



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS ÁGUAS
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**PROJETO E IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA RESIDENCIAL
DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USOS
NÃO POTÁVEIS.**

**DAVID RODRIGUES GOMES
JOSIANE DOS SANTOS MEIRELES**

**Santarém
2018**

**DAVID RODRIGUES GOMES
JOSIANE DOS SANTOS MEIRELES**

**PROJETO E IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA RESIDENCIAL
DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USOS
NÃO POTÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e
Ambiental da Universidade Federal do Oeste do
Pará, para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Sanitária e Ambiental.

Área de Concentração:
Saneamento Ambiental.

Orientador:
Prof. Me. José Cláudio Ferreira dos Reis
Junior

**Santarém
2018**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

G633p Gomes, David Rodrigues

Projeto e implantação de sistema residencial de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis / David Rodrigues Gomes e Josiane dos Santos Meireles – Santarém, Pará, 2018.

64 fls.: il.

Inclui bibliografias.

Orientador José Cláudio Ferreira dos Reis Junior

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental.

1. Captação. 2. Águas pluviais. 3. Usos não potáveis. I. Meireles, Josiane dos Santos. II. Reis Junior, José Cláudio Ferreira dos, *orient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 628.11

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome dos Autores: GOMES, David Rodrigues; e MEIRELES, Josiane dos Santos.

Título: **Projeto e Implantação de sistema residencial de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e
Ambiental da Universidade Federal do Oeste do
Pará, para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data de aprovação:

Banca Examinadora

_____ Orientador e Presidente

Prof. Me. José Cláudio F. dos Reis Junior

Curso de Engenharia de Sanitária e Ambiental/Universidade Federal do Oeste do Pará

_____ Membro Titular

Prof. Dr. Rafael Caldera Magalhães

Curso de Engenharia de Sanitária e Ambiental/Universidade Federal do Oeste do Pará

_____ Membro Titular

Prof. Me. Jessyca Ingles Nepomuceno dos Santos

Curso de Engenharia de Sanitária e Ambiental/Universidade Federal do Oeste do Pará.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter nos proporcionado chegar até aqui.

Agradecemos aos nossos familiares e amigos por toda a dedicação e paciência, contribuindo diretamente para que pudéssemos ter um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos.

Agradecemos aos nossos professores que sempre estiveram dispostos a nos ajudar e contribuir para um melhor aprendizado, em especial ao nosso professor e orientador José Cláudio Ferreira dos Reis Junior.

Agradecemos também a Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA por ter dado a chance, ferramentas, e estruturas que permitiram chegar hoje ao final desse ciclo de maneira satisfatória, em especial a PROPPIT pelo apoio financeiro desse trabalho através do edital 08/2017/PROPPIT.

Agradecemos a Dona Zineide e sua família por aceitar a instalação do projeto na sua residência e por sua hospitalidade conosco.

RESUMO

GOMES, D.R.; MEIRELES, J. dos S. **Projeto e Implantação de sistema residencial de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis**. 2018. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Saneamento Ambiental) – Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Oeste do Pará.

Foi projetado e implantando um sistema residencial de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis, para isso desenvolveu-se uma metodologia de aproveitamento de baixo custo para águas pluviais de fins não nobres, como, descargas de vaso sanitário, lavagem de roupa, rega de jardins, lavagem de calçadas e pisos. O sistema projetado e implantado consistiu em um conjunto de peças e acessórios, tais como: calhas, tubulações, conexões, sistema de bombeamento e de reservação de água. Após isto, verificou-se que a viabilidade econômica do sistema de utilização da água pluvial para fins não potáveis na residência teve um investimento inicial de R\$ 1.316,08, com aproveitamento anual de 61,96m³ de volume de águas pluviais, o que equivale a uma economia anual de R\$ 237,92 com despesas de consumo de água potável e esgoto, com período de retorno financeiro de 6 anos. Constatou-se com base nos dados pluviométricos obtidos que nos dois períodos distintos durante o ano (“cheia e seca”), o volume de água da chuva captada é muito expressivo, especificamente no primeiro semestre do ano com média de 14,64m³ de água. Enquanto que no segundo, a média de água de chuva captada é 3,98m³, este último, considerado pouco expressivo para suprir a demanda de consumo de água não potáveis da residência. No final deste estudo pode-se observar que nem sempre a economia é significativa em termos financeiros ao instalar um sistema de aproveitamento de água pluvial, devido ter um período de retorno de capital de médio em longo prazo, porém, para a conservação da água potável é fundamental que a conscientização ocorra e que novas soluções individuais sejam utilizadas.

Palavras-chave: Captação. Águas pluviais. Usos não potáveis.

ABSTRACT

It was designed and implemented a residential system for the utilization of rainwater for non-potable uses, for this a low-cost utilization methodology was developed for non-noble rainwater, such as sanitary discharges, laundry, gardens, washing floors and floors. The system designed and implemented consisted of a set of parts and accessories, such as: gutters, pipes, connections, pumping system and water reservoir. After this, it was verified that the economic viability of the rainwater utilization system for non potable purposes in the residence had an initial investment of R \$ 1,316.08, with an annual use of 61.96 cubic meters of rainwater volume, which is equivalent to an annual savings of R \$ 237.92 with expenses of consumption of potable water and sewage, with a financial return period of 6 years. It was found on the basis of the rainfall data obtained in the two different periods during the year ("full and dry"), the volume of rainwater collected is very expressive, specifically in the first semester of the year with an average of 14.64m³ of water . While in the second, the average amount of rainwater collected is 3.98m³, the latter being considered as not expressive enough to supply the household's non-potable water consumption demand. At the end of this study it can be observed that the economy is not always financially significant when installing a rainwater harvesting system, due to having a medium to long term capital return period, but for the conservation of drinking water it is critical that awareness develop and that new individual solutions are used.

Keywords: Captation. Rainwater. Non-potable uses

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da Residência dentro Residencial Salvação.	26
Figura 2 - Residência que recebeu o sistema de águas pluviais.....	27
Figura 3 - Fluxograma da metodologia.....	27
Figura 4 - Superfície inclinada do telhado da residência do projeto	29
Figura 5 – Situação do sistema de saneamento básico do residencial salvação.	34
Figura 6 - Layout de captação do projeto.	35
Figura 7 – Instalação da Bomba.....	36
Figura 8 - Pontos de água da chuva.	37
Figura 9 - Sistema de distribuição de águas pluviais na residência.	37
Figura 10 – Suporte do reservatório superior	45
Figura 11 - Reservatório implantado.	45
Figura 12 - Layout dos condutores verticais e horizontais.	46
Figura 13 - Bomba instalada na parte interna da residência	46
Figura 14 - Ligação externa da bomba e o reservatório interior.	47
Figura 15 - Rede de distribuição na parte externa da residência.	48
Figura 16 - Ponto de água referente à descarga o vaso sanitário.....	48
Figura 17 - Ponto de água referente à máquina de lavar roupa.	49
Figura 18 - Ponto de água referente aos usos externos.	49
Figura 19 – Placa de Identificação de ponto de distribuição de água de chuva.	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exigências mínimas para água não potável para as atividades realizadas na residência.	20
Quadro 2 – Demandas de água não potável.....	31
Quadro 3 – Coeficientes de rugosidade “n” de Manning.	40
Quadro 4 - Demanda de água não potável por habitante/dia.....	41
Quadro 5 – Dimensionamento de condutores horizontais e verticais.....	42
Quadro 6 - Planilha orçamentária dos materiais e serviços.	44
Quadro 7 – Forma de tarifa cobrada pela concessionária.....	52
Quadro 8 - Análise do volume de aproveitamento sobre a demanda de águas não potáveis.....	55
Quadro 9 - Redução do custo de água potável (R\$).	57
Quadro 10 – Conversão para KWh.	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Precipitação do Município de Belterra no período de 1998 a 2017.	51
Gráfico 2 - Precipitação média mensal na área de captação (m³).....	52
Gráfico 3 - Consumo real de água potável (m³) dos meses de 2017.	53
Gráfico 4 - Custo pelo consumo mensal de água e esgoto.	54
Gráfico 5 - Comparativo entre o consumo real de água potável e a precipitação média na área de captação.	55
Gráfico 6 - Demanda de água não potável e volume aproveitado.....	56

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 SISTEMAS DE SANEAMENTO	15
3.2 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS.....	17
3.3 HIDROMETRIA E PLUVIOMETRIA	18
3.4 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	19
3.5 ESTUDOS DE CASO DE USO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1 LOCALIZAÇÃO	26
4.2 ETAPAS E FASES DA PESQUISA.....	27
4.2.1 Etapa 1 – Caracterização da área de estudo.....	28
4.2.2 Etapa 2 – Estudo de concepção de projeto de captação de águas pluviais	28
4.2.3 Etapa 3: Determinação das variáveis de projeto	28
4.2.4 Etapa 4: Implantação do projeto de captação de águas pluviais proposto	32
4.2.5 Etapa 5: Análise do desempenho operacional do sistema.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
5.1 ETAPA 1: CARATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	34
5.2 ETAPA 2: ESTUDO DE CONCEPÇÃO DE PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	35
5.3 ETAPA 3: DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE PROJETO.....	38
5.3.1 Memorial de cálculo das variáveis do projeto	38

5.4 ETAPA 4: IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	43
5.5 ETAPA 5: ANÁLISE DO DESEMPENHO DO SISTEMA.....	50
5.5.1 Estudo de volume de captação.....	50
5.5.2 Estudo da redução do custo de utilização da água potável e esgoto	52
5.5.3 Estudo do consumo de energia elétrica.....	57
5.5.4 Estimativa do período de retorno financeiro	58
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1. INTRODUÇÃO

Há uma grande preocupação da sociedade em relação à conservação dos recursos naturais. Dentre estes, a água é um dos mais preciosos recursos, uma vez que é imprescindível para a vida do nosso planeta, e questões sobre sua permanência e manutenção vêm sendo cada vez mais discutida pela sociedade (MARINOSKI, 2008).

Cerca de dois terços da superfície do planeta Terra são dominados pelos oceanos. O volume total de água na Terra é estimado em torno de 1,35 milhões de quilômetros cúbicos, sendo que 97,5% deste volume é de água salgada, encontrada em mares e oceanos. Já 2,5% é de água doce, porém localizada em regiões de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Apenas 0,007% da água doce encontra-se em locais de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera (UNIÁGUA, 2006).

As técnicas de aproveitamento pluvial surgem como soluções sustentáveis que contribuem para o uso racional da água, proporcionando a conservação destes recursos para as futuras gerações. Segundo Campos (2004), o aproveitamento de água pluvial aparece neste início de Século XXI como uma alternativa a fim de substituir o uso de água potável em atividades em que esta não seja necessária, tais como, descargas de vasos sanitários, irrigação de jardins e lavagens de carros, pisos e passeios.

A viabilidade do uso de água da chuva em edificações é caracterizada pela diminuição da demanda de água fornecida pela companhia de saneamento, tendo como consequência a diminuição de custos de água potável e a redução do risco de enchentes em caso de chuvas fortes (MAY, 2004).

Dias (2007) afirma que a falta de água faz com que esse recurso natural se torne cada vez mais limitado e consequentemente, afeta diretamente o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida. Assim, é essencial a conscientização da população a respeito do uso racional da água, além da necessidade de implantação de um novo sistema de abastecimento de forma seletiva, uma vez que na maioria das edificações, a água de abastecimento se destina a prática de todas as atividades domésticas. O conceito de uso racional de água consiste na gestão não somente da demanda, mas de forma que os usos menos nobres sejam providos por água de qualidade inferior.

Nesse contexto, foi desenvolvido um sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis, instalado em uma residência do Residencial Salvação, localizado no município de Santarém. Tendo em vista a importância que a água desempenha em nosso dia-a-dia, é de extrema relevância a iniciativa de práticas para a disseminação de fontes alternativas de água para subsídio de forma sustentável, além de incentivar o aproveitamento de água da chuva, traz-se vantagens e economia para seus usuários.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Projetar, implantar e avaliar o desempenho operacional de um sistema residencial de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir usos múltiplos da água reaproveitada;
- Determinar demanda e consumo de água residência onde foi instalado o sistema;
- Dimensionar sistema residencial de aproveitamento de água da chuva;
- Verificar a viabilidade econômica e o período de retorno financeiro do sistema.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SISTEMAS DE SANEAMENTO

O World Health Organization – WHO (2004) define saneamento como o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social. De outra forma, pode-se entender que o saneamento caracteriza nos conjuntos de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar Salubridade Ambiental.

A responsabilidade pela prestação dos serviços de saneamento é oficialmente atribuída aos municípios, como titulares dos serviços públicos de interesse local, conforme definido na Constituição Brasileira (BRASIL, 1988).

A Lei Federal nº 11.445 de 2007 estabelece as diretrizes nacionais para o Saneamento Básico no Brasil, define saneamento básico como os serviços relacionados ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, gestão de resíduos sólidos e gerenciamento das águas pluviais. Organizando-se a gestão em cinco itens principais: Planejamento, regulação, fiscalização, prestação de serviços e participação e controle social.

Segundo Bovolato (2016), o oferecimento do saneamento integra a sistemas constituídos por uma infraestrutura física, bem como, estrutura educacional, legal e/ou institucional que abrange os seguintes serviços:

Abastecimento de água às populações, com qualidade compatível com a proteção de sua saúde e em quantidade suficiente para a garantia de condições básicas de conforto;
Coleta, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura dos esgotos sanitários, nestes incluídos os rejeitos provenientes das atividades doméstica, comercial e de serviços, industrial e pública;
Coleta, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura dos resíduos sólidos rejeitados pelas mesmas atividades;
Coleta de águas pluviais e controle de enchentes e inundações;
Controle de vetores de doenças transmissíveis (insetos, roedores, moluscos).

Pesquisas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES

possibilitam uma visualização do quadro sanitário do país, demonstrando as condições precárias a que está exposta grande parte da sociedade brasileira (PROSAB, 2009).

Com o crescimento demográfico e a expansão de áreas urbanas, o uso da água aumentou e, conseqüentemente, o volume de esgoto lançado em corpos d'água. Com isso, houve um aumento da extensão dos trechos poluídos e redução de extensões de rios com água de boa qualidade para captação, sendo que o espaço e o tempo insuficientes para a autodepuração das substâncias introduzidas nos corpos d'água (BRAGA; CARVALHO, 2003).

Deste modo, o sistema de tratamento de esgoto surge como um mecanismo de saneamento e uma solução para a preservação dessas águas, que é realizado por meio de estações de tratamento de esgoto que reproduzem, em um menor espaço e tempo, a capacidade de autodepuração dos cursos d'água. As águas recuperadas por essas estações possuem uma grande variedade de aplicações, entre elas: (i) irrigação de campos de esportes, praças etc.; (ii) usos paisagísticos; (iii) descarga de toaletes; (iv) combate a incêndios; (v) lavagem de automóveis; (vi) limpeza de ruas; (vii) usos na construção (PROSAB, 2006).

Outra importante vertente dentro dos sistemas de saneamento é a drenagem urbana que a Lei Federal nº 11.445 de 2007 define:

Sistema drenagem e manejo das águas pluviais urbanas como conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Segundo Rubinger (2008), é de total importância a identificação da maneira como as pessoas de uma comunidade entendem e lidam com as práticas sanitárias, dos seus hábitos de higiene e da percepção que têm da relação saúde-doença, pode ser fundamental para a criação, o planejamento e a implantação de políticas públicas.

3.2 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS

Estima-se que 95,1% da água do planeta é salgada, sendo imprópria para o consumo humano, dos 4,9% que sobram, 4,7% estão na forma de geleiras ou regiões subterrâneas de difícil acesso e, somente os 0,147% restantes estão aptos para o consumo em lagos, nascentes e em lençóis subterrâneos (MACEDO, 2001).

A água presente em nosso ambiente encontra-se em constante movimento. Os processos de transporte de massa tem lugar na atmosfera, na terra e nos oceanos. O conjunto desses processos é chamado de ciclo hidrológico e a energia necessária para seu funcionamento é de origem solar – mais precisamente, a diferença entre a radiação emitida pelo Sol e a refletida pela atmosfera terrestre. O insumo básico, em termos hídricos, constitui-se pela precipitação (FUNASA, 2006).

Weierbach (2008) define o ciclo hidrológico como a sequencia fechada de fenômenos pelos quais a água passa do globo terrestre para a atmosfera, na fase de vapor, e regressa nas fases líquida e sólida. A transferência de água da superfície do Globo para a atmosfera, sob a forma de vapor, dá-se por evaporação direta, por transpiração das plantas e dos animais e por sublimação (passagem direta da água da fase sólida para a vapor).

Segundo Thomas (2001), o Brasil tem recursos hídricos bastante abundantes, porém, apesar do país deter 12% da água doce do mundo, a distribuição ocorre de maneira desigual devido à disponibilidade dos recursos hídricos por região. Um exemplo é na região Nordeste que a disponibilidade de água doce é bastante precária, enquanto que no Norte, a região menos populosa do país, existe água em abundância.

As principais bacias hidrográficas do Brasil são do Rio Amazonas, do Tocantins, Araguaia, São Francisco, do Atlântico (Norte, nordeste, leste, sul, sudeste), do Uruguai, dos Rios Paraná e Paraguai, sendo, a maior rede hidrográfica mundial é a da Bacia Amazônica, que abrange uma área de drenagem da ordem de 6.112.000 Km², ocupando aproximadamente 42% da superfície do território brasileiro, se estendendo pela fronteira dos países vizinhos (ANEEL, 2007).

3.3 HIDROMETRIA E PLUVIOMETRIA

Para um gerenciamento adequado dos potenciais hidráulicos disponíveis no mundo, é fundamental conhecer o comportamento dos rios, suas sazonalidades e vazões, assim como os regimes pluviométricos das diversas bacias hidrográficas, considerando as suas distribuições espaciais e temporais, que exige um trabalho permanente de coleta e interpretação de dados, cuja confiabilidade torna-se maior à medida que suas séries históricas ficam mais extensas, envolvendo eventos de cheias e de secas (IBIAPINA, 2017).

A Hidrometria é a ciência que mede e analisa as características físicas e químicas da água, incluindo métodos, técnicas e instrumentação utilizados em hidrologia (PROSSIGA, 2003).

A bacia Amazônica é a maior bacia hidrográfica do mundo. Estende-se por sete países, drenando uma superfície de 37% da América do Sul assim discriminada: Brasil (63%), Peru (17%), Bolívia (11%), Colômbia (5,8%), Equador (2,2%), Venezuela (0,7%) e Guiana (0,3%), totalizando 6.112.000 km². A bacia limita-se a oeste e a sudoeste, pela cordilheira dos Andes, a norte, pelo escudo das Guianas e a leste e sudeste, pelo escudo brasileiro (GUYOT *et al.* 1993).

A parte da hidrologia que trata dos processos pelo qual se pode medir, ou avaliar, valores que representem, ou deem ideia, do tamanho de um evento de precipitação em uma região ou uma bacia hidrográfica, chama-se Pluviometria. O conhecimento dos totais precipitados constitui elemento importante na determinação das vazões superficiais e conseqüentemente suas disponibilidades para um perfeito gerenciamento do recurso hídrico (SALGUEIRO, 2005).

As informações geradas nas estações pluviométricas vêm geralmente acompanhadas de erros de leitura, transcrição e digitação, acumulação diária, defasagem nos horários de leituras, omissão de informações, entre outros. Por este motivo, faz-se necessário a depuração destes erros e o preenchimento das falhas. Depois de consistidos, os dados passam a ganhar a confiabilidade desejada para então serem disponibilizados aos usuários. Esses dados tornam-se fundamentais em estudos relacionados à gestão dos recursos hídricos, com aplicação nos setores hidroenergético, planejamento, saneamento básico, abastecimento público e industrial, irrigação e drenagem, pecuária, previsão do tempo, impacto ambiental, entre outros estudos (SALGUEIRO, 2005).

Mendonça *et al.* (2007) ressalta que o monitoramento pluviométrico deve apresentar uma densidade de estações adequadas ao local, com produção contínua e regularidade de dados meteorológicas; citando ainda, que com a consolidação da OMM ocorrida na década de 1950, foi o marco que impulsionou o monitoramento meteorológico em grande parte do mundo, no entanto, segundo o autor, somente os países desenvolvidos teriam investido melhor neste monitoramento, contando atualmente com séries de dados longas e confiáveis.

A precipitação é fundamental para a caracterização climática e o seu monitoramento tem fundamental importância para a gestão e manutenção dos recursos hídricos, pois, fornece dados que contribuem nos planejamentos públicos e nos estudos que buscam o uso sustentável da água (FERREIRA DA COSTA *et al.*, 1998).

Segundo Costa *et al.* (2007), os dados pluviométricos são essenciais para estudos de desmatamento da floresta Amazônica, onde está influenciando diretamente no desequilíbrio do meio ambiente, principalmente no ciclo hidrológico, onde em simulações mostraram um decréscimo significativo na evapotranspiração e na precipitação.

3.4 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Os sistemas residenciais de coleta de água da chuva são de fácil manuseio, custo de implantação baixo, dependendo da tecnologia adotada, e retorno de investimento rápido em regiões onde a precipitação anual é relativamente elevada. A água de chuva tratada de maneira simples pode ser aplicada com vantagens quando comparado com o sistema de reutilização de águas servidas, embora apresente a desvantagens em tempos de estiagem diminuir o volume de água coletada (MAY, 2004).

Considerando a utilização de água para fins não potáveis, a Agência Nacional das Águas (ANA) apresenta exigências mínimas de qualidade da água de acordo com as atividades a serem realizadas, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Exigências mínimas para água não potável para as atividades realizadas na residência.

Atividade	Exigência
Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos.	- não deve apresentar mau-cheiro; - não deve conter componentes que agredam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas; - não deve ser abrasiva; - não deve manchar superfícies; - não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para descarga em bacias sanitárias	- não deve apresentar mau-cheiro; - não deve ser abrasiva; - não deve manchar superfícies; - não deve deteriorar máquinas; - não deve formar incrustações.
Água para lavagem de veículos	- não deve apresentar mau-cheiro; - não deve ser abrasiva; - não deve manchar superfícies; - não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem; - não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para lavagem de roupa	- deve ser incolor; - não deve ser turva; - não deve apresentar mau-cheiro; - deve ser livre de algas; - deve ser livre de partículas sólidas; - deve ser livre de metais; - não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos; - não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Fonte: ANA, 2010.

Na área de captação, o tipo de textura do telhado é em parte responsável pela quantidade de água de chuva captada, sendo que quanto mais lisa a textura, melhor será a qualidade dessa água. Por esse motivo as telhas metálicas são comumente usadas, já as telhas de barro e de concreto são muito porosas, o que possibilita perdas devidas à textura, escoamento ineficiente e evaporação (MAY, 2004).

A quantidade de água de chuva que pode ser coletada está relacionada a três fatores: à área de captação, a precipitação atmosférica do local e ao coeficiente de

Runoff que é um fator entre a água que escoar superficialmente pelo total da água precipitada (MAY, 2004).

A necessidade de melhor gerenciar os recursos hídricos decorre da preocupação que atualmente assola a humanidade quanto aos seus limites de aproveitamento. O conhecimento da precipitação durante o ano é o fator determinante para estimar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico e industrial afirmam (BERTONI; TUCCI, 1993).

No Brasil, em alguns estados como São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Paraná, a retenção de água da chuva já é uma realidade e sua regulamentação foi criada no intuito de amenizar os impactos das constantes enchentes nas capitais desses estados. Em geral, as leis permitem três destinos para a água coletada: utiliza-la para fins não potáveis, liberá-la no lençol freático ou injetá-la nas galerias da rede pública, pelo menos uma hora após o término da chuva (RIGHETTO, 2009).

Para restabelecer o equilíbrio entre oferta e a demanda de água, métodos e sistemas alternativos modernos devem ser desenvolvidos e aplicados. Nesse sentido, reuso, reciclagem, gestão da demanda, entre outras, são práticas de relevante importância. A utilização de fontes alternativas de água é uma importante medida de racionalização, por exemplo: a eliminação ou a redução extrema de água potável como meio de transporte para os dejetos humanos reduz de modo eficaz o consumo de água (GONÇALVES *et al.*, 2006).

Para Fendrich (2009), o aproveitamento da água da chuva é um sistema relativamente simples que consiste:

Na captação, filtragem, armazenamento e distribuição da água que cai no telhado da edificação, cuja tecnologia para o uso nas edificações é a soma das seguintes técnicas:

- a) coleta da água da chuva que precipita no telhado;
- b) eliminação da água do início da chuva;
- c) instalação de unidades de sedimentação, filtragem, tratamento e melhoria da qualidade da água;
- d) armazenamento da água da chuva em reservatórios;
- e) abastecimento aos locais de uso;
- f) drenagem do excesso da água da chuva;
- g) complementação caso de estiagem prolongada.

O consumo de água residencial inclui tanto o uso interno quanto o uso externo as residências. As atividades de limpeza e higiene são as principais responsáveis pelo uso interno, enquanto o externo deve-se a irrigação de jardins, lavagem de áreas externas, lavagem de veículos e piscinas, entre outros. Estudos realizados no Brasil e no exterior mostram que dentro de uma residência o maior consumo de água concentra-se na descarga dos vasos sanitários, na lavagem de roupas e nos banhos. Em média, 40% do total de água consumida em uma residência são destinados aos usos não potáveis (PROSAB, 2009).

Segundo Terpstra (1999), a água para consumo humano possui usos potáveis e não potáveis. Os usos potáveis são: higiene pessoal, para beber e preparação de alimentos e os usos não potáveis são: lavagem de roupas, carros, irrigação de jardins, descarga de vasos sanitários, piscinas e etc. Nas atividades onde não se exige necessariamente o uso de água potável, podem-se utilizar fontes alternativas de água, dentre as quais podemos citar o aproveitamento de águas pluviais.

Para Gonçalves (1995) o consumo de água não depende apenas do nível sócio econômico de um povo e do bem estar associado, mas também da eficiência das tecnologias e processos que a utilizam. É necessário dar ênfase para os usos finais, ou seja, do modo como a água está sendo utilizada. Propõem-se para tal, a avaliação de melhorias na eficiência de equipamentos hidráulicos no setor residencial. O sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva, quando corretamente dimensionado e executado, propiciará a obtenção de água de qualidade adequada aos usos não potáveis previstos, trazendo um uso final sustentável.

Segundo ALVES *et al.* (2008), pode-se considerar que três grandes virtudes são frequentemente associadas ao aproveitamento da água de chuva em edificações: diminuição da demanda de água potável do sistema público de abastecimento, diminuição do pico de inundações quando aplicada em larga escala de forma planejada em uma bacia hidrográfica e possibilidade de redução de despesas com água potável por parte do usuário da residência.

Alguns fatores impedem que os aproveitamentos das águas pluviais sejam mais satisfatórios, entre eles estão, os materiais particulados de diversas dimensões e microrganismos presentes da água (através de processos da precipitação e/ou contato com o telhado no escoamento) causam deterioração da qualidade das

águas de chuva, com desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis, além de riscos à saúde, cujos níveis ainda não são conhecidos. Além desses fatores, também características inerentes aos locais de captação da água de chuva podem influenciar na sua qualidade (PROSAB, 2009).

3.5 ESTUDOS DE CASO DE USO DE ÁGUAS PLUVIAIS

No Brasil diversas pesquisas foram desenvolvidas voltadas para a utilização da água captada em atividades domésticas e industriais, como por exemplo, trabalhos apresentados por Moreira Júnior (2013), que desenvolveu na cidade de Planaltina-DF uma pesquisa com o seguinte objetivo geral de verificar a viabilidade econômica de implantação de um sistema com aproveitamento da água pluvial, em uma residência unifamiliar situada em Planaltina-DF. Neste sistema, armazenaram a água da chuva e depois a utilizaram nos vasos sanitários e torneiras de jardim.

A metodologia aplicada por Moreira Júnior (2013) consistiu em levantar o consumo de água de uma residência unifamiliar, com dois moradores, na cidade de Planaltina-DF sem o sistema de aproveitamento de água pluvial implantado. Além desta informação, utilizou o recolhimento de dados pluviométricos da região e elaboração de projetos hidrossanitários, sendo, um sistema de água fria convencional e outro de reaproveitamento de água pluvial. Realizaram os projetos, elaboraram os orçamentos e executaram os mesmos.

Segundo Moreira Júnior (2013), a economia gerada no sistema foi igual à economia de água, menos o gasto adicional na conta de luz, que é igual R\$ 2,82. Com o investimento de R\$ 5946,84 reais para fazer o sistema de aproveitamento de água pluvial, o tempo de retorno do investimento será mais de 100 anos, período muito longo, tornando o sistema para residencial unifamiliar inviável economicamente para residência estudada.

Em geral, os sistemas de uso de águas pluviais para fins não nobres têm sido utilizados com o objetivo de reduzir o consumo de água potável, evitar a sobrecarga de sistema público de esgotamento unitário – esgoto e águas pluviais e, também abastecer lagos artificiais. São adequados para a aplicação em diversas tipologias

de edifícios, mas principalmente em escolas e indústrias, por terem grandes áreas de telhado para captação e, também, grandes demanda de águas (FUNASA, 2010).

Kruger (2012) estudou o reuso de água da chuva coletada no bloco c da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão. Os objetivos específicos da pesquisa foram: estimativa das demandas para limpeza das áreas internas e externas de água do Bloco C; levantamento de demanda e do número de aparelhos hidrossanitários no Bloco C; levantamento da série histórica de dados pluviométricos de Campo Mourão (11 anos); dimensionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva, desde a captação até sua distribuição; levantamento dos custos de aquisição, implantação e manutenção do sistema de aproveitamento de água da chuva; estudo do retorno financeiro do sistema de reuso de água da chuva.

A metodologia de Kruger (2012) consistiu primeiramente no levantamento de dados que inclui as demandas que o sistema de reuso de água pluvial iria suprir. Em seguida, Moreira (2013) analisou a área de captação e os dados pluviométricos para assim dimensionar os reservatórios (cisterna, caixa d'água elevada e o de descarte). Após isto, dimensionaram-se as bombas, tubulações e os projetos complementares para, enfim, levantar o custo e realizar o retorno financeiro do sistema de reuso.

Realizando um orçamento pode-se constatar a possibilidade de implantar esse sistema na Universidade Tecnológica Federal do Paraná *campus* Campo Mourão e que teria um período de retorno do investimento em 6 anos e 6 meses aproximadamente, caso viessem a cobrar taxa da água utilizada na universidade e que propiciaria uma economia de 520 m³ por ano de água potável.

Rodon *et al* (2015) elaboraram uma pesquisa sobre novos sistemas de abastecimento de forma seletiva, onde implantaram um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em residência na cidade de São Paulo, com o objetivo de coletar água da chuva que cai no telhado por um conjunto de calha e direcioná-las para um reservatório, onde é armazenada a fim de ser utilizado quando necessário.

A área total de contribuição foi 126m², constituído por telhado de configuração retangular de escoamento superficial em “quatro águas” com quatro pontos de escoação. O sistema de captação para escoamento de águas pluviais foi implantado em apenas um dos lados do telhado (31,5m²) por meio do sistema de calha com um

condutor vertical e foi instalado um desvio para abastecer diretamente o reservatório (1750 litros) para águas pluviais.

Nesta primeira fase, a viabilidade econômica da implantação do sistema de aproveitamento das águas pluviais foi avaliada a partir da comparação dos valores mensais cobrados após a instalação no mês de março de 2015 com os meses correspondentes do ano anterior pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP.

A comparação de consumo com o mesmo período de 2014 mostrou, que o consumo médio nesse período foi de 21,3 m³ (Intervalo de Confiança - IC 95%: 16,5; 23,8), enquanto que em 2015 foi de 15,7 m³ (IC 95%: 13,8; 16,9). O resultado apresentou diferença significativa entre as duas séries ($p=0,018$). Com essa redução, esse consumidor atingiu a meta de redução recebendo um bônus mensal como desconto no valor de sua conta de água.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO

O trabalho foi desenvolvido no Residencial Salvação que está localizado no município de Santarém, especificamente na margem esquerda da Rodovia Fernando Guillhon – PA-457 Everaldo Martins, possui 3.081 unidades e abriga cerca de 15 mil pessoas.

O Município de Santarém localizado no norte do Brasil na Mesorregião do Baixo Amazonas, na margem direita do rio Tapajós, de coordenadas geográficas: 2° 24'52"S e 54°42'36" W e situa-se em nível médio de altitude de 35m. Abrange uma área de 22 887,080 km², sendo que 77 km² estão em perímetro urbano. Em frente á cidade, o Rio Tapajós se encontra com o Rio Amazonas (IBGE, 2015).

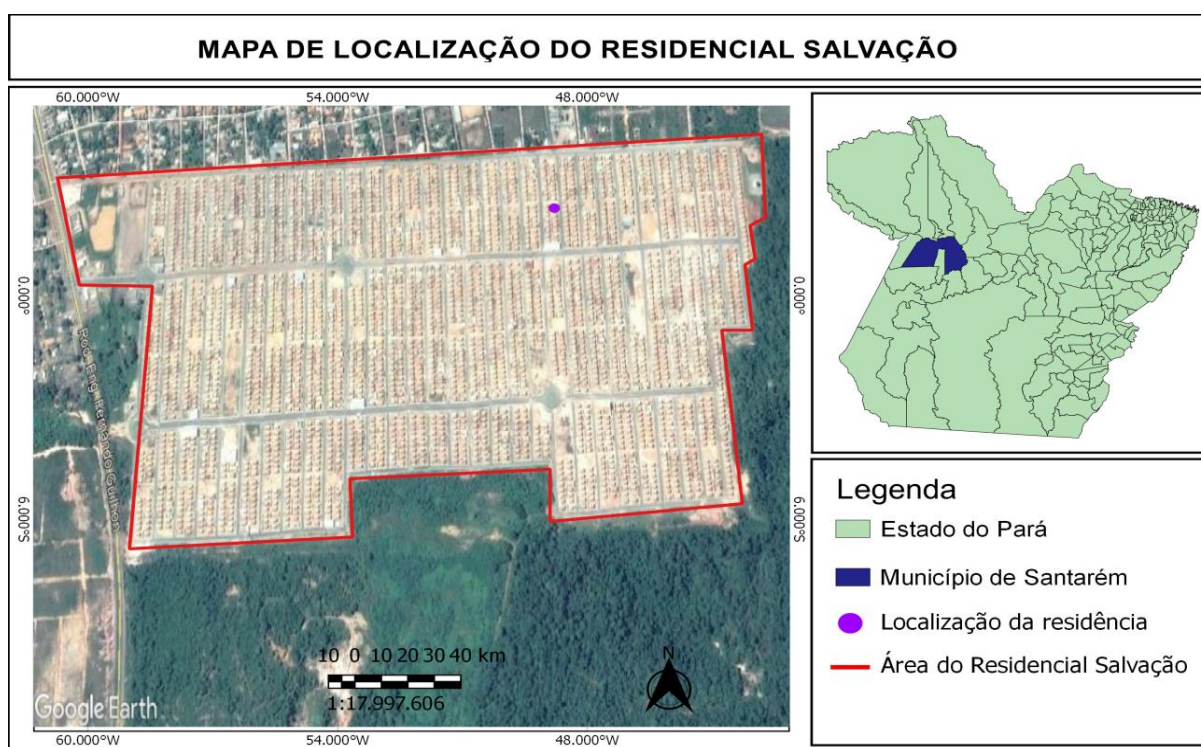


Figura 1 - Mapa de localização da Residência dentro Residencial Salvação.

Na Figura 2 é exibida a residência que recebeu a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.



Figura 2 - Residência que recebeu o sistema de águas pluviais

4.2 ETAPAS E FASES DA PESQUISA

Para a verificação do potencial de economia de água potável obtido através de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, no Residencial Salvação, foi desenvolvida uma metodologia que compreende as seguintes etapas: Caracterização da área de estudo; estudo de concepção de projeto de captação de águas pluviais; determinação das variáveis do projeto e implantação do projeto e análise do desempenho do sistema (esta etapa dividida na fase de avaliação econômica e viabilidade).

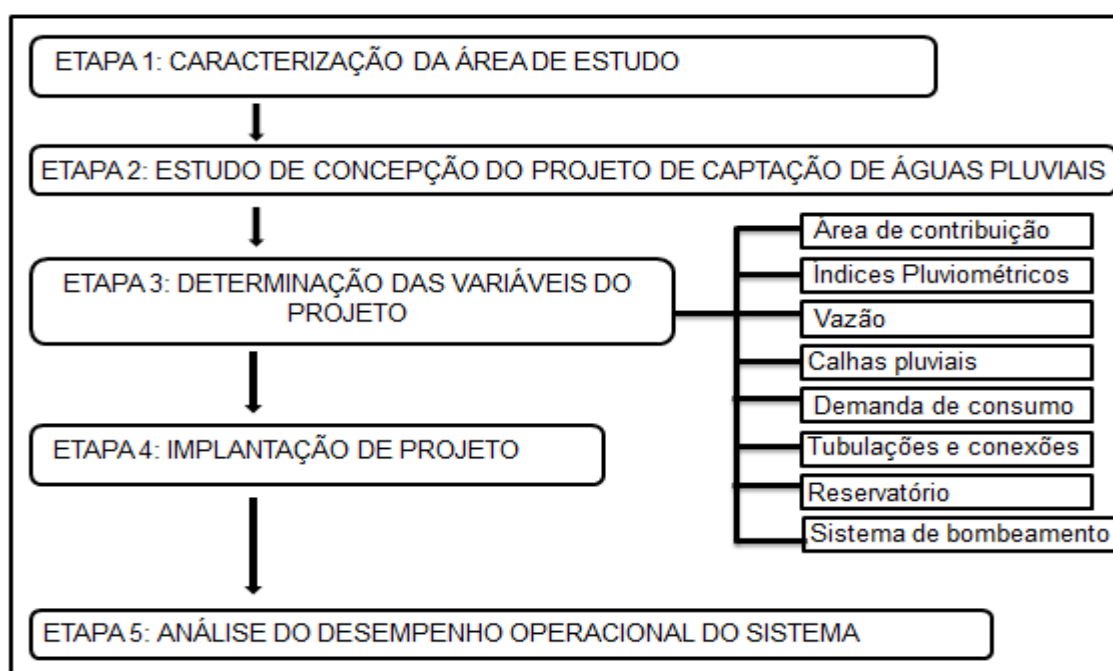


Figura 3 - Fluxograma da metodologia.

4.2.1 Etapa 1 – Caracterização da área de estudo

A caracterização da área de estudo foi realizada através de levantamentos bibliográficos a cerca do Projeto “minha casa, minha vida” do Governo Federal, devido à residência está inserida nesse programa habitacional, e também através de interrogatório com os próprios moradores da residência.

4.2.2 Etapa 2 – Estudo de concepção de projeto de captação de águas pluviais

O estudo de concepção do projeto de captação de águas pluviais seguiu e atendeu todos os requisitos prescritos na NBR 15527/2007 - Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

4.2.3 Etapa 3: Determinação das variáveis de projeto

Para a determinação das variáveis de projeto e dimensionamento do sistema de aproveitamento da água de chuva, foi utilizada como base a NBR 15527 - Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, publicada em vinte e quatro de outubro de 2007 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

A seguir são apresentadas as variáveis utilizadas neste estudo

- **Área de contribuição**

Segundo a NBR 10844/1989 - Instalações prediais de águas pluviais – a área de contribuição é a soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação.

Ainda na NBR 10844/1989, dispõe o cálculo da área de contribuição, devem-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptem água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura.

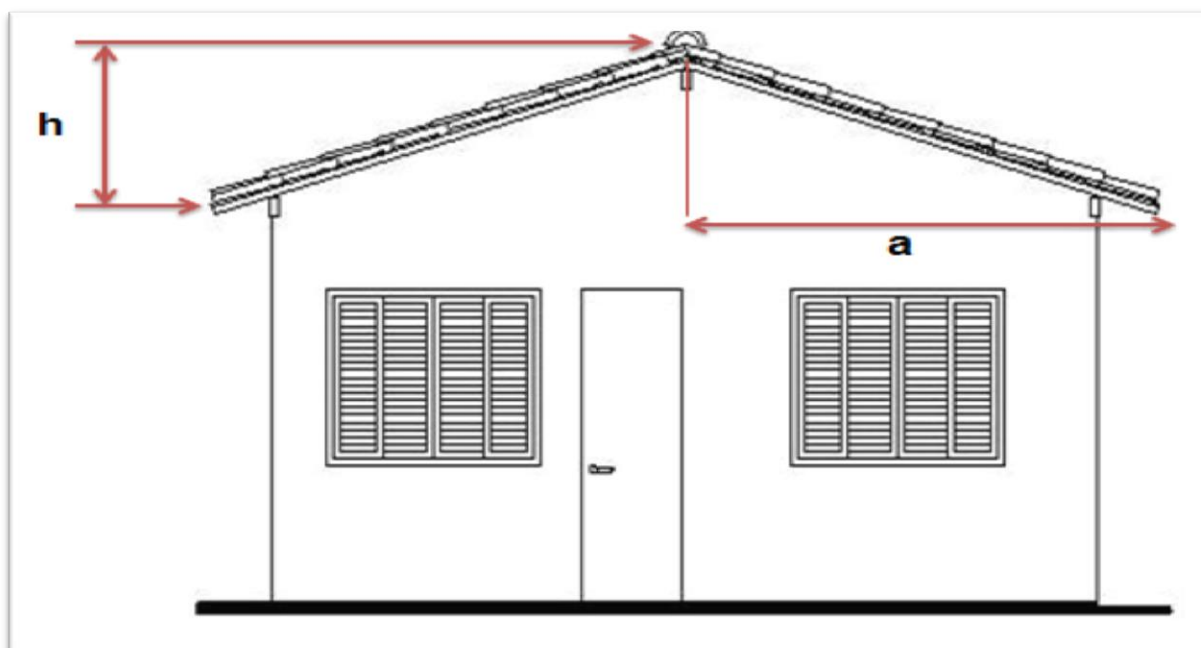


Figura 4 - Superfície inclinada do telhado da residência do projeto

A fórmula disponibilizada pela NBR 10844/1989 é a seguinte:

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \cdot b \quad (Eq. 1)$$

$$AT = A \cdot 2 \quad (Eq. 2)$$

Sendo:

A = Área inclinada (m²) por queda.

AT = Área Total da superfície inclinada do telhado

a = Base (m)

b = Largura (m)

h = Altura do telhado (m)

- **Intensidade Pluviométrica**

A intensidade pluviométrica é um coeficiente entre a altura pluviométrica precipitada num intervalo de tempo e este intervalo, foi definida através da NBR 10844/1989 - Instalações prediais de águas pluviais, para a região do Alto Tapajós com um período de retorno de cinco anos.

- **Vazão**

Vazão do projeto é de suma importância, pois, da referência para o dimensionamento de condutores e calhas, é calculada pela fórmula:

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

Sendo:

Q = Vazão de projeto (L/min)

I = Intensidade pluviométrica (mm/h)

A = Área de contribuição (m²)

- **Calhas pluviais**

As calhas pluviais são fundamentais no projeto de aproveitamento de águas pluviais, pois, exercem a função de coletar a água recolhida no telhado da edificação até os coletores que conduzem a mesma até o reservatório do sistema para sua armazenagem.

Neste projeto foram dimensionadas calhas de seção semicircular, para isso foi utilizada a equação que determina intensidade de chuva e vazão, uma vez que o sistema deverá ser capaz de suportar e drenar a máxima precipitação que foi deduzida, ou seja, são dimensionadas supondo índices pluviométricos e período de retorno altos, de forma a se operar com a máxima eficiência.

- **Demanda de consumo**

A demanda de consumo de águas pluviais na residência foi determinada de acordo com o quadro1 de demanda de água para consumo interno e externo em uma residência popular proposto por Thomas (2000), onde foi definido o volume e frequência com base nos usos d'água da residência.

Quadro 2 – Demandas de água não potável.

Demanda interna	Faixa	Unidade
Vaso Sanitário – volume	6 – 15	L/descarga
Vaso sanitário – frequência	4 – 6	Descarga/hab/dia
Máquina de lavar roupa – volume	100 – 200	L//ciclo
Máquina de lavar roupa – frequência	0,2 – 0,3	Carga/hab/dia
Demanda externa	Faixa	Unidade
Rega do jardim – volume	2	L/dia/m ²
Rega do jardim – Frequência	8 – 12	Lavagem/mês
Lavagem de Automóvel - volume	80 -150	L/lavagem/moto
Lavagem de Automóvel - Frequência	1 -4	Lavagem/mês

Fonte: THOMAZ, 2000.

O quadro mostra a demanda interna e externa da residência, determina os usos e faixas de consumo com respectiva unidade de medição.

- **Tubulações e conexões**

As tubulações, conexões e demais componentes são claramente diferenciados das tubulações de água potável e o sistema de distribuição de água de chuva deve ser independente do sistema de água potável, não permitindo a conexão cruzada de acordo com ABNT NBR 5626 que estabelece a instalação predial de água fria.

Segundo a NBR 10844/89 - Instalações prediais de águas pluviais, os condutores são tubulações destinadas a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares e conduzi-las até o reservatório.

- **Reservatório**

Os reservatórios foram dimensionados para atender apenas o volume necessário de demanda da residência, porém, por retenção de custos os mesmos tiveram o volume adotado.

- **Sistema de Bombeamento**

A bomba utilizada no sistema de águas pluviais foi dimensionada por meio do catálogo de fabricante Hammer, que disponibiliza a vazão máxima. Posteriormente, foi utilizada a fórmula para definir a potência do sistema de bombeamento.

A equação a seguir determina a potência da bomba:

$$N = (1000 \cdot Q \cdot H) / 75 \quad (Eq. 4)$$

Sendo:

N = Potência da bomba (C.V)

Q = Vazão máxima da bomba (m³/s)

H = Altura manométrica total (m)

4.2.4 Etapa 4: Implantação do projeto de captação de águas pluviais proposto

O projeto de captação de águas pluviais teve como principais componentes a cobertura de telhado (área de contribuição) com formato duas águas, que são responsáveis pelo escoamento da água da chuva até as calhas que foram interligadas por conexões tipo joelho de 90° e te de 100mm, nos coletores verticais e horizontais (tubo 100mm), que conectaram diretamente com o reservatório inferior, passando posteriormente por uma bomba de ½ CV, que recalcou a água para um reservatório de superior, este, distribuiu a água através de tubos de 25 e 20mm pela ação da gravidade.

4.2.5 Etapa 5: Análise do desempenho operacional do sistema

A análise do desempenho do sistema foi definida através de avaliação da viabilidade econômica do aproveitamento de água de chuva, para as condições do Município de Santarém, considerando o valor do investimento necessário e a economia obtida pela redução do consumo de água e esgoto do sistema público.

Segundo Gomes (2005), são dois os indicadores do Período de Retorno de Capital (PRC): o PRC não-descontado e o PRC descontado.

O PRC não-descontado é o período (meses ou anos) necessário para o retorno do investimento inicial, sem se levar em conta as taxas de juros e de aumento das grandezas monetárias durante a análise do projeto. O valor do PRC indica quanto tempo é necessário para que os benefícios se igualem ao custo de investimento.

O tempo de retorno descontado é o número de período que zera o VPL do projeto, levando-se em conta a taxa de juros e de aumento das parcelas incidentes.

A análise do PRC está diretamente relacionada com a duração da vida útil do projeto. Se o tempo de retorno do capital é superior ao período de vida útil do projeto, o investimento correspondente não será atrativo.

De acordo com as informações acima, foi adotado o PRC não-descontado, que é o período necessário para que as economias e benefícios do sistema igualem o custo inicial de investimento.

Obtendo-se o custo por mês que o sistema antigo gastava e o investimento com o novo sistema, é possível calcular o retorno financeiro, ou seja, calcular o retorno deste investimento comparando (R\$), comparando com a economia gerada pelo sistema (R\$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ETAPA 1: CARATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Residencial Salvação do programa “Minha casa, minha vida” do Governo Federal em parceria com a Caixa econômica e as prefeituras. Foi criado em 2009 com o objetivo de tornar a moradia acessível para as famílias organizadas por meio de cooperativas habitacionais, associações e demais entidades privadas sem fins lucrativos. O programa, ligado à Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades, é dirigido a famílias de renda bruta de até R\$1.600,00 e estimula o cooperativismo e a participação como protagonista na solução dos seus problemas habitacionais (CAIXA, 2009).

Todas as residências entregues por esse programa habitacional apresentam as mesmas medidas e modelos arquitetônicos, na totalidade apresentam 42 m² de área construída, com seis cômodos, sendo estes: dois quartos, um banheiro, uma cozinha, uma sala e uma área de serviço.

As instalações hidrossanitárias compõem sete pontos de água fria, que são abastecidos pela concessionária Companhia de Saneamento do Pará - COSANPA, distribuídos em: duas torneiras externas, uma torneira para a pia da cozinha, uma para utilização da máquina de lavar roupa, um ponto d'água para o vaso, um para chuveiro e outro para o lavatório.

Na Figura 5 é apresentada a situação do sistema de saneamento básico do residencial salvação.

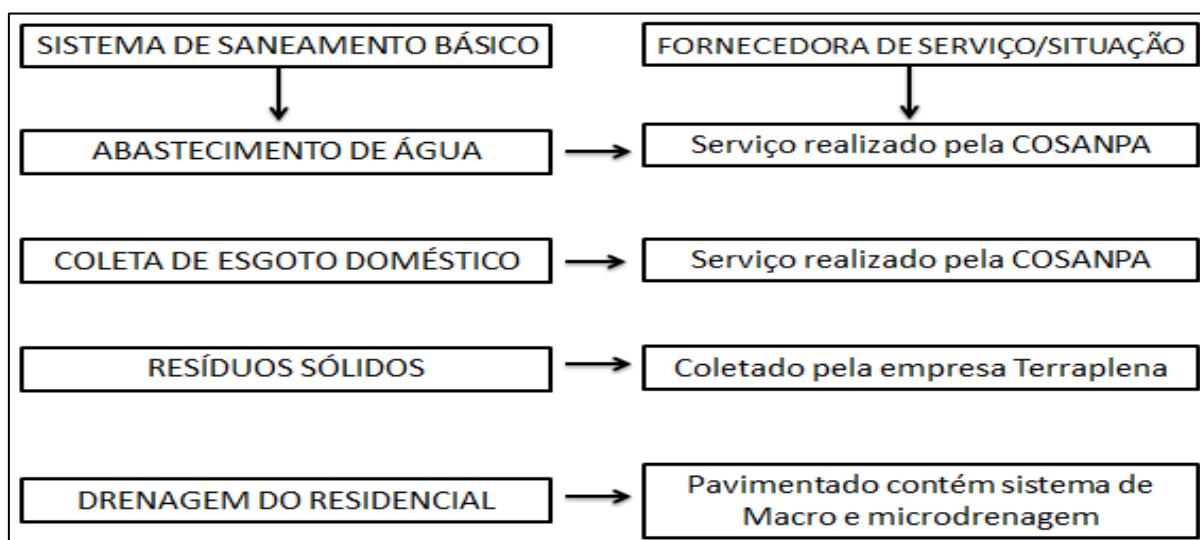


Figura 5 – Situação do sistema de saneamento básico do residencial salvação.

Pode ser observado, que o residencial salvação tem abastecimento de água e coleta de esgoto doméstico pela Concessionária COSANPA, e a coleta de resíduos sólidos é realizada por uma empresa Terraplina que é terceirizada pela prefeitura de Santarém. A drenagem do residencial Salvação consiste em um sistema de micro e macrodrenagem, constituídos por pavimento das vias, guias e sarjetas, bocas de lobo, poço de visita, e galerias, que coletam e escoam toda a contribuição de água da chuva para uma lagoa de dissipação.

5.2 ETAPA 2: ESTUDO DE CONCEPÇÃO DE PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para a escolha do melhor layout de concepção do projeto de captação de águas pluviais foram realizadas visitas *in loco* para reconhecimento do local e definição das variáveis do projeto com seus devidos cálculos, que subsidiaram a definição dos materiais, posicionamento e volume dos reservatórios, localização da bomba e rede de distribuição dessa água na residência, que são procedimentos necessários para que a implantação desse sistema fosse realizada, o layout do sistema proposto é apresentado a seguir na figura 6:

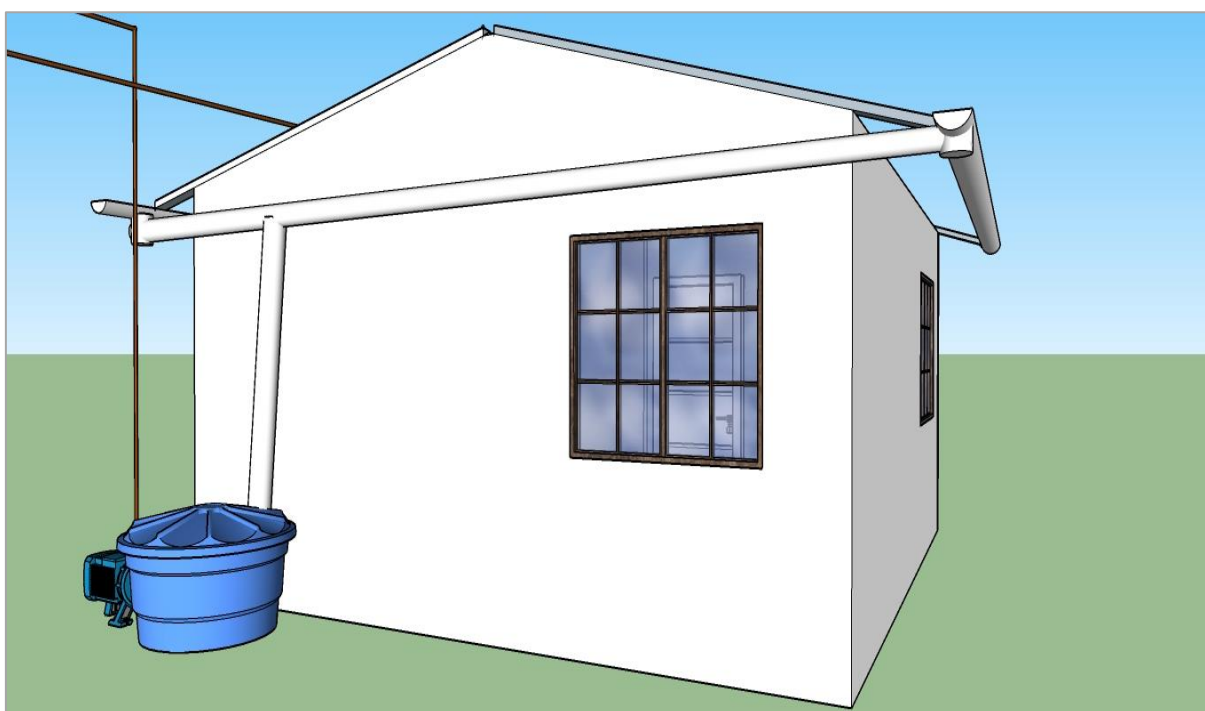


Figura 6 - Layout de captação do projeto.

O layout definido na concepção do sistema foi: com calhas circulares dos dois lados da casa com saída d'água sentido fundos da residência. Para os condutores horizontais foram utilizados tubos PVC 100mm interligando as calhas através de joelhos de 90° de 100mm, com ligação direta dos condutores horizontais e o condutor vertical (tubo de 100mm) intermediada por um Tê de 100mm, que ligou diretamente através de um furo na tampa do reservatório inferior (Polietileno de 500 litros).

Uma bomba de $\frac{1}{2}$ CV na parte externa da residência para succionar a água do reservatório inferior e recalcar para o reservatório superior de 310 litros, conforme apresenta a Figura 7.

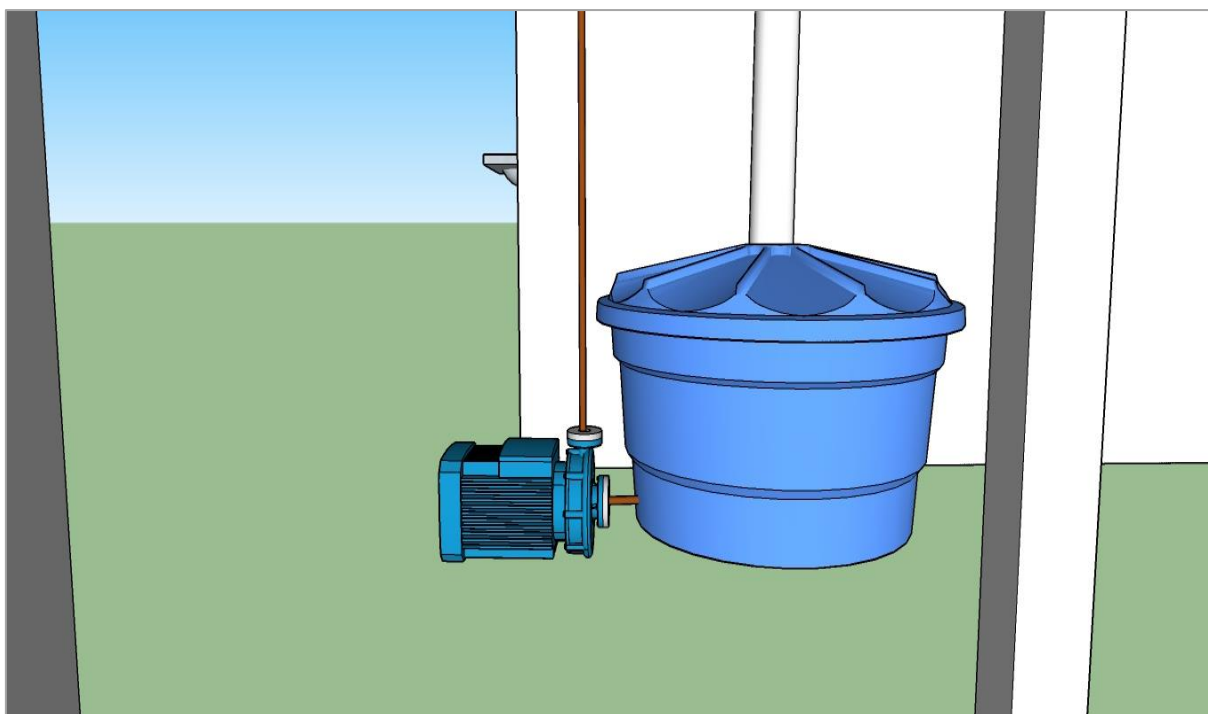


Figura 7 – Instalação da Bomba

A Figura 7 mostra que o reservatório inferior tem saída d'água ligada diretamente na bomba, fazendo com que diminua a perda de carga na sucção.

No componente rede de distribuição são utilizados tubos PVC 25mm e 20mm com inclinação de 3% após a saída do reservatório correndo entre estrutura da cobertura e o forro da residência.

A figura 8 apresenta a distribuição dos pontos de água da chuva no sistema.

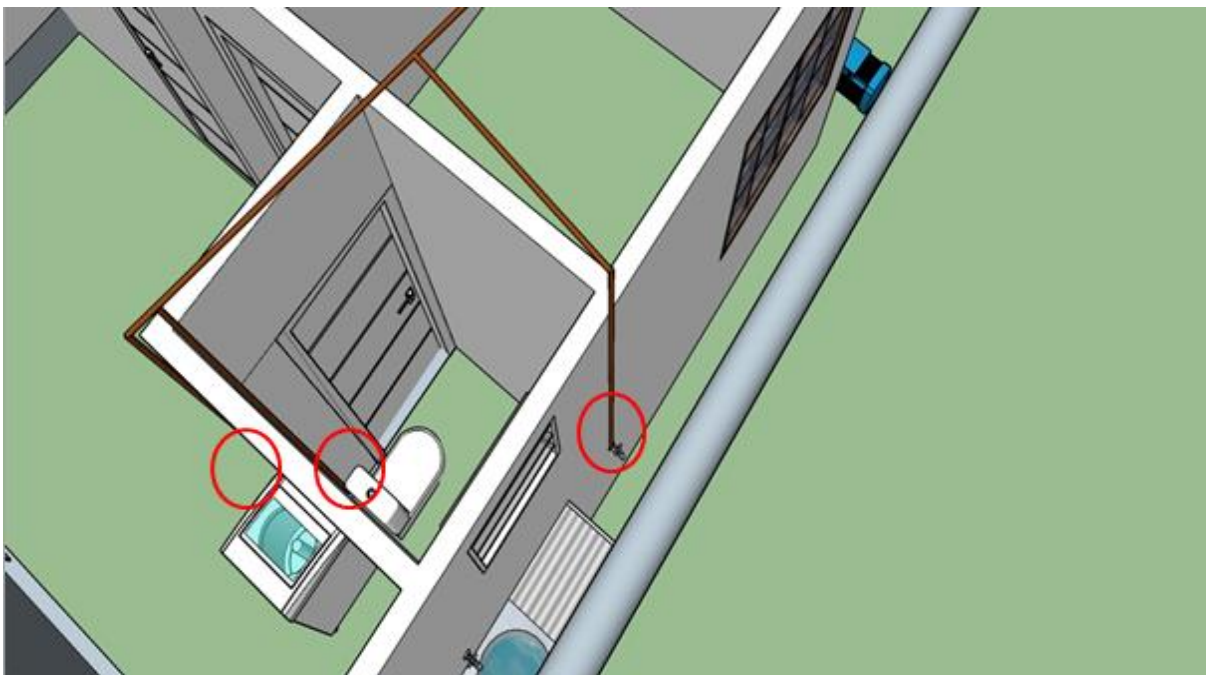


Figura 8 - Pontos de água da chuva.

Determinaram-se dois pontos d'água interno para demanda do vaso sanitário e máquina de lavar roupa e um ponto d'água externo para usos múltiplos (não potáveis).

A figura 9 mostra o sistema de distribuição de águas pluviais na residência, com todos os componentes essenciais.

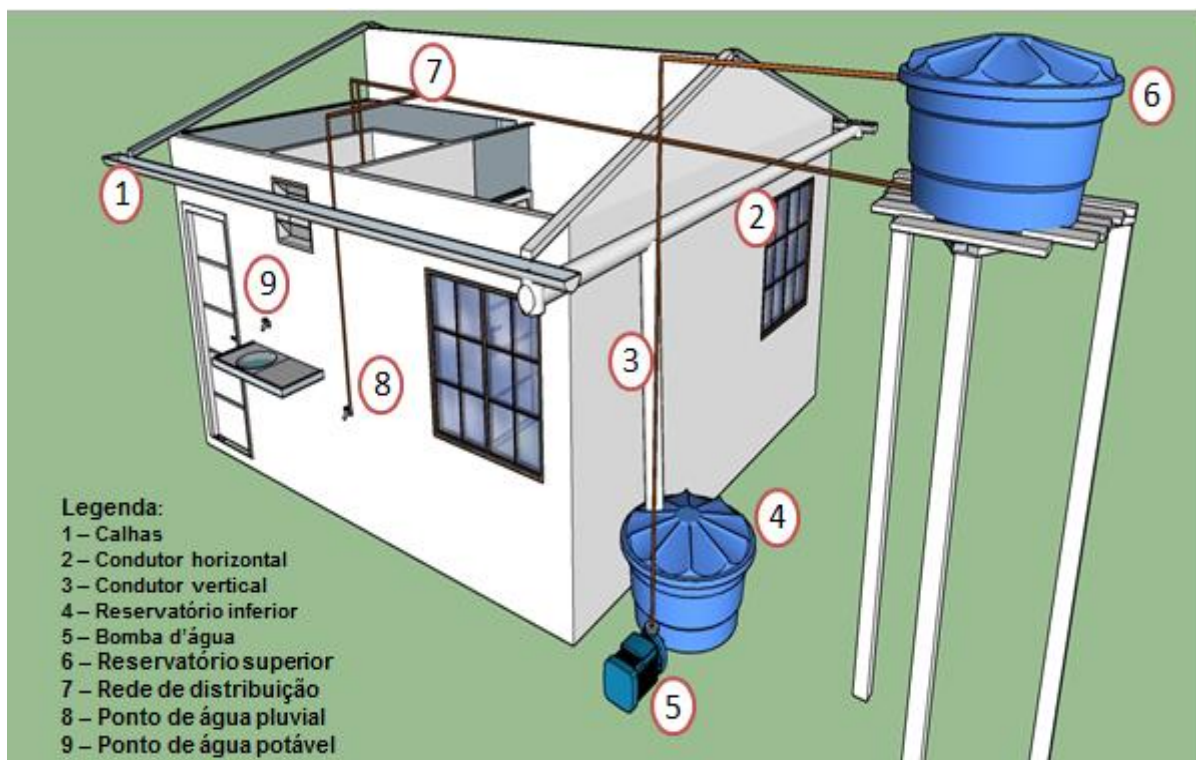


Figura 9 - Sistema de distribuição de águas pluviais na residência.

5.3 ETAPA 3: DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE PROJETO

As variáveis de projeto e dimensionamento de um sistema de aproveitamento da água de chuva foram subsidiadas pela ABNT NBR 15527/2007 que apresenta prescrições voltadas a Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

5.3.1 Memorial de cálculo das variáveis do projeto

- **Área de contribuição**

A fórmula disponibilizada pela NBR 10844/1989 é a seguinte:

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

$$A = \left(2,885 + \frac{1,15}{2}\right) \cdot 8,5$$

$$A = 25,95 \text{ m}^2 \text{ por queda d'água}$$

$$AT = A \times 2$$

$$AT = 25,95 \times 2 = 51,90 \text{ m}^2$$

Sendo:

A = Área inclinada (m² por queda d'água).

AT = Área Total da superfície inclinada do telhado (m²)

a = Base (2,885 m)

b = Largura (8,5 m)

h = Altura do telhado (1,15 m)

- **Intensidade Pluviométrica**

A intensidade pluviométrica foi definida através da NBR 10844/1989 - Instalações prediais de águas pluviais, para a região do Alto Tapajós é de 229 mm/h com um período de retorno de cinco anos.

- **Vazão**

Vazão do projeto é de suma importância, pois, da referência para o dimensionamento de condutores e calhas.

A vazão de projeto foi calculada pela fórmula:

$$Q = \frac{I \cdot AT}{60}$$

$$Q = \frac{229 \times 58,82}{60}$$

$$Q = 224,50 \text{ l/min}$$

Sendo:

Q = Vazão de projeto (L/min)

I = Intensidade pluviométrica (229 mm/h)

AT = Área Total da superfície inclinada do telhado (58,82 m²)

- **Calhas pluviais**

Para dimensionamento de calhas semicirculares utiliza-se a NBR 10844/89:

Área da seção molhada (S):

$$S = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \quad (Eq. 5)$$

$$S = \frac{\pi \cdot 0,0625^2}{2}$$

$$S = 0,0061 \text{ m}^2$$

Sendo:

S = Área da seção molhada (m²)

r =raio (m²)

$\pi = 3,1415$

Perímetro molhado (P):

$$P = \pi \cdot r + d \quad (Eq. 6)$$

$$P = \pi \cdot 0,0625 + 0,125$$

$$P = 0,321m$$

Sendo:

S = Perímetro molhada (m)

r =raio (m)

d = diâmetro (m)

$\pi = 3,1415$

Raio hidráulico (Rh):

$$Rh = s/p \quad (Eq. 7)$$

$$Rh = \frac{0,0061}{0,321}$$

$$Rh = 0,019 m$$

Quadro 3 – Coeficientes de rugosidade “n” de Manning.

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

Fonte: ABNT NBR 10.844/89.

Após definir as variáveis, aplica-se a fórmula de Manning:

$$Q = 60.000 \cdot \left(\frac{S}{n}\right) \cdot [RH]^{(2/3)} \cdot I^{(1/2)} \quad (Eq. 8)$$

$$Q = 60.000 \cdot \left(\frac{0,061}{0,011}\right) \cdot 0,019^{2/3} \cdot 0,5^{1/2}$$

$$Q = 16,75 \text{ l/min}$$

Sendo:

Q = Vazão do projeto (L/min)

S = Área da seção molhada (m²)

P = Perímetro molhado (m)

$RH=S/P$ = Raio hidráulico (m)

n = coeficiente de rugosidade de Manning conforme tabela (0,011)

I = Declividade (m/m).

K = 60000

- **Demanda de consumo**

De acordo com a demanda de consumo interno e externo proposto por Thomaz (2010), foi elaborado a faixa de frequência e volume de água gastos em cada tipo de uso não potáveis, foi levado em consideração o número de habitantes na residência, que são 7 moradores.

O Quadro 4 determina as faixas e as frequências que foram escolhidas de acordo com as observações e interrogatórios informais realizados com os moradores da residência.

Quadro 4 - Demanda de água não potável por habitante/dia.

Demanda de água não potável	Faixa Vol/L	Faixa Freq.	L/hab/dia
Vaso Sanitário	6	4	24,0
Máquina de lavar roupa	100	0,2	20,0
Rega do jardim/lavagem de calçada	2x5	12	17,15
Lavagem de Automóvel	80	2	22,85
Demanda individual total			84,00

A demanda de água não potável individual é de 84 litros/dia como apresenta o quadro 4.

Considerando sete moradores na residência, têm-se uma demanda mensal de 17.640 litros/mês de água não potável, como mostra o cálculo abaixo:

$$\text{Demanda não potável (mês)} = \text{demanda diária} \times n^{\circ} \text{ hab} \times n^{\circ} \text{ de dia no mês}$$

$$\text{Demanda não potável (mês)} = 84 \times 7 \times 30$$

$$\text{Demanda não potável (mês)} = 17.640 \text{ Litros/mês.}$$

Segundo a norma técnica SABESP NTS 181/2012 que dispõe sobre dimensionamento do ramal predial de cavalete e hidrômetro - Primeira ligação, o consumo per capita para uma residência de padrão popular é de 150 litros. Então, foi realizada a regra de proporção de água para fins não potáveis, que determinou a demanda mensal de água para fins não potáveis na residência correspondente a 56%.

- **Tubulações e conexões**

Foram dimensionados condutores verticais e horizontais com diâmetro nominal de 100mm definidos através de Macintyre (2007) e que foram colocadas externamente na residência, sendo dois condutores horizontais e um condutor vertical interligado diretamente no reservatório inferior. O Quadro 5 mostra o dimensionamento de condutores horizontais e verticais.

Quadro 5 – Dimensionamento de condutores horizontais e verticais.

Diâmetro (mm)	Área máxima de telhado (m ²)
50	13,6
75	42
100	91
150	275

Fonte: Macintyre, 2007.

Os condutores verticais e horizontais ficaram determinados com diâmetro de 100mm, e a tubulação da rede distribuição foi definida com 25mm no barrilete e 20mm para alimentar os pontos de água.

- **Reservatório**

Os reservatórios inferior e superior foram dimensionados de acordo com a NBR 10844/1989 - Instalações prediais de águas pluviais, porém, o volume apresentou um valor muito alto, o que resultaria em reservatórios de alto custo.

Portanto, para atender padrões econômicos do residencial salvação, onde este piloto pode ser duplicado, neste trabalho adotou-se o reservatório inferior com volume de 500 litros e o reservatório superior com volume de 310 litros, totalizando o armazenamento de 810 litros de volume total.

- **Sistema de Bomba**

A potência da bomba foi determinada pelo cálculo seguinte:

$$N = (1000 \cdot Q \cdot H) / 75$$

$$N = (1000 \times 0,00053 \times 5,8) / 75$$

$$N = 0,04 \text{ CV}$$

Sendo:

N = Potência da bomba (C.V)

Q = Vazão máxima da bomba (m³/s)

H = Altura manométrica total (m)

Determinou-se a bomba de ½ C.V, por apresentar valor mais próximo do dimensionado e disponibilidade de mercado.

5.4 ETAPA 4: IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais na residência ocorreu após dimensionamento do projeto, porém, alguns ajustes do *layout* foram alterados visando à eficiência, operação do sistema, estética da residência (evitando quebrar parede) e possíveis transtornos futuros.

A primeira etapa de implantação do sistema foi à escolha do material utilizado, onde foi adotado o critério de custo, quantidade e qualidade de material.

O Quadro 6 apresenta todos os materiais utilizados na implantação do sistema de captação de águas pluviais, estando subdividido em: descrição do produto, forma negociação no mercado (und), quantidade, valor unitário e valor total.

DESCRIÇÃO DO PRODUTO	Und	Quant.	Valor und.	Valor total
CAIXA D'ÁGUA C/TAMPA POLIETILENO 500 L	UN	1,00	150,00	150,00
CAIXA D'ÁGUA C/TAMPA POLIETILENO 310 L	UN	1,00	115,00	115,00
BOMBA PERIFÉRICA 1/2 CV	UN	1,00	115,00	115,00
CALHA PLUVIAL 3MT PERFIL 125 mm	UN	5,00	70,00	350,00
CABECEIRA DIREITA 125 mm	UN	1,00	21,33	21,33
CABECEIRA ESQUERDA PLUVIAL 125 mm	UN	1,00	20,81	20,81
VEDAÇÃO P/CALHA PLUVIAL	UN	12,00	1,00	12,00
BOCAL 125X88 PLUVIAL	UN	2,00	37,32	74,64
JOELHO ESGOTO 90G 100mm	UN	3,00	3,71	11,13
SILICONE ACETICO 50G	UN	1,00	4,59	4,59
ADAPTADOR SOLD. CURTO 20mm	UN	4,00	0,69	2,76
ADAPTADOR SOLD. CURTO 25mm	UN	4,00	0,90	3,60
TUBO SOLDAVEL 20mm	VR	3,00	8,50	25,50
TUBO SOLDAVEL 25mm	VR	3,00	8,45	25,35
TUBO ESGOTO 100mm	VR	2,00	28,90	57,80
JOELHO SOLDAVEL 90G 20mm	UN	4,00	0,35	1,40
JOELHO SOLDAVEL 90G 25mm	UN	5,00	0,35	1,75
JOELHO COM ROSCA 90G 25mm x1/2	UN	3,00	1,91	5,73
JOELHO COM ROSCA 90G 20mm X 1/2	UN	2,00	1,56	3,12
TEE SOLDAVEL 25mm	UN	4,00	0,58	2,32
TEE ESGOTO 90G 100 mm	UN	2,00	9,28	18,56
REGISTRO ESFERA SOLD. C/UNIÃO 20mm	UN	2,00	3,90	7,80
REGISTRO ESFERA SOLD. C/UNIÃO 25mm	UN	2,00	4,90	9,80
ADESIVO PVC INCOLOR 75 g	UN	1,00	5,35	5,35
LIXA D'ÁGUA 120 225X275	UN	1,00	1,00	1,00
ADAPTADOR 25X3/4	UN	3,00	3,60	10,80
ABRAÇADEIRA REFORÇADA TIPO U 1/2	UN	15,00	0,48	7,20
ABRAÇADEIRA REFORÇADA TIPO U 3/4	UN	6,00	0,69	4,14
PORCA	UN	14,00	0,30	4,20
BUCHA	UN	14,00	0,30	4,20
PARAFUSOS	UN	14,00	0,30	4,20
FLANGE	UN	2,00	7,50	15,00
SUPORTE CALHA	UN	8,00	5,00	40,00
ESTEIO DE MADEIRA PARA SUPORTE	UN	3,00	30,00	90,00
AJUDANTE	UN	1,00	90,00	90,00
CUSTO TOTAL DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO				1316,08

Quadro 6 - Planilha orçamentária dos materiais e serviços.

As calhas pluviais e os reservatórios foram os custos mais onerosos do sistema de aproveitamento de águas pluviais, que teve um custo total de investimento de 1316,08 reais.

Posteriormente, foi fixado o suporte do reservatório superior utilizando três esteios de madeira com seção 10x10 cm fixados na vertical, como mostra a figura 10.



Figura 10 – Suporte do reservatório superior

O suporte ficou com altura de 3,10 metros e distância de 1,25 metro entre cada esteio (formato de tripé), com amarração superior lateral de três esteios de madeira com seção 7x5 cm, na horizontal. Em cima do suporte, foram colocadas cinco peças de madeiras para formar o assoalho.

A figura 11 apresenta o suporte com a caixa d'água de 310 litros em cima.



Figura 11 - Reservatório implantado.

A etapa seguinte da implantação do sistema foi à fixação dos suportes nos caibros da estrutura do telhado, para que as calhas fossem inseridas posteriormente obedecendo a declívio do projeto que é 1% sentido fundo da residência.

O *layout* da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais apresentou algumas alterações em relação ao projeto inicial de concepção, entre elas estão: a ligação dos condutores horizontais não foi realizada diretamente e passaram a ter cota e inclinações diferentes na saída da contribuição como mostra a figura 12.



Figura 12 - Layout dos condutores verticais e horizontais.

A bomba de $\frac{1}{2}$ CV passou a ficar localizada no interior da residência (devido a casa não apresentar muros, poderia ser alvo de furto). Na Figura 13 é mostrada a bomba d'água instalada na parte interna da residência.



Figura 13 - Bomba instalada na parte interna da residência

É possível observar os furos na parede para inserir os tubos de sucção e recalque na bomba.

Na Figura 14 é apresentado os tubos da ligação de sucção e recalque da bomba na parte externa da residência.



Figura 14 - Ligação externa da bomba e o reservatório interior.

A tubulação de recalque apresentou um leve desvio e passou por baixo do solo para que não houvesse acidentes, obstrução da passagem, ou danos no sistema entre a parede da residência e o suporte da caixa d'água.

A rede de distribuição de águas pluviais determinou-se com tubos PVC 25mm e 20mm, após a saída do reservatório foi direcionada na cota lateral do pé direito da residência, alimentando um ponto d'água externo e perfurando a parede para alimentar dois pontos d'águas internos.

A figura 15 apresenta o layout da rede de distribuição do sistema de aproveitamento de águas pluviais.



Figura 15 - Rede de distribuição na parte externa da residência.

No total, foram instalados três pontos d'águas: um alimentando o vaso sanitário (usos de descargas), um para abastecer a máquina de lavar, o outro ficou na parte externa da casa para usos múltiplos (Lavar moto, molhar plantas e calçadas).

A figura 16 mostra o ponto d'água da descarga do vaso sanitário.



Figura 16 - Ponto de água referente à descarga o vaso sanitário.

Os moradores da residência foram orientados que no período em que a captação de águas pluviais não atender a demanda de consumo de águas não potáveis, deve-se fazer a troca na ligação de pontos de água da chuva para o ponto de água da rede pública.

É possível observar na Figura 17 o ponto d'água para abastecer a máquina de lavar roupa.



Figura 17 - Ponto de água referente à máquina de lavar roupa.

No ponto d'água da chuva destinado a máquina de lavar roupa foi inserido um filtro para retenção de partículas que possam ser prejudicial à roupa.

A figura 18 expõe o ponto d'água da chuva externa que tem usos múltiplos, sendo eles: Lavagem de moto, rega de plantas, lavagem de calçadas e pisos, entre outros fins não potáveis.



Figura 18 - Ponto de água referente aos usos externos.

Os pontos de utilização de água da chuva foram identificados através de placas indicadores de água pluvial, ilustradas com figura e escrita “Alerta”, “Água da chuva” e “Proibido ingerir”.



Figura 19 – Placa de Identificação de ponto de distribuição de água de chuva.

5.5 ETAPA 5: ANÁLISE DO DESEMPENHO DO SISTEMA

5.5.1 Estudo de volume de captação

Para o estudo de volume captado foi realizada uma pesquisa dos índices pluviais da Cidade de Santarém – Pará, porém, os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil – INMET são de setembro de 2015 a fevereiro de 2018, período de tempo considerado curto e não representativo para análises de séries históricas para projeto.

Para solução dessa problemática, foi utilizada uma série histórica de precipitação do Município de Belterra, devido obter a estação meteorológica mais próxima de Santarém, com dados disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa – BDMEP, de janeiro de 1998 a dezembro de 2017, totalizando 20 anos de dados de precipitação.

O gráfico 1 apresenta a precipitação média, precipitação máxima, e precipitação mínima por meses durante os vinte anos.

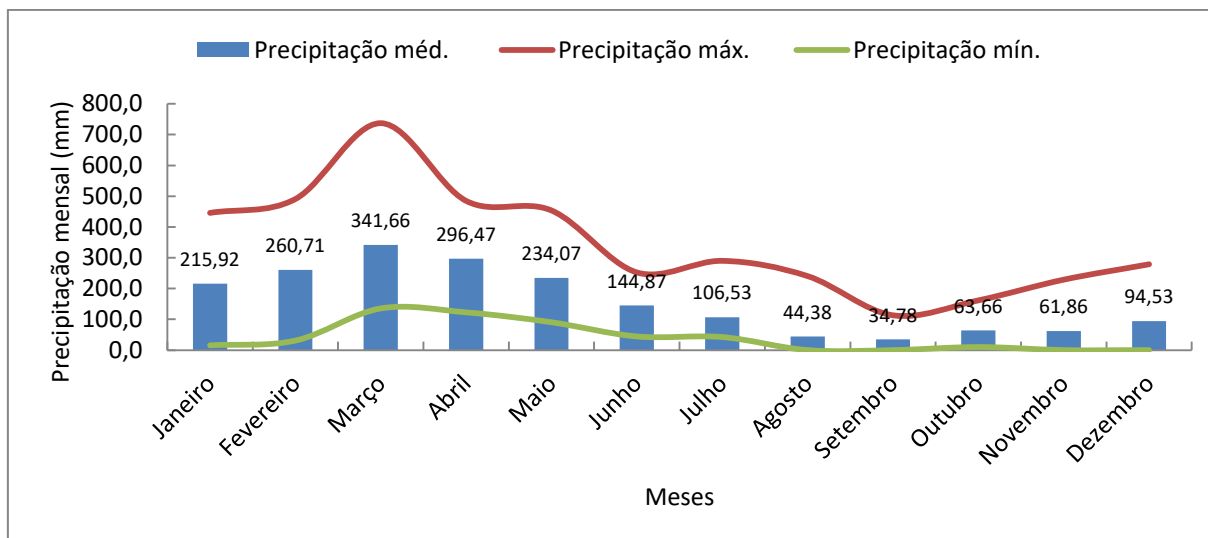


Gráfico 1 - Precipitação do Município de Belterra no período de 1998 a 2017.
Fonte: BDMEP, 2018.

Os meses com maiores índices pluviométricos foram os de janeiro a junho, com destaque para março que teve a maior média de precipitação com 341,66mm. Os meses que tiveram menor média pluviométrica foram os de julho a dezembro, com destaque para setembro que obteve a menor média de precipitação que foi 34,78mm.

As projeções para os meses de janeiro a junho são de descarte de um grande volume de água captada, devido à capacidade do reservatório não armazenar o quantitativo de precipitação. Para os meses de menor precipitação, principalmente de agosto a novembro, é previsto que o sistema de captação de águas pluviais não atenda a demanda do consumo de águas não potáveis da residência, logo, serão os meses de menor economia no ano.

Após a análise da precipitação do município, foi realizado um gráfico de acordo com dados históricos de índices pluviométricos, que mostra a precipitação média dos meses (mm) na área de captação da residência (m²), convertendo a precipitação em m³ através da fórmula:

$$Pmc = \left(\frac{Pm}{1000} \right) * AT \quad (Eq. 9)$$

Sendo:

Pmc = Precipitação na área de captação (m³).

AT = Área Total da superfície inclinada do telhado (58,82 m²).

Pm = Precipitação média (mm).

A precipitação média mensal na área de captação é exibida no gráfico 2.

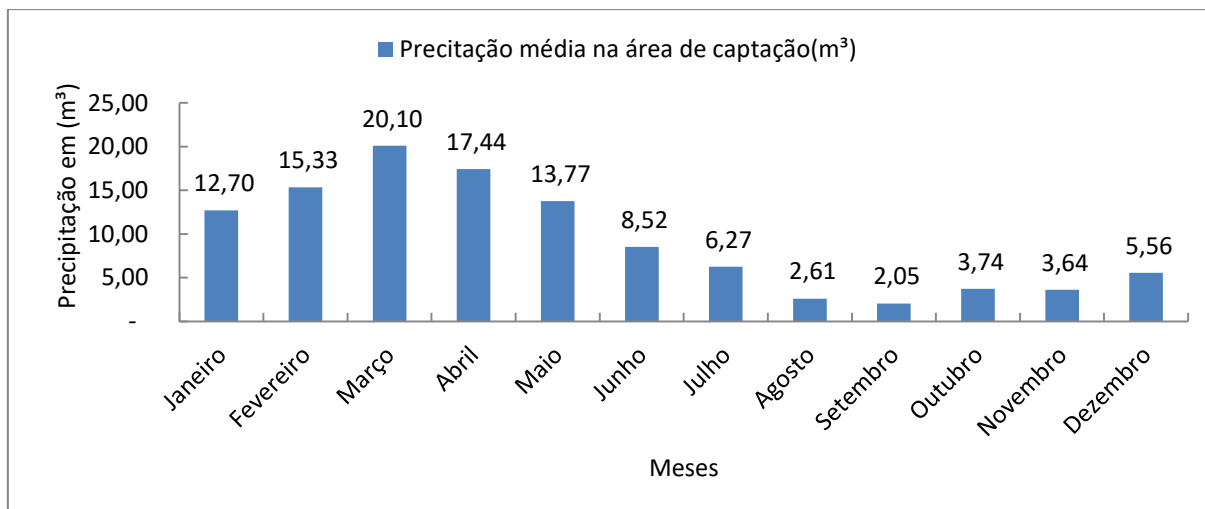


Gráfico 2 - Precipitação média mensal na área de captação (m³).

O gráfico mostra dois períodos distintos durante o ano, o volume de água da chuva captada é muito expressivo no primeiro semestre do ano com média de 14,64m³ de água. No segundo semestre, a média de água da chuva captada é 3,98m³, volume considerado pouco expressivo para suprir a demanda de consumo de água não potáveis da residência.

5.5.2 Estudo da redução do custo de utilização da água potável e esgoto

Para o estudo de redução do custo com água potável e coleta de esgoto, foi realizada uma análise através da conta de água nos 12 meses do ano de 2017, onde foi obtido o consumo de água potável (m³) e esgoto sendo 60% do valor da água, conforme a tarifa mensal do valor cobrado pela COSANPA. No Quadro 7 é apresentada a tarifa realizada pela concessionária :

Quadro 7 – Forma de tarifa cobrada pela concessionária

Consumo (m³)	Valor cobrado (R\$)
Até 10	16,8
11 a 20³	2,40 por m³

Fonte: COSANPA, 2018

Para exemplificar, se uma residência consumiu 18m³ de água no mês, então, a tarifa cobrada vai ser de R\$ 16,80 correspondido aos primeiros 10m³, mais R\$19,2 referente aos 8m³ de acréscimos (8m³ x R\$2,40), totalizando R\$36,00 referente ao

consumo de água, mais R\$ 21,6 (60% do valor da água) de esgoto, totalizando R\$ 57,6 na conta final de água nesse mês.

Na Tabela 1 é apresentado o consumo de água (m³) e a tarifa cobrada de todos os meses de 2017.

Tabela 1 - Análise de consumo de água potável e custo.

Meses (2017)	Consumo real (m³)	Valor cobrado R\$ (Água)	Valor cobrado R\$ (Esgoto)
Janeiro	15,0	28,80	17,28
Fevereiro	10,0	16,80	10,08
Março	10,0	16,80	10,08
Abril	10,0	16,80	10,08
Maio	10,0	16,80	10,08
Junho	20,0	40,80	24,48
Julho	9,0	16,80	10,08
Agosto	20,0	40,80	24,48
Setembro	20,0	40,80	24,48
Outubro	18,0	36,00	21,60
Novembro	18,0	36,00	21,60
Dezembro	20,0	40,80	24,48

Fonte: COSANPA, 2017.

O consumo de água e esgoto é menor nos meses de fevereiro a maio, e o maior consumo é nos meses de Junho a dezembro. No Gráfico 3 é mostrado o consumo real de água potável nos doze meses do ano de 2017.

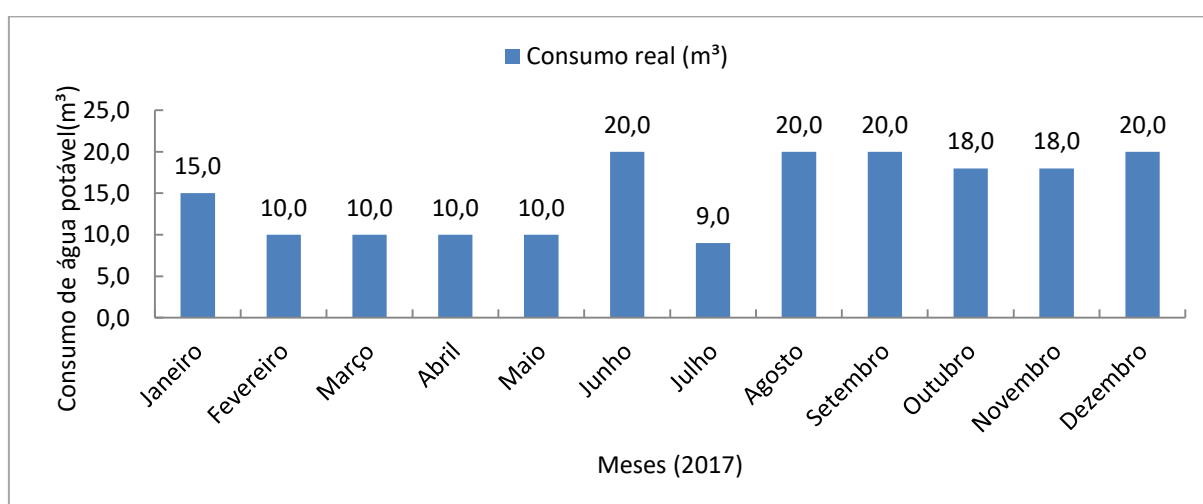


Gráfico 3 - Consumo real de água potável (m³) dos meses de 2017.

Fonte: COSANPA, 2017.

No segundo semestre do ano de 2017 o consumo de água da residência é maior, fato que pode ser explicado devido à sazonalidade do município nesse

período ser mais quente, seco, com pouca precipitação. Logo, intensifica o consumo de água em números de banhos, nas regas das plantas, lavagem de calçadas e motocicleta, entre outros usos.

No Gráfico 4 é apresentado o valor de água e esgoto cobrado de acordo com o consumo de água (m³) mensal.

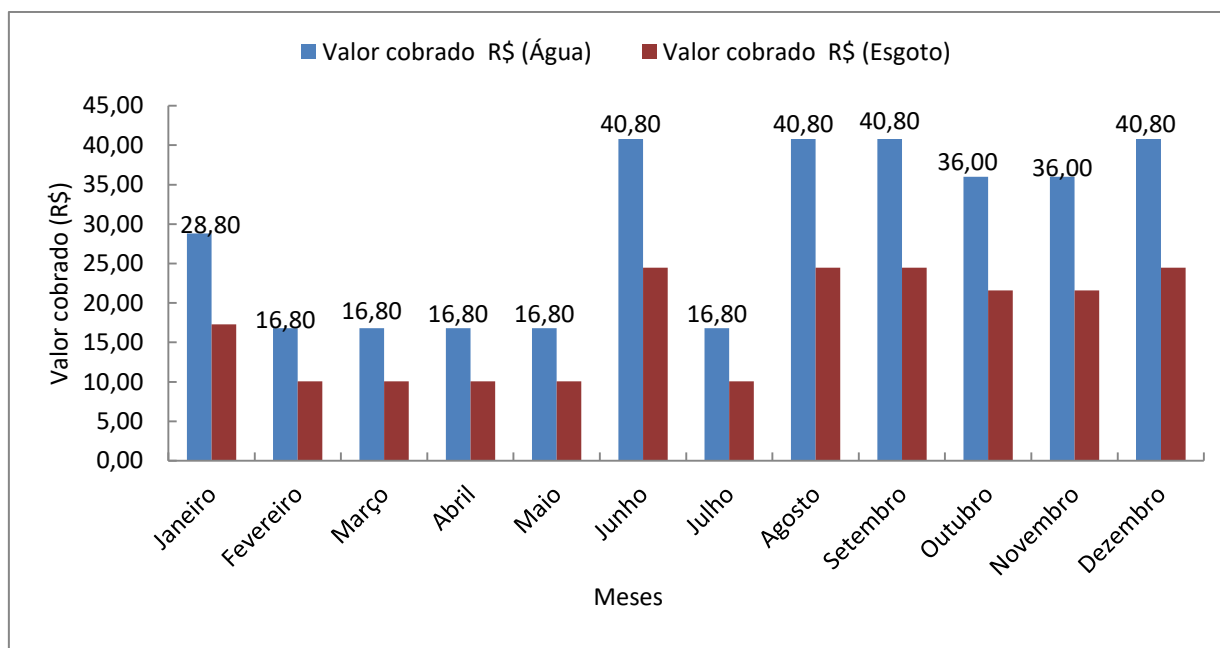


Gráfico 4 - Custo pelo consumo mensal de água e esgoto.

Fonte: COSANPA, 2017.

A Tabela 2 e o Gráfico 5 comparam o consumo real de água potável na residência e a precipitação média histórica na área de captação do sistema.

Tabela 2- Comparativo do consumo de água na residência e a precipitação média mensal na área de captação.

Meses	Consumo real (m ³)	Precipitação média na área de captação (m ³)
Janeiro	15,0	12,70
Fevereiro	10,0	15,33
Março	10,0	20,10
Abril	10,0	17,44
Maio	10,0	13,77
Junho	20,0	8,52
Julho	9,0	6,27
Agosto	20,0	2,61
Setembro	20,0	2,05
Outubro	18,0	3,74
Novembro	18,0	3,64
Dezembro	20,0	5,56

Fonte: COSANPA, 2017; BDMEP, 2018.

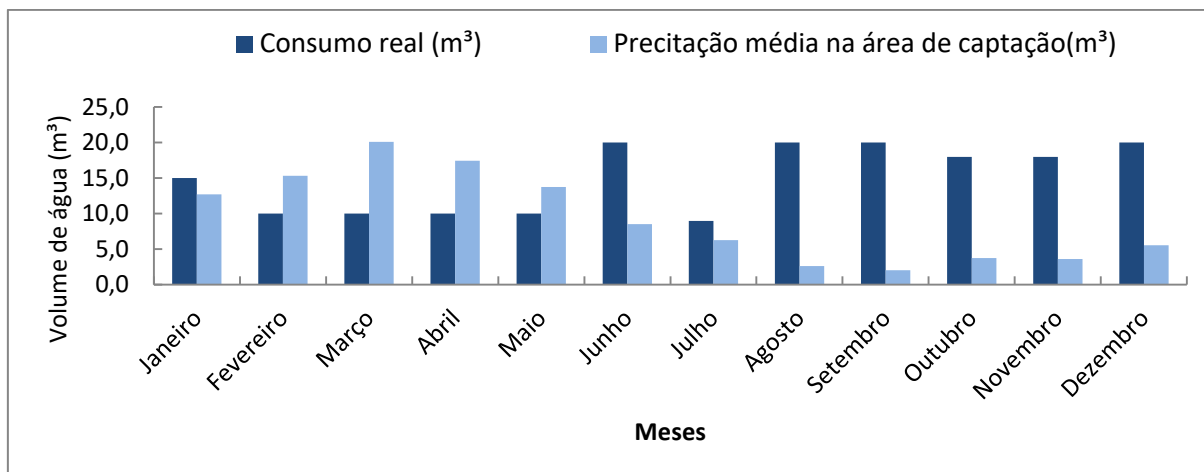


Gráfico 5 - Comparativo entre o consumo real de água potável e a precipitação média na área de captação.

Fonte: COSANPA, 2017; BDMEP, 2018.

Através do gráfico anterior, pode-se analisar que nos meses de fevereiro a maio o volume de água precipitada é maior que o consumo de água potável da residência, o que indica que tem água suficiente para suprir toda a demanda de água para fins não potáveis. Nos meses de julho a dezembro, o consumo de água é maior e a precipitação é a mais baixa do ano, o que fará que o sistema de captação de águas pluviais não supra na sua totalidade a demanda de consumo de águas não potáveis na casa.

O Quadro 8 contém os dados para o estudo de economia através de águas não potáveis.

Quadro 8 - Análise do volume de aproveitamento sobre a demanda de águas não potáveis.

Mês	Precipitação na área de captação (m³)	Demanda de água não potável (m³/mês)	Saldo (m³/mês)	Volume de aproveitamento (m³)	Situação de atendimento de águas não potáveis (%)
Jan	12,7	8,40	4,30	8,40	100,0
Fev	15,33	5,60	9,73	5,60	100,0
Mar	20,1	5,60	14,50	5,60	100,0
Abr	17,44	5,60	11,84	5,60	100,0
Mai	13,77	5,60	8,17	5,60	100,0
Jun	8,52	11,20	-2,68	8,52	76,1
Jul	6,27	5,04	1,23	5,04	100,0
Ago	2,61	11,20	-8,59	2,61	23,3
Set	2,05	11,20	-9,15	2,05	18,3
Out	3,74	10,08	-6,34	3,74	37,1
Nov	3,64	10,08	-6,44	3,64	36,1
Dez	5,56	11,20	-5,64	5,56	49,6
Σ	111,73	100,80	10,93	61,96	72,5

Fonte: Adaptado por Direta (2018).

Para critério de análise do volume de aproveitamento sobre a demanda de água não potável, foi considerada a precipitação na área de captação mensal na sua totalidade e o sistema funcionando de forma contínua (captando água e utilizando), não considerando o descarte da primeira água e nem os intervalos que os reservatórios inferior e superior estarão cheio (descarte do excesso de água).

A demanda de água não potável da residência foi determinada com 56% do volume total mensal do consumo de água potável. O saldo ($\text{m}^3/\text{mês}$) exemplifica o potencial de água que poderia ser aproveitado (nos meses com número positivo) e o déficit de água para atender o sistema (meses com números negativos).

O volume de aproveitamento do sistema captação de águas pluviais nos meses de janeiro a maio e julho atenderam 100% da demanda de consumo de águas não potáveis, junho teve um aproveitamento de 76,1%, o que possibilita certificar que nos sete primeiros meses do ano o sistema funciona com ótimas condições para atender a demanda de água não potável da casa. Nos meses de agosto a dezembro o sistema tem rendimento abaixo de 50% da demanda de águas não potáveis, com economia relativamente baixa no volume de água potável. No Gráfico 6 expressa a demanda de água na residência e o potencial do volume de água da chuva aproveitado.

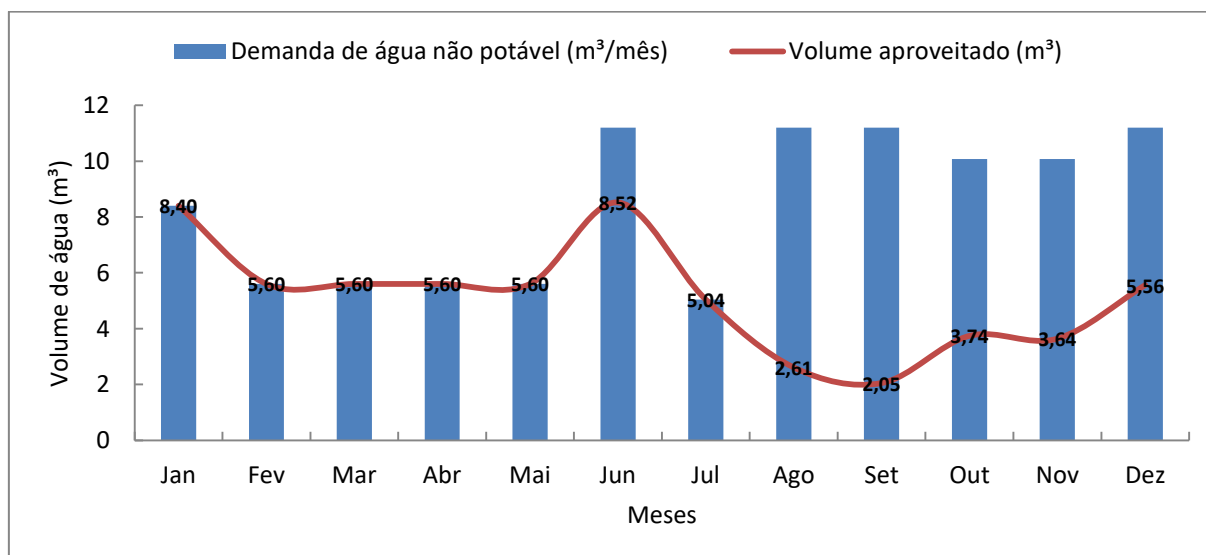


Gráfico 6 - Demanda de água não potável e volume aproveitado.
Fonte: Adaptado por Direta (2018).

A determinação da redução do custo de água potável foi definida da seguinte maneira:

Volume de água aproveitado (m^3) x 2,40 (valor cobrado por 1 m^3 de água potável pela COSANPA)

No Quadro 9 é apresentado a redução do custo de água potável através do estudo de volume aproveitado e a redução do custo de água mensal.

Quadro 9 - Redução do custo de água potável (R\$).

Mês	Volume de água aproveitado (m³)	Redução do custo de água potável (R\$)	Redução do custo de com esgoto (R\$)	Total
Jan	8,40	20,16	12,10	32,26
Fev	5,60	13,44	8,06	21,50
Mar	5,60	13,44	8,06	21,50
Abr	5,60	13,44	8,06	21,50
Mai	5,60	13,44	8,06	21,50
Jun	8,52	20,45	12,27	32,72
Jul	5,04	12,10	7,26	19,35
Ago	2,61	6,26	3,76	10,02
Set	2,05	4,92	2,95	7,87
Out	3,74	8,98	5,39	14,36
Nov	3,64	8,74	5,24	13,98
Dez	5,56	13,34	8,01	21,35
Σ	61,96	148,70	89,22	237,92

Fonte: Adaptado por Direta (2018).

A redução do custo de água potável e esgoto através do volume de aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis são de R\$ 237,92 (148,70 + 89,22 reais) anual.

5.5.3 Estudo do consumo de energia elétrica

Os cálculos para determinar o gasto de energia no sistema devido o funcionamento da bomba foram feitos de acordo com as características do catálogo da Hammer, que é o fornecedor da bomba de 1/2 CV, que disponibiliza manual potência 0,37KW, a altura manométrica máxima de 26 metros, altura Sucção máxima 8 metros, e vazão máxima que é 33 litros/minuto.

Para determinar o tempo de funcionamento da bomba para o enchimento do reservatório superior de 310 litros, foi realizada a seguinte proporção de cálculo levando em consideração a vazão máxima (33 litros/min): onde determinou-se que o tempo é de aproximadamente 10 minutos de funcionamento da bomba para encher o reservatório superior.

O consumo de energia elétrica da bomba (kWh) foi determinado da seguinte forma:

Consumo médio mensal(KWh)

= Potência da bomba(KW)x(dias de uso no mês)x(média de utilização em hora)

No Quadro 10 é apresentado a conversão para KWh.

Quadro 10 – Conversão para KWh.

Potência KW	Dias estimados usos/mês	Média de utilização dia/h	Consumo médio mensal (KWh)
0,37	15	10 min (0,1667 h)	0,925

Com valor cobrado pela concessionária local a Rede CELPA que é de 0,5990 (R\$/KWh), determina-se o custo de energia elétrica da bomba para o enchimento do reservatório superior através da fórmula:

$$Ca = E . t . V \quad (Eq. 10)$$

$$Ca = 0,925 \times 2,50 \times 0,5990$$

$$Ca = 1,38 \text{ real de aumento na conta energia elétrica mensal}$$

Sendo:

Ca = custo mensal do sistema de bomba (R\$);

E = consumo de energia elétrica da bomba (kWh);

t = tempo de funcionamento da bomba (h/mês);

V = valor cobrado pela CELPA, pela energia elétrica consumida (R\$/kWh).

O aumento anual na conta de energia elétrica é de 16,56 reais anuais, considerando o uso estimado de 15 dias por mês, com média de 10 minutos por utilização.

5.5.4 Estimativa do período de retorno financeiro

A estimativa de período de retorno financeiro no sistema de captação de águas pluviais foi definida através de cálculos, que considerou: a economia gerada pelo sistema de aproveitamento de águas pluviais para os usos não potáveis, menos o gasto de energia elétrica adicional na conta devido à utilização bomba de recalque.

$$PRC = I \div (E - Ca) \quad (Eq. 11)$$

$$PRC = 1316,08 \div (237,92 - 16,56)$$

$$PRC = 5,94 \text{ anos}$$

$$PRC \cong 6 \text{ anos}$$

Sendo:

PRC = Período de retorno de capital (Anos)

I = Investimento de implantação do sistema (R\$)

E = Economia gerada no sistema (R\$/ano)

Ca = custo adicional de energia (R\$).

O período de retorno de investimento da implantação do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais é aproximadamente 6 anos, tornando o sistema viável para a residência, devido o tempo de retorno do capital de investimento ser inferior ao período de vida útil do projeto que é de no mínimo 20 anos (conforme a NBR 15575).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento de água pluvial foi considerado como uma das alternativas para a redução do uso da água potável para fins não nobres. A proposta de projetar e implantar um sistema de reuso de água da chuva, ocorre da necessidade de preservar o meio ambiente e de demonstrar que pode-se economizar nas despesas com o consumo de água, conforme mostrado a seguir:

- O investimento para a instalação do sistema captação e aproveitamento de águas pluviais foi de 1316,08 reais;
- O aproveitamento anual de águas pluviais é de 61,96 m³;
- A redução do custo de água potável através do volume de aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis é de R\$ 237,92 anual;
- O aumento anual na conta de energia elétrica gerada pelo sistema de bombeamento é de 22,08 reais;
- O período de retorno financeiro é de aproximadamente 6 anos.

Pode-se notar também que nem sempre a economia é muito significativa em termos financeiros ao instalar um sistema de aproveitamento de água pluvial, pois o retorno financeiro de um projeto desse porte é de médio em longo prazo. Porém, iniciativas como a desenvolvida neste trabalho, muito contribuem para a fixação do conceito de sustentabilidade e preocupação com o meio ambiente.

Para a verificação da necessidade de adequação e ajustes futuros recomenda-se que as calhas sejam limpas periodicamente, os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a ABNT NBR 5626, porém, como as águas pluviais acarretam mais sedimentos/material particulado que a água disponibilizada pela rede da concessionária, ficou definido com os moradores da residência que a limpeza será a cada seis meses, totalizando duas limpezas anuais.

Os ajustes futuros ficaram determinados de acordo às necessidades dos moradores, podendo aumentar o volume do reservatório superior, assim como inserir mais pontos d'águas externos, fazer manutenção ou até mesmo instalar um sistema de tratamento/melhoramento da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acessado em fevereiro de 2007.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626. Instalação de água fria. Rio de Janeiro (1998).

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844. Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro (1989).

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527. Água da Chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ALVES, W.C.; ZANELLA, L. & SANTOS, M.F.L. **Sistema de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis**. Téchné, São Paulo: Editora Pini, p. 99-104, edição 133, ano 16, 2008.

BERTONI, JC. & TUCCI, C.E. M. 1993. **Precipitação**. In TUCCI, C. E. M, Org. Hidrologia: Ciência e aplicação, UFRGS, ABRH, Porto Alegre –RS. Cap., p177-200.

BOVOLATO, L. E. Saneamento básico e saúde. *Revista Vida Pastoral: Casa Comum*, nossa responsabilidade, n.307,p.19-30,jan/fev.2016.

BRAGA, A.; CARVALHO, J. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – DEPLAN – UNESP - IGCE, 2003.

BRASIL. *Constituição Federal de 1988*. Promulgada em dia em 5 de outubro de 1988. Disponível em: http://planalto.gov.br/_03/contituicao/constituicao.htm. Acesso: 15 de janeiro de 2018, às 20h30min.

BRASIL, Lei Federal nº 11.445. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, Brasília, 2007.

BRASIL, Governo do Federal. Residencial Salvação transforma vidas em Santarém, no Pará. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/governo/2016/05/residencial/salvacao>. Acesso: 10/12/2017, às 21h24min.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

CAIXA, 2009. Minha casa minha vida - entidades. Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br>. acesso: 10/12/2017, às 20h54min.

CAMPOS, M. A. S.. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residências multifamiliares na cidade de São Carlos**. 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal de São Carlos.

COSTA, M. H. et al. Climate change in Amazonia caused by soybean cropland expansion, as compared to caused by pastureland expansion. Geophysical Research Letters, v. 34 p. 1-4, 2007.

DIAS, I.C.S. **Estudo da Viabilidade Técnica, Econômica e Social do Aproveitamento de Água de Chuva em Residências na Cidade de João Pessoa**. 2007. [dissertação]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba.

FENDRICH, R. **Detenção Distribuída e Utilização das águas Pluviais**. XI SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS – SISPREL UFPR, 2009, Curitiba.

GOMES, H. P. **Eficiência hidráulica e energética em saneamento: análise econômica de projetos**. Rio de Janeiro: ABES, 2005.114 p.

GONÇALVES, O. M. **Bases metodológicas para a racionalização do uso de água e energia no abastecimento público de água em São Paulo**. 1995. 330p. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica – USP, São Paulo.

GONCALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. ed. Rio de Janeiro: Prosab/Abes, 2006.

GUYOT, J. L.; MOLINIER, M.; GUIMARÃES, V.; CUDO KJ.; de OLIVEIRA E. 1993. **Balanço hídrico da bacia do Rio Negro**. 535-544. In X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH. Gramado. Nov. 1993, Vol.2.

IBIAPINA, A. V., et al., 2003. **Evolução da Hidrometria no Brasil**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/oestado/texto/121-138.html>. Acesso em 2017.

KRUGER, P. R. **Reuso de água da chuva coletada no bloco C da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão**. 2012. 63 f. TCC (Trabalho de conclusão de curso) – Graduação em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

MACEDO, J. A. B. **Águas e águas**. São Paulo: Varela, 2001.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

MARISNOSKI, A.K.; **Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC**. Porto Alegre, v.8, n. 2, p. 67-68. 2008.

MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I. M.D. **Climatologia: noções básicas e clima no Brasil**. Oficina de textos. São Paulo, Brasil. 206f. 2007.

MOREIRA JÚNIOR, P. R. **Viabilidade econômica do sistema de reutilização de água pluvial para residência unifamiliar**. 2013. 70 f. TCC (Trabalho de conclusão de curso) – Graduação em Engenharia Civil. Centro Universitário de Brasília. Brasília, 2013.

PROSAB. PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO. Reuso das águas de esgoto sanitário, inclusive desenvolvimento de tecnologia de tratamento para esse fim. Rio de Janeiro: Abes, 2006.

PROSAB. PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO. Manejo de Aguas Pluviais Urbanas. Antônio Marozzi Righetto (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009.

PROSSIGA: Disponível em: http://www4.prossiga.br/recursos/minerais/glossario/glossario_h.html. Acesso em 2017.

RIGHETTO, A. M. **Manejo de Aguas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RONDON G. G; MARCONDES M. A; SOUZA VAF; ITAYA N. M; GONÇALVES A.M.M. **Implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em residências na cidade de São Paulo**. Atas de Saúde Ambiental - ASA (São Paulo, Online), Vol.3 N.2, p. 60-65, Ago. 2015. ISSN: 2357-7614.

SALGUEIRO, J, H. P. B. **Geoestatística aplicada à Variabilidade Espacial e Padrões de Precipitação na Bacia do Rio Ipojuca em Pernambuco**. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 2005.

TERPSTRA, P.M.J. Sustainable water usage systems – Models for the sustainable utilization of domestic water in urban areas. *Water Science & Technology*, v. 39, n.5, p. 65–72, 1999.

TOMAZ, P. A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água. Navegar Editora, São Paulo, 2001.

TOMAZ, P. Previsão de Consumo de Água – Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto com os serviços Públicos. Navegar Editora, São Paulo, 2000.

UNIÁGUA. Universidade da água. Água no Planeta. Disponível em:<http://www.uniagua.org.br>. Acessado em 25 de Janeiro de 2018.

WEIERBACHER, Leonardo. **Estudo de Captação e Aproveitamento de Água da Chuva na Indústria Moveleira Bento Móveis Alvorada - RS**. Canoas. 68 p. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Civil, ULBRA. 2008.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Sanitation and hygiene links to health. November, 2004.