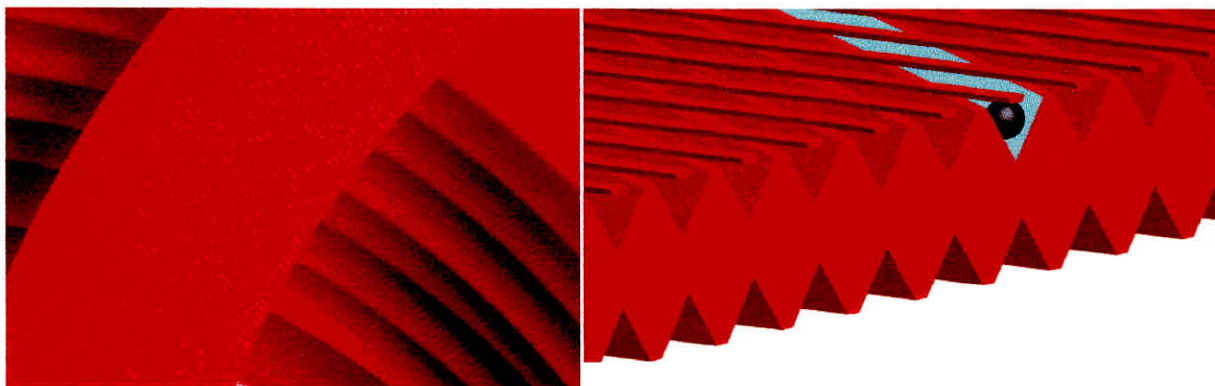
podem servir de estruturas de proteção aos microorganismos prejudiciais à saúde humana bem como comprometer a qualidade da água para consumo. Dessa forma justifica-se a instalação de filtros de sedimentos finos na tubulação de recalque.

O sistema proposto recomenda o uso de filtro de disco de 5 μm . Esses filtros são eficientes na remoção de cistos de protozoários, tais como *Cryptosporidium* e *Giardia* que são resistentes às dosagens de cloro recomendadas no tratamento de água para consumo humano.

O interior da unidade é composto por discos de polipropileno sobrepostos (Figura 11-D), os quais possuem ranhuras de dimensões fixas posicionadas em sentido contrário entre os discos (Figura 11-E e F).

Figura 11 - Filtro de discos AZUD® de 5 μm : (A) Desenho (B) Vista interna, (C) Filtro instalado, (D) Elemento filtrante, (E) Detalhe do disco, (F) Partícula retida na ranhura.





E

F

FONTES: o autor; AZUD® (2018).

Existem no mercado diversos tipos de filtros de sedimentos finos, compostos por materiais como polipropileno, poliéster e areia. As razões que levaram a escolha desta tecnologia no projeto foram:

- ✓ elevada vida útil do elemento filtrante;
- ✓ facilidade de manutenção;
- ✓ vazões do meio filtrante de alta eficiência; e,
- ✓ baixo custo de manutenção.

O Quadro 4 apresenta um comparativo pormenorizado entre filtros de disco

e

de

outras

mídias.

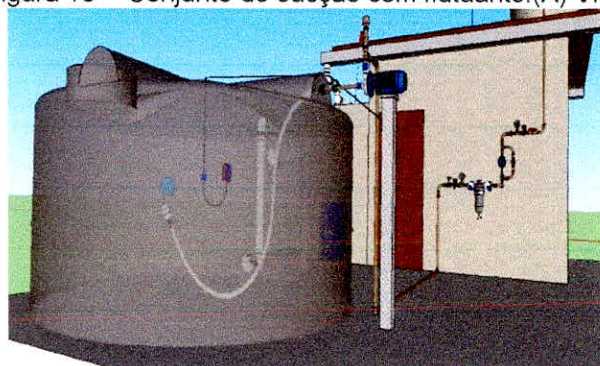
Quadro 4 - Comparativo entre filtro de discos e de mídia mista

Característica	Disco	Mídia mista
Troca do elemento filtrante.	Soltura da porca, retirada e recolocação do cartucho. Descarte pequeno. Tempo curto de trabalho. Pode ser fracionado.	Desmontagem da rede e tombamento do filtro. Descarte volumoso. Tempo elevado de trabalho. Não pode ser fracionado.
Base	Por vezes dispensável.	Sempre necessária.
Verificação da limpeza da mídia	Pode ser plenamente vista.	Não pode ser assegurada.
Fratura no leito filtrante	Não ocorre.	Pode ocorrer.
Uniformidade na filtragem	Permanente.	Pode não ocorrer.
Perda de carga	Menor	Maior
Limpeza do elemento filtrante	Pode ser feito um a um.	Somente no filtro todo.
Peso do conjunto filtrante	Baixa	Elevada
Volume ocupado	Pequeno	Grande

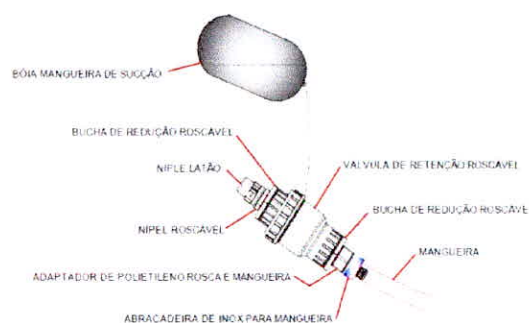
FONTE: Informação pessoal obtida de FIGUEIREDO (2018)

superfície da água para reduzir o arraste de partículas por ocasião do bombeamento. Dessa forma evita-se a sucção tanto de partículas depositadas no fundo como aquelas em suspensão. Em qualquer situação sempre se captará água com menor quantidade de sedimentos em função do posicionamento da válvula de retenção. Tal dispositivo atende o disposto no subitem 4.3.2 da Norma ABNT NBR 15.527 (2007), conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Conjunto de sucção com flutuante:(A) Vista geral (B) Detalhe.



A



B

FONTE: o autor.

Composta de peças de baixo e custo e disponíveis em lojas de materiais de construção a solução proposta permite ao usuário montar um dispositivo de sucção com flutuante tão eficiente quanto aos produzidos pela indústria

6.1.9 Dispositivo de desinfecção

Dentre as diversas tecnologias de desinfecção existentes no mercado optou-se pelo uso de dispositivo automático de desinfecção, por pastilhas de ácido tricloroisocianúrico, com 95% de princípio ativo, considerando diversas vantagens dessa tecnologia frente as demais, como custo de aquisição do aparelho, custo de reposição de pastilhas, eficiência e segurança no manuseio das pastilhas de cloro, confiabilidade na dosagem do cloro livre - dentro da faixa de 0,2 a 2,0 mg.L⁻¹ a fim de atender aos parâmetros de qualidade contidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5/2017 MS (AZEVEDO, 2013).

A utilização do ácido tricloroisocianúrico foi aprovada nos EUA pela *Environmental Protection Agency* (EPA) em 2001 para água potável e no Brasil, pelo

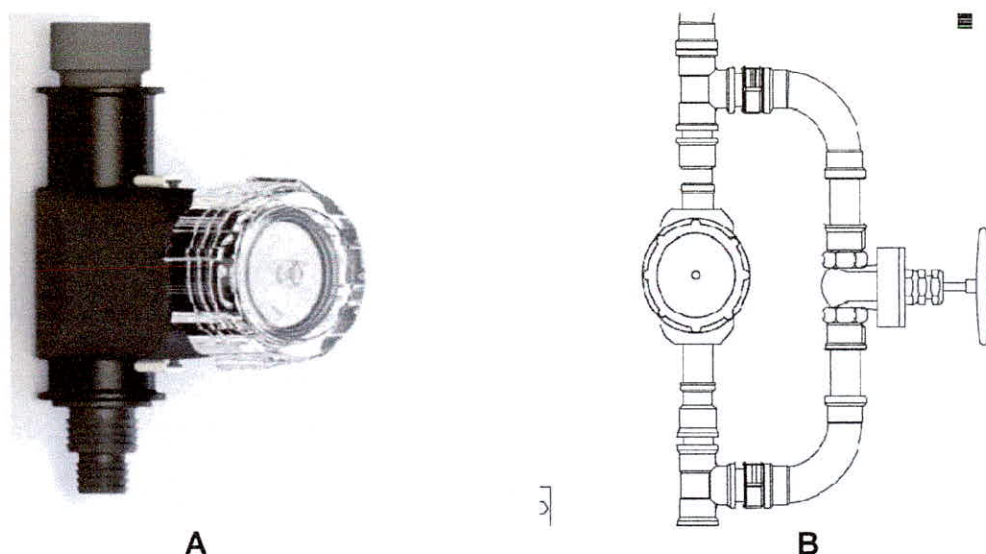
Ministério da Saúde através da Anvisa. A Norma técnica NBR 15784 (2014) o classifica como um produto químico utilizado para desinfecção e oxidação no tratamento de água. Derivado de cloro de origem orgânica, na forma sólida, de natureza ácida, apresenta-se muito estável em função da sua estrutura química (ARNESEN *et al*, 2017). Esse dispositivo atende o disposto o subitem 4.5.3 da Norma ABNT 15.527 (2007).

Existem diversas vantagens dos derivados orgânicos ante os inorgânicos, ressaltando-se as seguintes:

- ✓ Maior concentração de princípio ativo,
- ✓ Maior estabilidade,
- ✓ Menor perda de cloro,
- ✓ Menor geração de subprodutos indesejáveis;
- ✓ Maior segurança no manuseio.

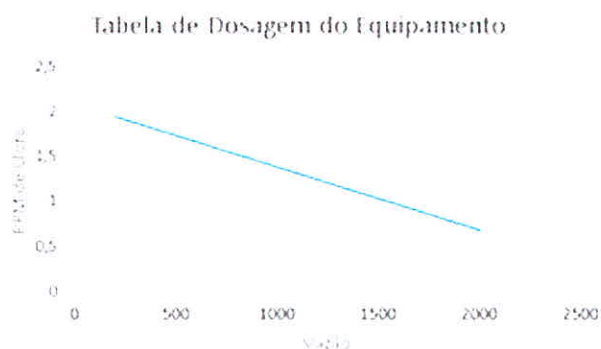
Todas essas características são de suma importância quando se considera o local e o conhecimento técnico dos usuários de um sistema de captação de água de chuva instalado em zonas rurais. A figura 14 apresenta o dispositivo de desinfecção e gráfico de dosagem do equipamento.

Figura 14 - Dispositivo de desinfecção: (A) Vista geral, (B) Vista do aparelho, (C) Pastilhas de tricloroisocianurato (D) Gráfico de dosagem do equipamento em ppm de cloro.





C



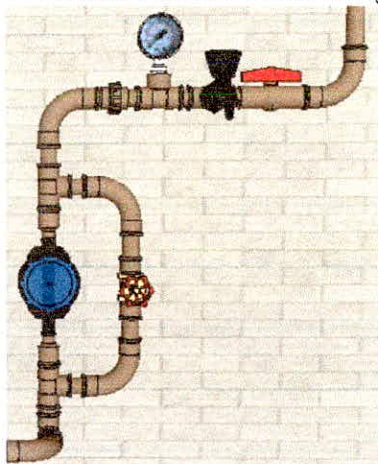
D

FONTE: o autor; BR Cloro® (2018)

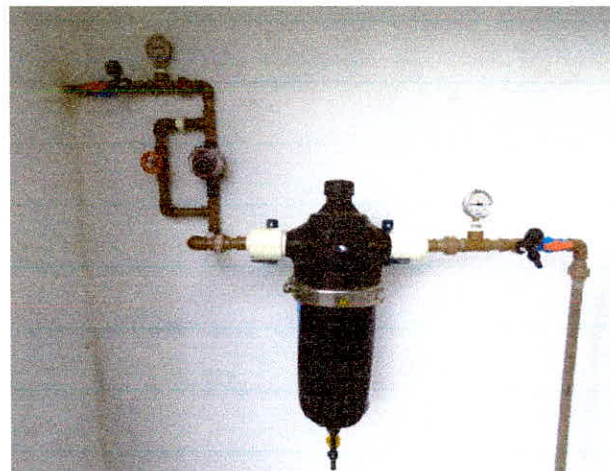
A Figura 15 apresenta o dosador de cloro em pastilha montado em um cavelete da tubulação de recalque composto pelas seguintes peças:

- ✓ Dosador de cloro;
- ✓ Manômetro glicerinado;
- ✓ Torneira para realização de ensaios de dosagem;
- ✓ Registro de gaveta para ajuste fino da dosagem do sanitizante; e,
- ✓ Registro de esfera para interrupção de fluxo de água para manutenção do dosador e reposição de pastilha.

Figura 15 - Cavelete de tratamento de água.



A



B

FONTE: o autor.

Arnesen *et al* (2017) enumera diversas vantagens de aparelhos de dosagem de ácido tricloroisocianúrico em relação a sistemas de cloração por hipoclorito de sódio, através de bombas dosadoras, conforme elencados a seguir:

- ✓ Logística de reposição de produto químico mais simples;

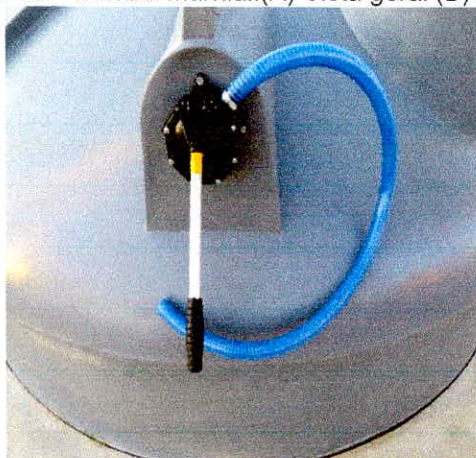
- ✓ Não requer a preparação de soluções de cloro;
- ✓ Eliminam-se variações de dosagem por erros de diluição e mistura de soluções;
- ✓ Maior segurança ocupacional aos operadores devido à simplicidade de manipulação dos tabletes;
- ✓ Menor espaço requerido para o armazenamento do desinfetante;
- ✓ Maior vida útil do equipamento;
- ✓ Menor custo com a dosagem do sanitizante
- ✓ Funcionamento hidráulico, e,
- ✓ Não necessita de instalações elétricas.

6.1.10 Bombeamento

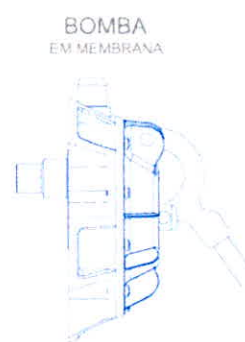
a) Manual

Existem no mercado bombas manuais especialmente desenvolvidas para uso em cisternas que possibilitam a retirada com segurança e higiene e que utilizam materiais inertes, próprios para o contato com água, e que dispensam lubrificação. Estes aparelhos são úteis em situações nas quais não há energia elétrica ou quando os volumes a serem captados são tão reduzidos que não justificam a aquisição de um conjunto motobomba, conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Bomba manual: (A) Vista geral (B) Detalhe.



A



B

FONTE: o autor.

O uso de bombas manuais impróprias como as de ferro fundido podem comprometer a qualidade da água pela adição de íons de ferro bem outros tipos de

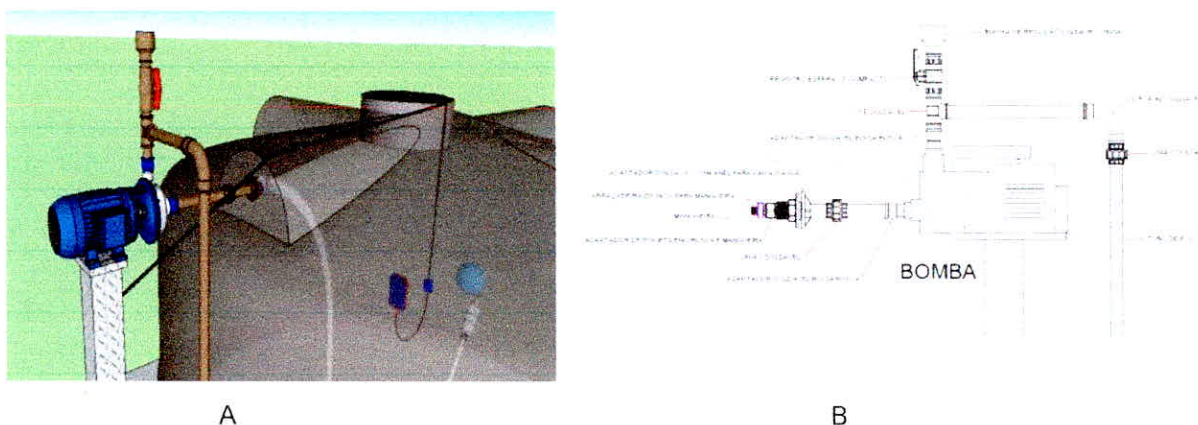
sujidades e contaminantes como graxas. Dessa forma a bomba utilizada no sistema é uma tecnologia que se diferencia pela segurança, facilidade de operação e vazão.

b) Elétrico

Nas situações que justifiquem a instalação de conjunto motobombas elétricos, em função da vazão a ser aduzida para reservatório superior deve-se observar critérios para seleção e dimensionamento de conjunto motobombas que previstos em normas técnicas e de acordo com a Norma ABNT 12214 (1992).

Utilizou-se um conjunto motobomba centrífuga periférica com as seguintes características: altura manométrica máxima de 44 m.c.a, vazão máxima de 2,3 m³/h, potência de 0,5 cv e rotação de 3500 rpm, acionado por eletrobóia. (Figura 17).

Figura 17 - Conjunto motobomba:(A) Vista geral; (B) Detalhe.



FONTE: o autor

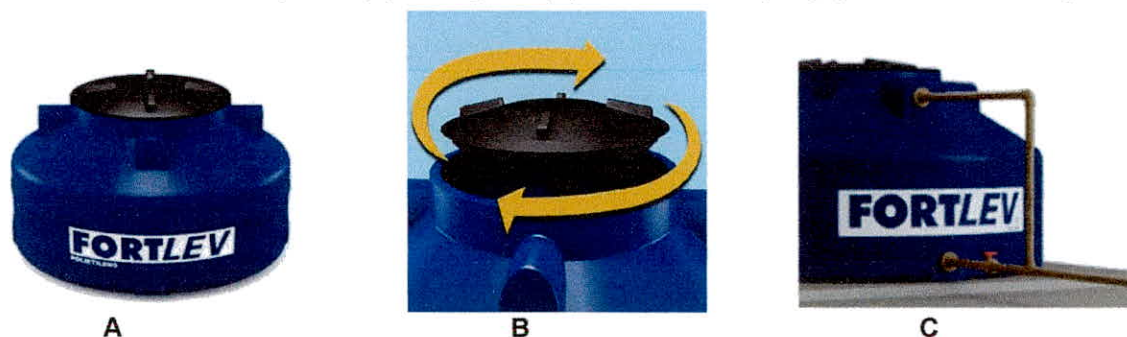
6.1.11. Reservatório superior

Depois que a água passar pelo filtro de sedimento finos e o dosador de cloro e receber a dosagem do sanitizante será armazenada em um reservatório de PEAD tipo "caixa d'água" onde o tempo de contato com o agente desinfetante promoverá a eliminação de microorganismos patogênicos, tornando-a, assim, a água potável do ponto de vista bacteriológico. De acordo com o Anexo XX da Portaria de Consolidação N^o 5/2017 MS, o tempo de contato depende de vários fatores, recomenda-se, no mínimo, 15 minutos para as dosagens liberadas pelo dispositivo de cloração.

Recomenda-se que o reservatório superior possua tampa com rosca para evitar entrada de sujidades, visto que são mais seguros do ponto de vista sanitário,

em ambientes externos e sujeitos a ocorrência de ventos que podem deslocar tampas de caixas d'água convencionais, situação muito comum na zona rural. Ademais devem ser observadas as recomendações constantes da Norma ABNT 5626 (1998) no tocante aos reservatórios superiores (Figura 18).

Figura 18 - Reservatório superior: (A) Vista geral; (B) Detalhe da tampa; (C) Detalhe de montagem.

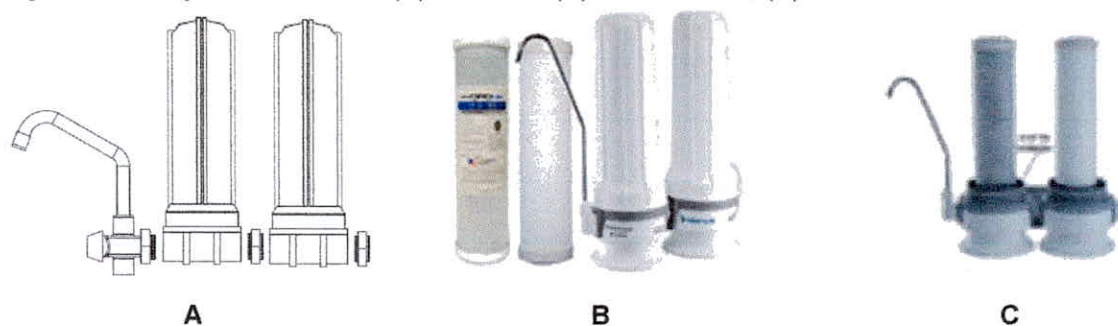


FONTE: FORTLEV (2018).

6.1.12. Conjunto Purificador

Purificador composto por dois estágios de filtragem, o primeiro elemento é um cartucho de polipropileno (PP) bobinado de 0,5 micra – Classe A - com elevada eficiência na remoção de partículas compreendidas na faixa de 0,5 a 1,0 micra. O segundo elemento, composto de carvão ativado, realizada remoção de contaminantes químicos por adsorção química. Este conjunto foi previsto a fim de atender os padrões de potabilidade definidos no Anexo XX da Portaria Consolidada Nº 5 MS (Figura 19).

Figura 19 - Conjunto Purificador: (A) Desenho; (B) Vista externa; (B) Vista interna.



FONTE: o autor; PENTAIR (2018).

7 CONCLUSÃO

O Sistema de Captação, Armazenamento e Tratamento de Água de Chuva para Consumo Humano contribuirá para uma melhor gestão da água de chuva por atender as necessidades de consumo das populações, principalmente aquelas residentes em comunidades rurais.

8 PERSPECTIVAS FUTURAS

Contemplada em programas do Plano Plurianual do Governo Federal e recursos do Orçamento Geral da União, a captação de água de chuva para consumo humano é uma realidade nas áreas rurais do país, particularmente na região Nordeste e norte de Minas Gerais, visto que é uma solução alternativa individual de abastecimento prevista em portaria do Ministério da Saúde.

A fim de melhorar a eficiência dos programas de governo bem como iniciativas de organizações governamentais se faz necessário desenvolver pesquisas, difundir novas tecnologias, incentivar o desenvolvimento inovações tecnológicas para melhor atender ao público alvo dos programas.

Nesse sentido se faz necessário um amplo debate envolvendo a academia, empresas públicas e privadas, indústria, organizações não governamentais e da sociedade civil para discutir a ampliação dessa política pública para outras regiões do país face a escassez de recursos hídricos em quantidade e qualidade suficientes ao consumo humano.

Outro ponto a ser debatido é a urgente necessidade de se estabelecer uma norma técnica específica para o aproveitamento de água de chuva em áreas rurais para fins potáveis, a fim de normalizar as especificações técnicas das instalações prediais de captação de água de chuva e um protocolo para ensaios físico-químicos e microbiológicos específicos para os sistemas de captação de água de chuva, de modo a atender aos padrões de potabilidade da legislação vigente.

Assim sendo espera-se que o presente trabalho possa contribuir para o aperfeiçoamento dessa importante política pública com repercussão direta na qualidade de vida e saúde das populações rurais do país.

REFERÊNCIAS

ARNESEN, A. S.; SILVA, A. L.; SILVA, C. N. **Avaliação de dosador hidráulico de ácido tricloroisocianúrico em águas de poços profundos.** Revista Hydro, São Paulo, 2017.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Programa Um Milhão de Cisternas.** Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>>. Acesso em: 25 de abril de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844 - Instalações Prediais de Águas Pluviais.** Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. **NBR 12.214: Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **NBR 12.217: Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público.** Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____. **NBR 5.626: Instalação Predial de Água Fria.** Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR 15.527: Água de Chuva - Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para fins não Potáveis - Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____. **NBR 15682 Tanque estacionário rotomoldado em polietileno (PE) para acondicionamento de águas - Requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009

_____. **NBR 15784: Produtos químicos utilizados no tratamento de água para consumo humano – Efeitos à saúde – Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014

AZEVEDO, A. D. P. - **Dosador de cloro sólido para água de consumo em geral.** Depósito de pedido nacional de Patente Nº: BR 11 2014 032215 5 A2 . 24 de maio de 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento.** 4. ed. – Brasília: Funasa, 2015.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Programa Água para Todos.** Disponível em: < <http://www.integracao.gov.br/agua-para-todos> >. Acesso em: 24 abri. 2018.

Projeto Cisternas. Disponível em: <<http://www.hidro.ufcg.edu.br/cisternas/projeto.html>>. Acesso em: 26 abr. 2018

BRITO, L. T. L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. (Ed) **Potencialidades da Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro** – Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2007.

CODEVASF. **Programa Água para Todos.** Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/news_listing>. Acesso em: 24 abri. 2018.

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA ANQIP ETA 0701 - Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais - Portugal - Disponível em: <<http://www.anqip.pt>>. Acesso em: 24 abril. 2018.

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA ANQIP ETA 0702 - Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais - Portugal - Disponível em: <<http://www.anqip.pt>>. Acesso em: 24 abril. 2018.

FIGUEIREDO, R. **Comparativo filtros de disco 5 micra x mídia mista**. Mensagem recebida por <joselitomenezesdesouza@gmail.com> em 1 dez 2017.

KÜSTER, A.; MELCHERS, I.; MARTÍ, J. F.; (org.) **Tecnologias Apropriadas para Terras Secas - Manejo Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Semi-áridas no Nordeste do Brasil**- Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer - GTZ, 2006.

MARTINS, M. V. L.; RUFINO, R. R. **Análise Comparativa das Normas Brasileiras e Americanas para Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva para fins não Potáveis** Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.5, n.3, p. 306-316, 2016.

SAUNDERS, R. J.; WARFORD, J. J. **Água para zonas rurales y poblados**. 1º. ed. Madrid: TECNOS, S.A, v. 1, 1983.

SOUZA, J. M. **Roteiro de Instalação de uma Cisterna de Polietileno**, 2015 Disponível em < <http://www.rtvcaatinga.univasf.edu.br/video/rFYLOZMfOXQ>>. Acesso em 25 de abril de 2018.

SOUZA, J. M. **Tecnologias do agua para todos são apresentadas por técnico da codevasf na Univasf**, 2015 Disponível em <<https://soundcloud.com/codevasf/materia-tecnologias-do-agua-para-todos-sao-apresentadas-por-tecnico-da-codevasf-na-univasf>>. Acesso em 25 de abril de 2018.

SOUZA, J. M. **Depoimento: analista da codevasf fala sobre tecnologia que auxilia no combate ao aedes aegypti**, 2016, Disponível em < <https://soundcloud.com/codevasf/depoimento-analista-da-codevasf-fala-sobre-tecnologia-que-auxilia-no-combate-ao-aedes-aegypti>>. Acesso em 25 de abril de 2018.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis**. In: 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Anais, 2007.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2011.

TORRES, A. C. - **Disposição aplicada em separador de primeira água de chuva**. Depósito de pedido nacional de Patente Nº: BR 20 2014 000065 3 . 3 de janeiro de 2014.

UNICEF **O Direito de Aprender: Potencializar avanços e reduzir desigualdades.** Brasília, DF: UNICEF, 2009.

VIANNA, M. R. **Instalações Hidráulicas Prediais.** Nova Lima: Imprimatur Artes Ltda., 2013.

GLOSSÁRIO

Para os efeitos desta Dissertação, aplicam-se as seguintes definições:

Água da chuva ou água pluvial: Água precipitada que não foi objeto de qualquer utilização suscetível de contaminação.

Água potável: Água que atende ao padrão de potabilidade determinado pela Portaria de Consolidação Nº 5/2017 do Ministério da Saúde.

Água não potável: Água que não cumpre os valores paramétricos de qualidade, exigidos para consumo humano na legislação aplicável.

Altura pluviométrica: Volume de água precipitada por unidade de área horizontal.

Área de captação (A): Projeção em planta do local onde é recolhida a água da chuva.

Área de contribuição: Soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação.

Calha: Canal que recolhe a água de coberturas, terraços e similares e a conduz a um ponto de destino.

Calha de beiral: Calha instalada na linha de beiral da cobertura.

Coefficiente de escoamento (coeficiente de runoff) (C): Coeficiente adimensional, função das características da cobertura, que representa a relação entre o volume total captado num determinado período de tempo e o volume total precipitado nesse período

Componente: Qualquer produto que compõe a instalação predial de água fria e que cumpre individualmente função restrita. Exemplos: tubos, conexões, válvulas, reservatórios, etc.

Condutor horizontal: Canal ou tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais.

Condutor vertical: Tubulação vertical destinada a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares e conduzi-las até a parte inferior do edifício.

Diâmetro nominal: Simples número que serve para classificar, em dimensões, os elementos de tubulações (tubos, conexões, condutores, calhas, bocais, etc.), e que corresponde aproximadamente ao diâmetro interno da tubulação em milímetros.

Duração de precipitação: Intervalo de tempo de referência para a determinação de intensidades pluviométricas.

Eficiência hidráulica da filtração (η_f): Razão entre a quantidade de água filtrada que chega à cisterna e a quantidade de água da chuva que chega ao filtro.

Intensidade pluviométrica: Quociente entre a altura pluviométrica precipitada num intervalo de tempo e este intervalo.

Instalação predial de água fria: Sistema composto por tubos, reservatórios, peças de utilização, equipamentos e outros componentes, destinado a conduzir água fria da fonte de abastecimento aos pontos de utilização.

Perímetro molhado: Linha que limita a seção molhada junto às paredes e ao fundo do condutor ou calha.

Período de retorno: Número médio de anos em que, para a mesma Duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica é igualada ou ultrapassada apenas uma vez.

Seção molhada: Área útil de escoamento em uma seção transversal de um condutor ou calha.

Separador de folhas e detritus: Dispositivo a instalar a montante da entrada na cisterna, que permite filtrar resíduos arrastados da área de captação, tais como folhas, detritos de aves ou outros que reduzam a qualidade da água.

Tempo de concentração: Intervalo de tempo decorrido entre o início da chuva e o momento em que toda a área de contribuição passa a contribuir para determinada seção transversal de um condutor ou calha.

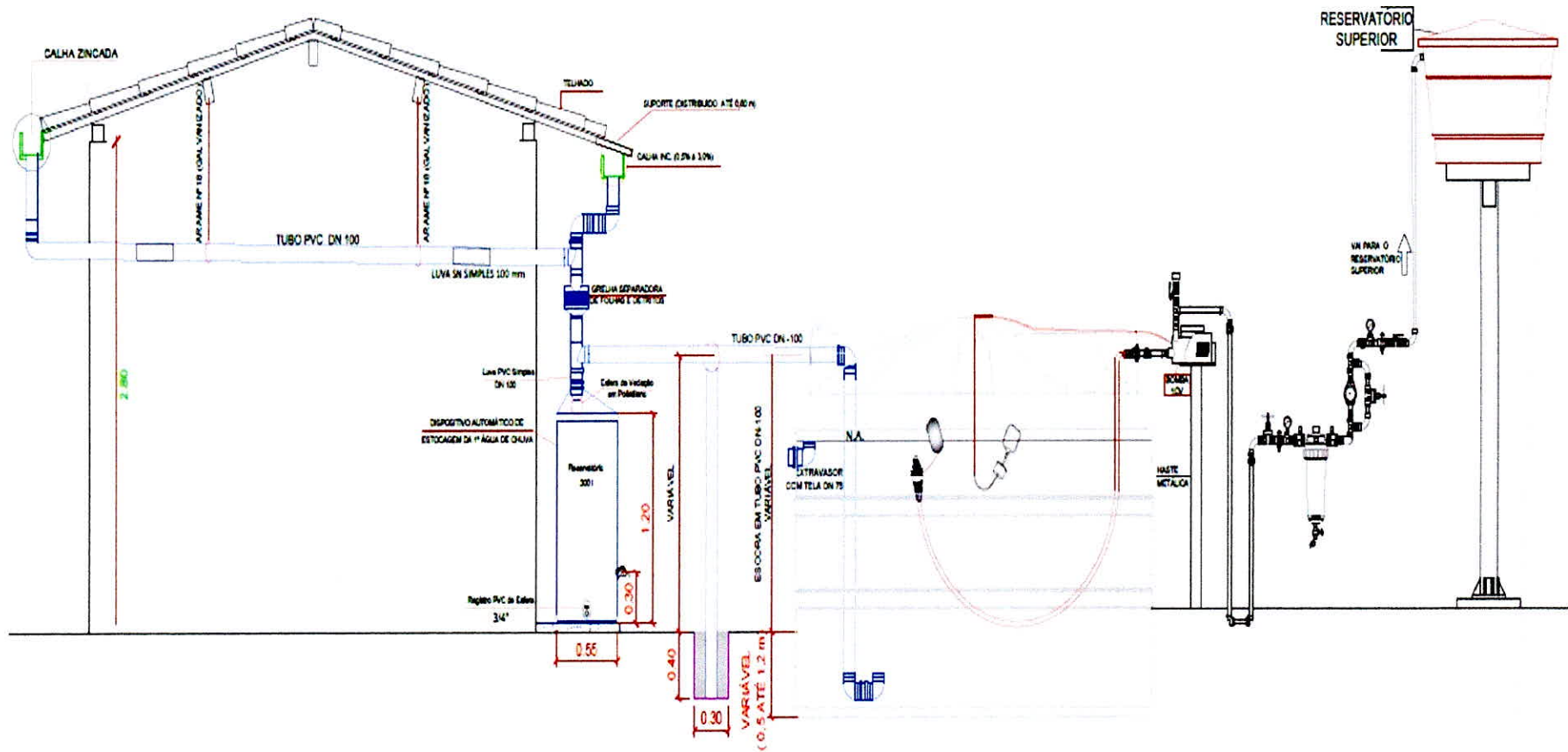
APÊNDICE A - Lista de materias hidráulicos

Item	Descrição/ Especificações técnicas	Diâmetro	Unid	Qtd.
1	Abraçadeira de Inox Para Mangueira de 1"	1"	Unid	2
2	Abraçadeira de Pressão para tubo PVC com buchas e parafusos	25 mm	Unid	4
3	Adaptador de Polietileno Rosca e Mangueira	1"	Unid	2
4	Adaptador Soldável Curto Bolsa Rosca	25 mm x 3/4"	Unid	6
5	Adaptador Soldável Curto Bolsa Rosca	32 mm x 1"	Unid	1
6	Adesivo tubo PVC		Unid	1
7	Bóia de caixa d'água comum		Unid	1
8	Bombona 200 L boca larga com abraçadeira metálica		Unid	1
9	Bucha de Redução BSP	1/2" x 1/4"	Unid	2
10	Bucha de Redução Roscável	1" x 3/4"	Unid	2
11	Bucha de Redução Roscável	2" x 1"	Unid	2
12	Bucha de Redução Roscável	3/4" x 1/2"	Unid	2
13	Bucha de Redução Soldavel Longa	50 mm x 32 mm	Unid	1
14	Caixa d'água de 1.000 L com tampa roscável marca FORTLEV ou similar		Unid	2
15	Curva 90° Soldável	25 mm	Unid	7
16	Curva curta 45° DN 75 mm			2
17	Dosador de Cloro em Pastilha marca BRCLORO	25 mm	Unid	1
18	Filtro de Disco Marca AZUD Mod. Helix ou AGL 5 Micra	2"	Unid	1
19	Fita veda rosca PVC		Unid	1
20	Flange DN 20 mm	20 mm	Unid	1
21	Flange DN 25 mm	25 mm	Unid	1
22	Flange DN 50 mm	50 mm	Unid	1
23	Joelho 90° PVC DN 75 mm	75 mm	Unid	4
24	Joelho 90° Soldável	25 mm	Unid	3
25	Lixa para tubo PVC		Unid	1
26	Luva PVC DN 75 mm	75 mm	Unid	4
27	Luva Roscável PVC	2 "	Unid	2
28	Mangueira PVC trançada	1"	m	2
29	Manometro 6 Kg	1/4 "	Unid	1
30	Niple Latão	1"	Unid	1
31	Niple PVC Roscável	1"	Unid	2
32	Redução 75 x 50 mm		Unid	1
33	Registro Esfera VS Compacto Soldável	25 mm	Unid	1
34	Registro Esfera VS Compacto Soldável	32 mm	Unid	1
35	Registro Gaveta uso externo	3/4 "	Unid	1
36	Separador de folhas marca FORTLEV ou similar		Unid	1
37	Suporte Metálico para Filtro (em funilaria)		Unid	2
38	Tê PVC DN 75 mm		Unid	1
39	Tê Soldável	25 mm	Unid	4
40	Tê Soldável com Rosca na Bolsa Central	25 mm x 3/4"	Unid	4
41	Torneira ABS Para Jardim marca DURIN ou similar	3/4"	Unid	3
42	Tubo PVC DN 75 mm		m	24
43	Tubo Soldável	25 mm	m	18
44	União Soldável	25 mm	Unid	2
45	Válvula de Retenção Roscável Marca DURIN ou similar	1"	Unid	1

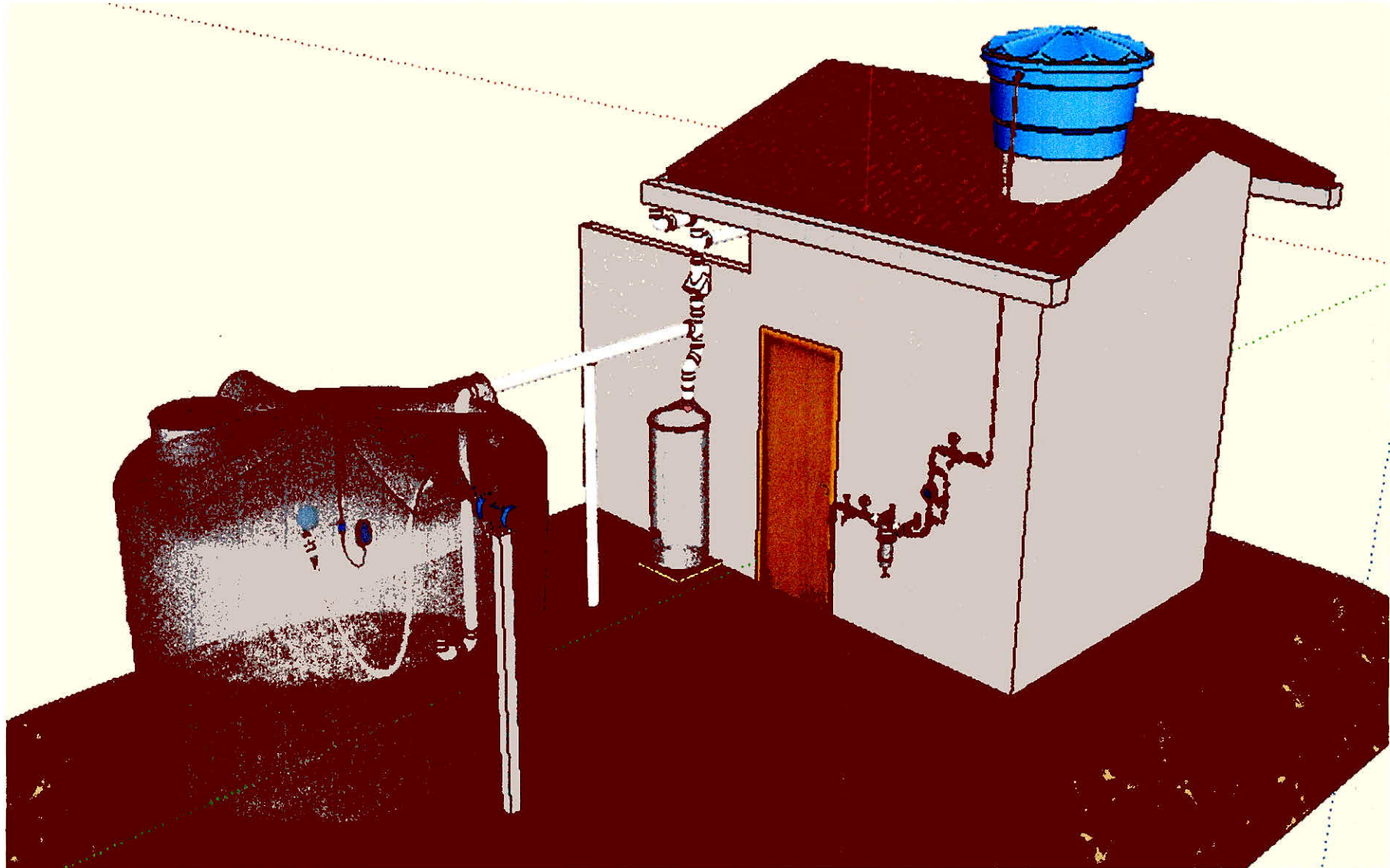
APÊNDICE B Lista de materias elétricos

Item	Descrição/ Especificações técnicas	Unid	Qtd.
1	Bóia de nível, corrente nominal 10A	Unid	2
2	Cabo flexível sintenax 2 x 1,5 mm ² para eletroboia (fase + neutro + terra).	m	8
3	Cabo flexível sintenax 3 x 1,5 mm ² (fase + neutro + terra).	m	30
4	Chave de partida monofásica completa com disjuntor geral, contactor e relê de sobrecarga 220 VCA - 60Hz para motor com potência de até 1,0 cv, corrente nominal de 4,4 A.	Unid	1
5	Condulete em alumínio tipo LL com tampa cega de 3/4"	Unid	1
6	Conector reforçado para haste de aterramento 5/8"	Unid	1
7	Curva 90° de PVC rígido de 3/4"	Unid	3
8	Eletroduto PVC rígido de 3/4 "	m	9
9	Haste para aterramento tipo coperweld 2,40m x 5/8"	Unid	1
10	Luva PVC rígido 25 mm	Unid	4
11	Motobomba periférica, potência 1/2 cv, 3.500 rpm, 60Hz, Vazão máx. 2.300 L/h, Altura manométrica máxima 44 mca, Diâmetro de sucção e elevação 1"	Unid	1
12	Rolo de fita isolante de alta tensão	Unid	1
13	Rolo de fita isolante de baixa tensão	Unid	1

APÊNDICE C - Planta Geral do Sistema de Captação e Tratamento



APÊNDICE D - Perspectiva do Modelo Tridimensional



APÊNDICE E -Fluxograma do Tratamento de água de chuva para consumo humano

FLUXOGRAMA DO TRATAMENTO