



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
EIXO DAS TECNOLOGIAS  
CAMPUS DO SERTÃO**

**PREYSLA SAVANA SOUSA SILVA**

**VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAIS EM UMA UNIDADE  
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR.**

**DELMIRO GOUVEIA/ AL**

**2017**

**PREYSLA SAVANA SOUSA SILVA**

**VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAIS EM UMA UNIDADE  
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR.**

Trabalho de diplomação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientador: Prof. Mcs. Thiago Alberto da Silva Pereira

**DELMIRO GOUVEIA/ AL**

**2017**

S586i Silva, Preysla Savana Sousa

Viabilidade técnica-econômica de um sistema de aproveitamento de água pluviais em uma unidade residencial multifamiliar / Preysla Savana Sousa Silva. - 2017.

59f. : il.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal Alagoas, Delmiro Gouveia, 2017.

Orientação: Prof. Me. Thiago Alberto Da Silva Pereira.

1. Racionamento de Água. 2. Sustentabilidade. I. Título.

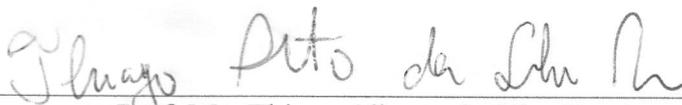
CDU 658:504

PREYSLA SAVANA SOUSA SILVA

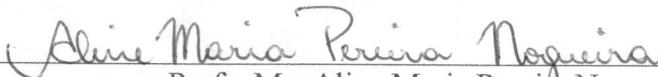
**VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAIS EM UMA UNIDADE RESIDENCIAL  
MULTIFAMILIAR.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido a banca examinadora do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, *Campus do Sertão* e aprovado em 14 de junho de 2017.

Banca Examinadora:



Prof. Me. Thiago Alberto da Silva Pereira.  
(Orientador – UFAL))



Profa. Ma. Aline Maria Pereira Nogueira  
(Examinadora – UFAL)



Prof. Ma. José Raniery Rodrigues Cirne  
(Examinador – UFAL)

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida. Dedico também a minha família, aos meus amigos e todos aqueles que torceram por mim. Dedico e agradeço ao meu professor e orientado que conseguiu me conduzir neste trabalho da melhor forma possível.*

## AGRADECIMENTOS

No auge dos meus vinte e cinco anos de idade nunca pensei em passar por tantas coisas na vida, principalmente, em perder o meu pai que foi a pessoa que me incentivou de todas as formas para a realização desse sonho. E para ser bem sincera, não foi nada fácil concluir essa monografia e está aqui dedicando e agradecendo este trabalho que encerra um ciclo de minha vida e dá início a outro de muitas realizações.

Quero agradecer a toda minha família, e a algumas pessoas em especial como Hugo Napoleão Rêgo Almeida por acreditar e sonhar comigo todos esses anos juntos

Agradeço a Pamela Yuri Sousa Silva, Josineide Farias da Silva, Paulo Armando dos Santos Sousa (*in memoriam*), Valderéz Prudente dos Santos Sousa, Luiz Rodrigues Sousa, Terezinha Maria da Silva, Pedro Campos de Farias, Josefa Farias da Silva, Joelma Farias da Silva, Jailson Farias da Silva, Pera Lucia Rodrigues de Sousa, Francielly Rodrigues Almeida, Paulo Afrânio Rodrigues de Sousa, Débora Carla Rêgo Almeida, Claudia Cristina Rêgo Almeida, Napoleão Almeida dos Santos, Clédja Maria Diaz, Lucas da Silva Teixeira, Eduardo Farias de Souza Filho, Kelvyn Silva Farias, Jamyle dos Santos Melo e a todas as pessoas fazem parte desse sonho e que permanecerão inesquecíveis em minha vida, aqueles que não foram citados também contribuíram para o meu crescimento pessoal e estão guardados em meu coração.

Também quero agradecer aos meus professores, e com um carinho especial para Cícero Rita, ao meu professor e orientador Thiago Pereira, Karlisson André, Rafaela Faciola, Tânia Oliveira Vonronkoff, Romildo Escarpini e Roberio Santos. Todos vocês fazem parte da minha história dentro da Universidade Federal de Alagoas.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para o meu aprendizado.

## RESUMO

Tendo em vista que a água é um recurso indispensável a vida humana, questões sobre conservação e preservação dos recursos hídricos vêm sendo cada vez mais destacadas na atualidade. As técnicas de aproveitamento se mostram como solução sustentável contribuindo para o uso racional da água, proporcionando a conservação dos recursos hídricos para futuras gerações. O presente trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica de um sistema de aproveitamento pluvial em uma unidade residencial multifamiliar localizada em Arapiraca - AL. Primeiramente foram realizados os levantamentos dos dados de consumo de água do residencial como, por exemplo, a estimativa de uso dos vasos sanitários quando utilizados para dejetos líquidos e sólidos, irrigação do jardim e lavagem do pátio do condomínio, os valores encontrados foram realizados através de visitas *in loco*. Com base nos dados levantados foi realizada a estimativa do consumo de água não potável, onde o volume do reservatório foi dimensionado por meio do método de Azevedo e Neto e o método da Simulação. Posteriormente foram realizados todos os cálculos necessários para o dimensionamento da calha, condutores verticais e horizontais, utilizando a NBR 10844 (1989), já para a estimativa da intensidade pluviométrica fez-se o uso do método de Gumbel. Por fim, foi realizada uma análise de viabilidade econômica de água potável com a implantação do sistema que foi orçado em R\$ 14.841,82, o qual apresenta um período de retorno superior a 30 anos. Assim, com a realização deste estudo foi possível verificar que para este trabalho os resultados não foram satisfatórios, possivelmente devido a uma pequena área de captação, juntamente com uma demanda alta e um projeto com custo elevado. Contudo, mesmo que o resultado desse trabalho não tenha sido o esperado, o mesmo não deixa de ser importante, pois contribui para novos questionamentos e discussões mais aprofundadas sobre o assunto, já que a água é indispensável à vida dos seres vivos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Uso racional da água. Sustentabilidade. Viabilidade econômica.

## ABSTRACT

Considering that water is an indispensable resource for human life, questions on conservation and preservation of water resources are becoming more prominent today. The techniques of exploitation are shown as a sustainable solution contributing to the rational use of water, providing the conservation of water resources for future generations. This study has the objective of analyzing the technical and economic viability of a rainfall system in a multifamily residential unit located in Arapiraca – AL. First, the surveys were collected on residential water consumption data, such as the estimation of the use of toilets when used for liquid and solid waste, irrigation of the garden and washing of the condominium's yard. The values found were realized through in loco visits. Based on the data collected, an estimation of non-potable water consumption was carried out, where the reservoir volume was scaled using the Azevedo and Neto method and the Simulation method. Subsequently, all calculations were used for the design of the chute, using an NBR 10844 (1989), already for the estimation of the pluviometric intensity was made the method of Gumbel. Finally, an analysis of the economical viability of drinking water was carried out with the implementation of a system that was budgeted at R\$ 14,841.82, which has a payback period longer than 30 years. So, with the accomplishment of this study, it was possible to verify that for this work the results were not satisfactory, possibly due to a small catchment area, along with a high demand and a high cost project. However, even if the result of this study was not what was expected, it is still important, as it contributes to new questions and further discussions on the subject, since water is indispensable to the life of living beings.

**KEY WORDS:** Rational use of water. Sustainability. Economic viability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pedra Moabita.....	18
Figura 2: Cisterna de Massada, Israel.....	19
Figura 3: Fortaleza dos Templários, Portugal.....	20
Figura 4: Programa de incentivo ao combate à seca, nas regiões do semiárido brasileiro.....	20
Figura 5: Esquema de um sistema de aproveitamento de água de chuva.....	23
Figura 6: Localização do município de Arapiraca no estado de Alagoas.....	25
Figura 7: Localização do Residencial Espace Arapiraca.....	26
Figura 8: Residencial Espace, área de lazer.....	27
Figura 9: Residencial Espace, área de lazer.....	27
Figura 10: Residencial Espace, academia.....	28
Figura 11: Ábaco para o dimensionamento do condutor vertical, para calhas com saída em aresta viva.....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relações da curva i-d-f.....	33
Tabela 2: Coeficiente de rugosidade.....	34
Tabela 3: Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (L/min).....	35
Tabela 4: Detalhamento das vazões.....	42
Tabela 5: Vazões para o uso de água no pátio e jardim.....	42
Tabela 6: Parâmetro de distribuição de Gumbel.....	43
Tabela 7: Custos de Implantação do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial no Edifício Espace.....	47
Tabela 8 – Custos de Implantação do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial no Edifício Espace (Continuação).....	48

## LISTA DE QUADRO

Quadro 1: Vazões em L/min em calhas retangulares.....	44
Quadro 2: Custos de água para cada categoria.....	46

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Precipitações médias mensais. ....	42
---	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	15
<b>2.1 Objetivo Geral</b> .....	15
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	15
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
<b>3.1 Importância da Água</b> .....	16
<b>3.2 Conservação de Água</b> .....	17
<b>3.3 Aproveitamento de Água da Chuva na História: Breve Histórico</b> .....	18
<b>3.4 Normas para o Aproveitamento de Água Pluvial</b> .....	21
<b>3.5 Aproveitamento de Água Pluvial</b> .....	21
3.5.1 Concepção de um sistema de Aproveitamento de Água da Chuva.....	22
3.5.2 Componentes do Sistema de Captação e Aproveitamento.....	23
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	25
<b>4.1 Considerações Iniciais</b> .....	25
<b>4.2 Área de Estudo</b> .....	25
<b>4.3 Objeto de Estudo</b> .....	25
<b>4.4 Levantamento de Dados</b> .....	28
4.4.1 Área de Cobertura.....	28
4.4.2 Dados Pluviométricos.....	28
4.4.3 Dados de Consumo de Água.....	29
4.4.3.1 Consumo de Água medido pela CASAL.....	29
<b>4.5 Estimativa do Consumo</b> .....	29
4.5.1 Aparelhos Sanitários.....	29
4.5.2 Serviços de Usos Gerais.....	29
4.5.3 Vazão Total para o Sistema.....	30
<b>4.6 Dimensionamento do Reservatório</b> .....	30
<b>4.7 Dimensionamento das Estruturas de Água Pluvial</b> .....	32
4.7.1 Dimensionamento dos Condutores.....	32
4.7.1.1 Dimensionamento da Calha.....	32
4.7.1.2 Condutores Verticais.....	34
4.7.1.3 Condutor Horizontal.....	35
<b>4.8 – Dimensionamento da Estação Elevatória</b> .....	36
<b>4.9 Análise Econômica</b> .....	37
<b>5. RESULTADOS</b> .....	40
<b>5.1 Levantamento dos Dados</b> .....	40
5.1.1 Área de Cobertura.....	40
5.1.2 Dados Pluviométricos.....	40
5.1.3 Vazões.....	41
5.1.3.1 Vazão dos Sanitários.....	41
5.1.3.2 Vazão de Usos Gerais.....	41
5.1.3.3 Cálculo da Vazão Total para o Sistema.....	42
<b>5.2 Dimensionamento do Reservatório da Água Pluvial</b> .....	43
<b>5.3 Dimensionamento dos Condutores</b> .....	43
5.3.1 Calhas.....	43

5.3.2 Condutores Verticais.....	44
5.3.3 Condutores Horizontais.....	45
<b>5.4 Estação Elevatória.....</b>	<b>45</b>
<b>5.5 Reservatório Superior.....</b>	<b>45</b>
<b>5.6 Análise Econômica.....</b>	<b>45</b>
5.6.1 Orçamento de Materiais.....	46
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água potável é encontrada na natureza e é essencial para vida no nosso planeta, no entanto, esse recurso tem se tornado cada vez mais escasso devido ao crescimento populacional, perdas na distribuição, poluição dos aquíferos e, ainda, pelo consumo desordenado, principalmente em áreas urbanas.

Segundo May (2004), no Brasil em 1940, a população das cidades correspondia a aproximadamente 30% do total, enquanto que a rural correspondia a 70%. Já em 1996, cerca de 75% da população passou a viver nas cidades, principalmente em duas regiões metropolitanas, Rio de Janeiro e São Paulo que chegavam a concentrar cerca de 20% da população do país. Até os dias de hoje os lugares que mais sentem esse desequilíbrio com o uso da água ficam no sudeste e nordeste do Brasil.

Grande parte da água potável fornecida pelas concessionárias do Brasil é utilizada para fins impróprios, gerando altos prejuízos financeiro e ambiental. Para controlar esta situação são necessárias algumas medidas que amortizem os prejuízos e um dos meios que pode ser utilizado é o uso do aproveitamento de água da chuva.

Levando em consideração no que foi dito acima, foi pensado em realizar um projeto para um residencial que está localizado na cidade de Arapiraca, o mesmo possui um alto consumo de água utilizado para diversos fins. Com isso, foi elaborado um projeto de captação de água que tivesse como objetivo reduzir este consumo, principalmente referente ao uso não potável desta água.

No presente estudo, será realizado a viabilidade técnico-econômica do uso de um sistema de aproveitamento de água pluvial e certificar-se de fato, que esse tipo de projeto para este tipo de edificação e demanda tem um resultado positivo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Neste trabalho, foi almejado alcançar o seguinte objetivo:

- Analisar a viabilidade técnica e econômica de um sistema de aproveitamento pluvial em uma unidade residencial multifamiliar localizada em Arapiraca - AL.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Dimensionamento das estruturas de captação e armazenamento de água pluvial no Edifício Space;
- Estimar o custo da implantação do sistema de aproveitamento pluvial;
- Determinação da economia de água que se terá com o uso desse tipo de sistema.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Importância da Água

A água exerce uma notável influência sobre todas as formas de vida existente no planeta. Sem ela, não seria possível estabelecer as condições necessárias para vida das espécies, bem como garantir as necessidades básicas de sobrevivência da espécie humana. É inquestionável e indispensável a água para vida do homem. Sua presença é fator determinante para uma melhor qualidade de vida, bem-estar e garantir o desenvolvimento de suas atividades.

A problemática se torna ainda maior quando se constatam que as demandas andam cada vez maiores, com limitado suprimento. O crescimento econômico desordenado, a ocupação indevida do solo, a expansão das indústrias e as atividades agrícolas têm contribuído para tornar a disponibilidade hídrica em certas bacias hidrográficas incompatível com as demandas em suas múltiplas modalidades de uso. Além disso, o descarte de esgotamentos sanitários e efluentes industriais sem algum tipo de tratamento, aliados à disposição indevida de resíduos sólidos urbanos e industriais, têm contribuído para degradar a qualidade das águas. (FERNANDEZ e GARRIDO, 2002).

A disseminação de informações referentes ao risco de escassez de água tem aumentado muito a conscientização da população com relação à utilização desse recurso. A água existente no planeta é essencial para vida, no entanto, esse recurso tem se tornado cada vez mais escasso. (MAY, 2004)

O Brasil detém uma das maiores bacias hídricas do planeta, ou seja, um quinto de toda reserva global. Tomaz (2003) descreve que o Brasil possui 12% da água doce do mundo, porém ela é mal distribuída no país como, por exemplo, os estados de Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Norte apresentam insuficiência hídrica em suas necessidades básicas.

São por esses motivos que deve haver uma preocupação ainda maior quando se fala sobre a água, achar que o recurso é inacabável, é ter um pensamento equivocado em relação a tantas dificuldades apresentadas por aqueles que sentem o verdadeiro desengano, o de não ter água para realização de suas atividades de necessidades básicas.

Segundo May (2004), dentro desse contexto, faz-se necessário ampliar nossos conhecimentos referentes à conservação de água, para que esse recurso possa ser preservado de forma a garantir que os descendentes farão uso da mesma. Uma forma de conservar é aproveitar a água de chuva para o consumo não potável em edificações que será assunto deste trabalho.

### 3.2 Conservação de Água

Segundo Tomaz (2003), a conservação da água é um conjunto de atividades que possuem o mesmo objetivo, são eles:

- Redução da demanda;
- Melhorar o uso da água e reduzir perdas e desperdícios da mesma;
- Aderir práticas que consigam economizar água;

As medidas de conservação de água precisam ser aderidas no meio urbano, pensando no meio comercial, residencial e industrial, que podem ser divididas em convencionais e não convencionais.

As estimativas para os usos convencionais podem se enquadrar nos seguintes requisitos:

- Conserto de vazamentos em redes públicas;
- Mudanças nas tarifas;
- Educação pública;
- Consertos de vazamentos nas residências.

Segundo Tomaz (2003), as medidas não convencionais podem se enquadrar nos seguintes itens:

- Utilização de excretas de vasos sanitários em compostagem;
- Dessalinização de água do mar ou salobra;
- Aproveitamento de água de drenagem de solos de edifícios.

Um dos maiores problemas das companhias de abastecimento é o desperdício de água. O índice de perda no Brasil é muito alto se comparado com outros países. Em Alagoas o desperdício chega a mais de 46% do valor de água tratada, esta que é perdida devido à idade das instalações que são muito antigas. Esses dados foram disponibilizados pela própria Companhia de Saneamento de Alagoas (Casal). Quase metade da água potável fornecida pela distribuidora é jogada fora. Os vazamentos são os principais responsáveis pelo desperdício no estado e podem surgir em qualquer lugar. De acordo com a Casal, em 2014 eles foram responsáveis pela perda de 46% do que foi distribuído em todos os 79 municípios pela companhia.

Segundo Tomaz (2003), as questões referentes ao abastecimento de água e ao combate de enchentes, influenciaram muito no tema “MEIO AMBIENTE”, pois é um tema que tem o poder de abranger diversos aspectos sociais, políticos e até mesmo de segurança pública. A racionalização do consumo, distribuição, perdas nas redes de abastecimento, combate a

ligações clandestinas, reciclagem da água e outros meios que podem ser utilizados para um bom aproveitamento desse bem tão precioso requer um tempo para surtir efeito na sociedade.

### **3.3 Aproveitamento de Água da Chuva na História: Breve Histórico**

A coleta de água de chuva tem sido uma técnica popular em muitas partes do mundo, especialmente nas regiões mais secas como as regiões áridas e semiáridas. A coleta de água da chuva foi inventada em muitas regiões do mundo há milhares de anos. Uma das inscrições mais antigas está escrita na Pedra Moabita (Figura 1), encontrada no Oriente Médio a leste do mar Morto escrito na linguagem canaanita, datada de 850 a.C. Nela estava escrito que o rei Mesha dos Moabitas sugere que sejam construídos reservatórios de água da chuva em cada casa da região (OLIVEIRA, 2008).

**Figura 1: Pedra Moabita.**

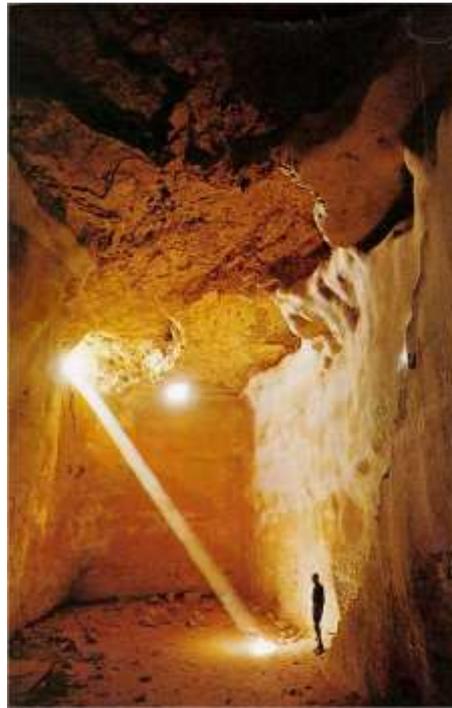


Fonte: Tomaz (2005).

Na ilha de Creta no ano de 2000 a.C. no palácio de Knossos, havia a instalação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, que era aproveitado para descargas em bacias sanitárias. Foram descobertos em 1885, em Roma, doze reservatórios com entrada superior. Cada um apresentava um volume de 98 m<sup>3</sup>, que eram utilizados para o abastecimento público. (TOMAZ, 2005). No planalto de Loess da China, já apresentavam em seus históricos a presença de cacimbas e tanques para água há dois mil anos.

Nesta região, são inúmeros os registros de reservatórios escavados em rochas anteriores a 3000 a.C., que usam desse tipo de sistema para o consumo humano. A (figura 2) mostra um reservatório cavado nas rochas da fortaleza de Massada em Israel, com a capacidade de 40 milhões de litros (GNADLINGER, 2000).

**Figura 2: Cisterna de Massada, Israel.**



Fonte: Tomaz ( 2005).

Sistemas de aproveitamento de água de chuva também são encontrados nas civilizações pré-colombianas. O México é rico em antigas e tradicionais tecnologias de coleta de água, datadas da época dos Aztecas e Maias. No século X, existia ali uma agricultura abastecida por cisternas com capacidades que variavam de 20 mil a 45 mil litros. Essas cisternas eram escavadas no subsolo de calcário, revestidas com um material impermeável. Acima delas havia uma área de captação de 100 a 200 m<sup>2</sup>. (OLIVEIRA, 2008).

Há 2750 a.C. na Mesopotâmia, se utilizavam de água da chuva. Foi descoberto em 1885 em Monturque, Roma, reservatórios subterrâneos com entradas superiores. Cada um desses reservatórios apresenta uma dimensão de 3,08m de largura e 6,65m de comprimento e altura de 4,83m, totalizando num volume de 98,93 m<sup>3</sup>. A cidade contava com doze reservatórios desse porte, estes que eram utilizados para o abastecimento público (TOMAZ, 2005).

Na cidade de Tomar, Portugal, na grande fortaleza e convento dos Templários (Figura 3), da qual a construção teve início em 1160, existem dois reservatórios para o

aproveitamento de água de chuva, sendo um com 215 m<sup>3</sup> e outro com 145 m<sup>3</sup> (TOMAZ, 2005).

**Figura 3: Fortaleza dos Templários, Portugal.**



Fonte: Tomaz (2005).

No Brasil, as instalações mais antigas encontram-se em Fernando de Noronha, datadas de 1943, que foram construídas pelos Norte-Americanos, mas não se tem dados mais precisos de como foi feita essa instalação e qual foi o motivo de tal construção. Mas no que se diz respeito ao aproveitamento de água pluvial no Brasil em anos mais recentes, podemos dar como exemplo de maior utilização desse tipo de alternativa o Nordeste, que detém a maior parcela do uso da captação de água da chuva, pois devido à escassez o governo federal montou estratégias para o combate à seca em regiões semiáridas do nordeste brasileiro, tendo como objetivo fazer o armazenamento de água coletadas nos períodos mais chuvosos, para que esta seja aproveitada no período de estiagem, como mostra a figura 4.

**Figura 4: Programa de incentivo ao combate à seca, nas regiões do semiárido brasileiro.**



Fonte: <http://www.ihu.unisinos.br/noticias/516634>

### 3.4 Normas para o Aproveitamento de Água Pluvial

Apesar do sistema de coleta e aproveitamento ser muito utilizado há alguns anos em regiões do Brasil, não são muito difundidas as normas que regem a utilização dessa prática. Um dos motivos para que isso venha acontecer é a falta de interesse sobre o assunto e a falta de bibliografia que definam bem esse tipo de questionamento. Para a implantação do sistema a problemática é a falta de dados necessários para o cálculo.

O que ainda pode-se encontrar na literatura são algumas normas referentes a elaboração de um sistema de aproveitamento de água, são elas: a) NBR 15527: Esta norma fornece os requisitos para o aproveitamento de água de cobertas em áreas urbanas para fins não potáveis, esta norma se aplica a usos não potáveis em que as águas provenientes da chuva possam ser utilizadas mesmo sem tratamento para diversos trabalhos como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de jardim, lavagem de veículos, limpeza de pátios, espelhos d'água e outras atividades; b) NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais, esta norma fixa exigências e critérios necessários aos projetos de instalações de drenagem de águas pluviais, visando garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia; e c) NBR 5626: Instalação predial de água fria, que em seu contexto foi utilizada apenas o tópico 5.2.9 Instalações elevatórias.

No Brasil o uso da técnica de aproveitamento de água ainda é rudimentar, onde necessita de qualificação de mão de obra e de estudos mais aprofundados desse tipo de projeto. Em algumas cidades do Brasil esse tipo de sistema é dado como incentivo e desconto, que é denominado como "IPTU verde". No projeto de lei 39/2011 do estado de São Paulo, no Art. 2º diz que o benefício tributário disposto consiste na redução de Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) aos proprietários que adotarem as seguintes medidas:

- I- Sistema de captação de água da chuva;
- II- Sistema de reuso de água;
- III- Sistema de aquecimento hidráulico solar;
- IV- Construções sustentáveis.

Esse tipo de incentivo é dado para que o uso de água da chuva seja visto como algo comum e que venha de alguma forma preservar os aquíferos, aliviar a demanda para as concessionárias de água e principalmente ajudar o meio ambiente.

### 3.5 Aproveitamento de Água Pluvial

A necessidade e finalidade na utilização da água destingue entre regiões, povos e culturas, logo, o valor a ela atribuído também diverge. O uso de água pluvial tem um longo histórico em todo mundo, sendo ele caracterizado de acordo com os interesses de cada um ao

aproveita-la. A utilização de água pluvial já possui um histórico de mais de 2.000 anos, período em que a população já fazia o uso de água da chuva na agricultura e abastecimento público (TOMAZ, 2005).

De acordo com Gonçalves (2006), mas do que uma tendência isolada, a água da chuva vem sendo considerada como uma fonte alternativa de água, para destiná-la ao uso potável ou não, isso dependendo da necessidade e da qualidade da mesma.

A utilização de água da chuva, seja ela em residências ou condomínios, pode substituir o uso da água potável quando sua destinação é direcionada para atividades menos nobres, quais sejam: descarga de sanitários, lavagens de carros e pisos, irrigação de jardim e etc. Todas as prestezas que façam o uso da água pluvial em substituição ao de água potável têm suas parcelas de contribuição sustentável para com o meio ambiente. Desta forma, a ideia do aproveitamento racional deste bem tão precioso e cada vez mais escasso, traz não só benefícios para o uso residencial, mas também para os setores industrial, agrícola e outros. (RODRIGUEZ, 2012).

O aproveitamento de água pluvial vem para mitigar os problemas ocorridos pela escassez. A utilização desse tipo de sistema, além de propiciar a conservação do recurso, possibilita a redução do escoamento superficial, diminuindo a demanda de água pluvial para as galerias e, conseqüentemente, reduzindo os riscos de enchentes nas cidades. Para isso, é preciso que o sistema seja configurado de forma a servir com eficiência para garantir que o mesmo ajude na amortização desses problemas (LAGE, 2010).

Aplicação de sistemas de aproveitamento de água da chuva varia em determinadas regiões. Pode-se destacar, a Alemanha que faz o uso do aproveitamento da água, a fim de conservar a água subterrânea que é usada para fazer o abastecimento da cidade. (RAINDROPS, 2002).

Todo projeto deve passar por uma avaliação econômico-financeira, e um projeto de aproveitamento de água não fica de fora dessa avaliação, pois muitas vezes sistemas de aproveitamento se atentam para períodos de retorno financeiro muito longos, devido às muitas despesas com o investimento realizado.

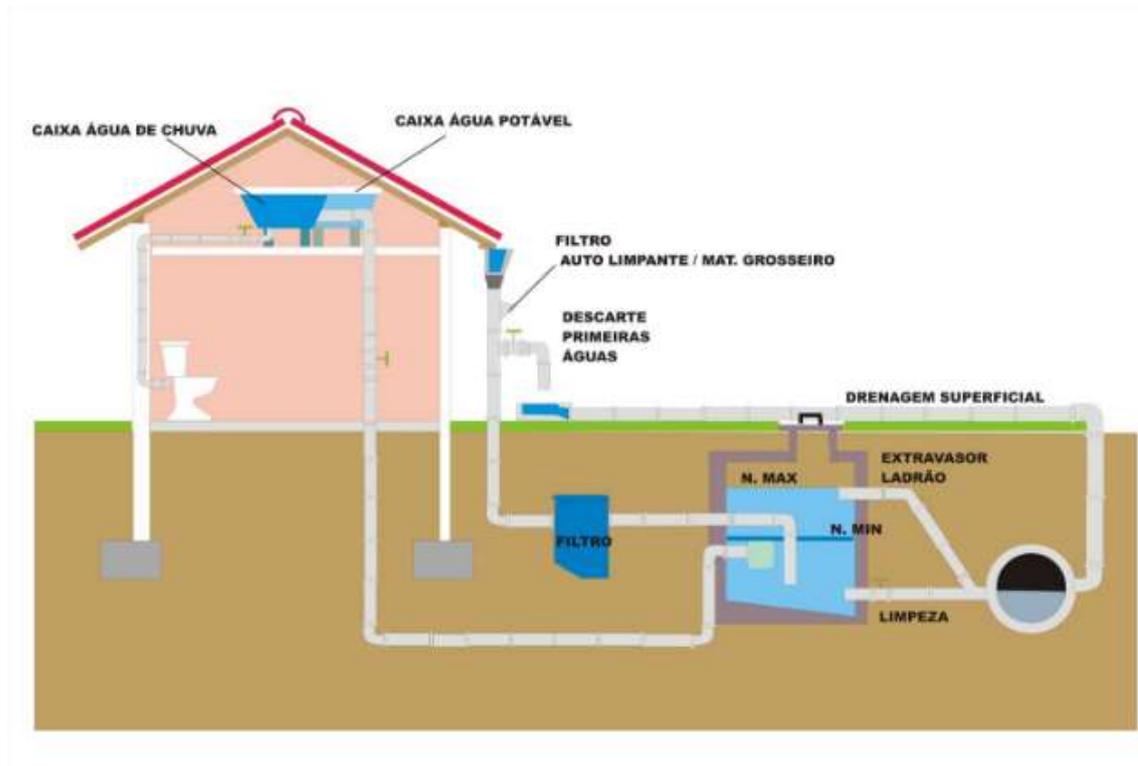
### 3.5.1 Concepção de um sistema de Aproveitamento de Água da Chuva

Com base no estudo de Abumanssur (2007), a funcionalidade de um sistema de coleta e aproveitamento de água de maneira geral, tem sua captação de forma que os telhados e lajes apresentam um papel fundamental para a coleta dessa água.

A água é conduzida até o local que será destinado para o armazenamento através de calhas, condutores horizontais e condutores verticais e em alguns sistemas é utilizado um

dispositivo desviador das primeiras águas. Logo após, o mesmo é direcionado ao reservatório que pode ser enterrado (cisterna), ou simplesmente apoiado ao solo, como por exemplo, as caixas d'água de fibra de vidro, e para se fazer a distribuição, a água será bombeada e levada até um segundo reservatório elevado. A figura 5 mostra um esquema detalhado do sistema.

**Figura 5: Esquema de um sistema de aproveitamento de água de chuva.**



Fonte: <http://institutoecoacao.blogspot.com.br/2014/11>

A norma de aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis que está presente na NBR 15527 menciona que a concepção do projeto de água da chuva deve seguir algumas normas que são indispensáveis para aplicação desta norma, sejam elas: a NBR 5626/1998 e a NBR 10844/1989.

Ainda dentro do estudo deve-se conter a demanda para o uso dessa água que será definida pelo projetista do sistema, isso incluem-se na concepção alguns estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será realizado o projeto.

Assim, dentro da concepção do sistema, ainda deve-se prever a sua viabilidade técnica e econômica de cada situação, onde a área de captação das coberturas deve ser compatível com a demanda calculada.

### 3.5.2 Componentes do Sistema de Captação e Aproveitamento

Conforme descrito por GONÇALVES (2006), a utilização dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, além de proporcionar a conservação dos recursos naturais,

ainda possibilita a redução do escoamento superficial diminuindo a carga nas galerias de água pluvial que, conseqüentemente, diminui os riscos de inundação. Para isso, é importante que o mesmo seja bem elaborado e executado de forma simples e prática e que consiga atingir um bom grau de funcionalidade.

Para coletar a água da chuva são necessários alguns itens, como por exemplo; telhado, calhas, condutores, armazenamento e bombeamento.

A metodologia para este tipo de projeto leva em consideração alguns efeitos naturais, que precisam seguir as seguintes etapas:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- Determinação da área de captação;
- Coeficiente de escoamento;
- Projetos complementares (condutores, grades e etc);
- Projeto do reservatório.

Fazendo uma consideração final do que foi dito neste capítulo, vale ressaltar a necessidade da conservação da água. É preciso buscar medidas e soluções sustentáveis que venham a contribuir com o meio ambiente de forma sustentável, certificando-se que a preocupação com o meio que vivemos torna-se uma iniciativa para o começo de muito estudo, isto é, procurar o aprofundamento em bibliografias já realizadas em outros países por diversos pesquisadores, e chegar cada vez mais perto da conclusão de que se preocupar com o agora, significa permanecer com a natureza cada vez mais viva.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Considerações Iniciais

Para verificar o potencial econômico de água potável obtido através de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, foi desenvolvido um projeto para o condomínio residencial localizado na cidade de Arapiraca-AL. Para este projeto, necessário se fez o desenvolvimento de uma metodologia que compreendesse as seguintes etapas: descrição do objeto de estudo, coleta de dados *in loco* referentes ao consumo de água potável, dados pluviométricos da região, determinação da área de cobertura, dimensionamento do reservatório para o aproveitamento de água pluvial, estação elevatória, orçamento e economia provinda do uso do sistema de aproveitamento.

### 4.2 Área de Estudo

O município de Arapiraca detém uma área de aproximadamente 215 Km<sup>2</sup>, com 232.671 habitantes (est. IBGE, 2016) sendo considerada a segunda cidade mais populosa do estado. Posicionando-se logo depois da capital Maceió, da qual se distância 123 quilômetros, sua altitude em relação ao nível do mar é de 265 metros. Nos anos 70, ficou conhecida como a “Capital do Fumo” por ser o maior produtor de tabaco do país. Na Figura 6 pode ser visualizada a localização de Arapiraca.

**Figura 6: Localização do município de Arapiraca no estado de Alagoas.**



Fonte: wikipedia.org (2016)

### 4.3 Objeto de Estudo

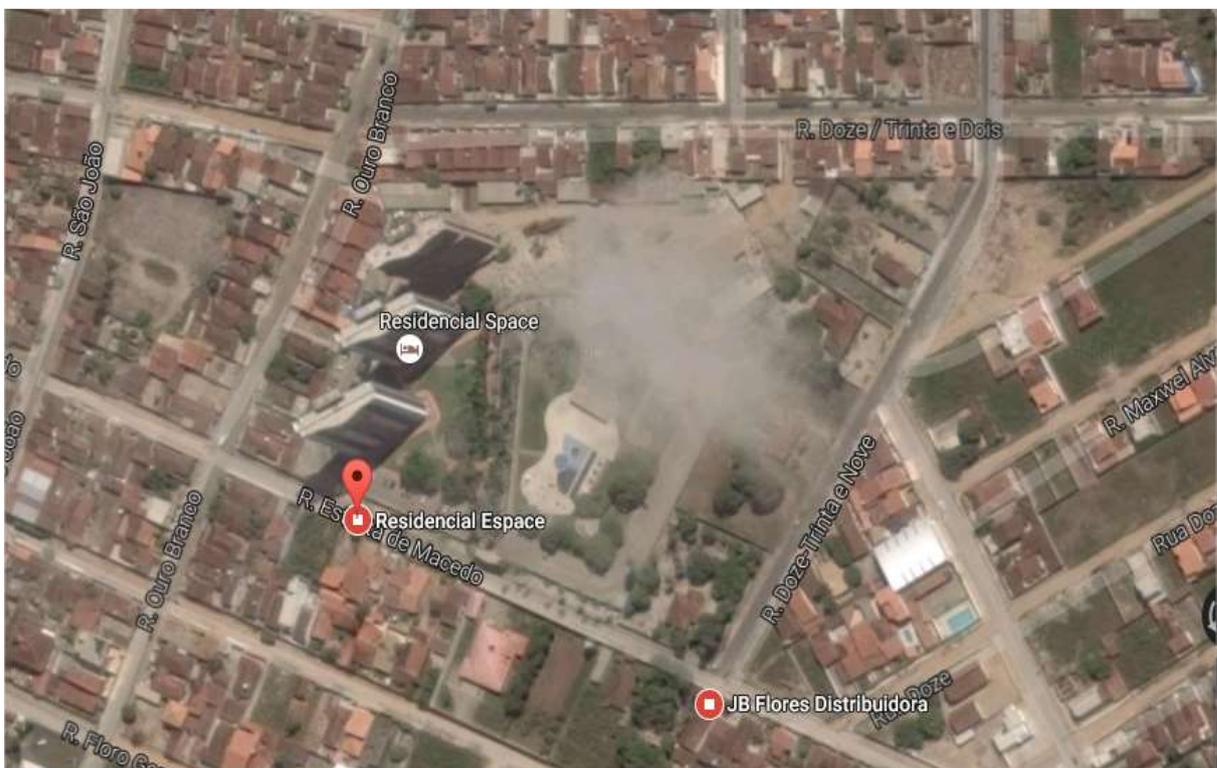
O estudo foi realizado no condomínio Residencial Espace pertencente à Construtora e Incorporadora Univest, localizado na Rua Estelita de Macedo, bairro Caititus, Arapiraca Alagoas (Ver Figuras 7, 8, 9 e 10). Trata-se de um conjunto residencial composto por 480 apartamentos distribuídos em 06 torres com 17 pavimentos por torre, sendo 1 polotis e 16 pavimentos tipo. Cada pavimento tipo é composto por 05 apartamentos e área comum, os

apartamentos se apresentam em 3 modelos que se apresentam nas seguintes dimensões 68,40 m<sup>2</sup> nas terminações 01 e 05 com 55,29 m<sup>2</sup> nas terminações 02 e 04 e por fim o de 71,89 m<sup>2</sup> na terminação 03. No pilotis cada bloco é composto de: Recepção, salão de jogos, brinquedoteca, salão de festas com copa, lavabo masculino, lavabo feminino, cozinha, depósito para carrinhos, bicicletário, bwc feminino e bwc masculino.

Na área comum do empreendimento temos: Guarita com wc, salão de festa com wc masculino, wc feminino e depósito, três churrasqueiras cobertas, dois quiosques para churrasqueiras family, quadra poliesportiva, pista de cooper, piscina com raia de 25m, piscina infantil e deck molhado, fitness, espaço para ginástica ao ar livre, praças, playgrounds, espaço para picnic, estacionamentos para visitantes e estacionamentos privativos cobertos e descobertos. O empreendimento dispõe ainda de uma área administrativa, com sala para administração, sala do condomínio, cozinha, refeitório e vestiários masculino e feminino.

O residencial Space Arapiraca é o maior lançamento imobiliário de Arapiraca. Um empreendimento inovador de grande porte que só vem agregar grandes oportunidades de uma boa moradia e de emprego para a população, já que se trata de uma grande construção e vem dispor aos moradores de Arapiraca um ambiente tranquilo que dispõe de boa segurança, excelente área de lazer e o mais importante uma boa qualidade de vida.

**Figura 7: Localização do Residencial Space Arapiraca.**



Fonte: Google Earth ( 2016).

**Figura 8: Residencial Espace, área de lazer.**



Fonte: Guia digital Uninvest Ouro Verde (2016).

**Figura 9: Residencial Espace, área de lazer.**



Fonte: Guia digital Uninvest Ouro Verde (2016).

**Figura 10: Residencial Space, academia.**



Fonte: Guia digital Uninvest Ouro Verde (2016).

#### **4.4 Levantamento de Dados**

Para analisar a viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial para o uso não potável no Condomínio Space foram levantados dados de diversos aspectos, os quais serão destacados a seguir.

##### **4.4.1 Área de Cobertura**

Para o levantamento da área de cobertura de uma unidade do Residencial Space foi necessário ter acesso à planta de cobertura do edifício que foi obtido a partir do fornecimento da mesma através da Técnica em edificações responsável pela fiscalização da construção do edifício. Conforme pode ser acessado no Anexo 1. De posse desta informação foi utilizado software CAD versão para estudantes para o cálculo da área de cobertura, lembrando que a área de cobertura geométrica deverá ser corrigida pelo fator de inclinação, que para este trabalho é de 10%. Através do item 5.1.1

##### **4.4.2 Dados Pluviométricos**

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram coletados do portal *Hidroweb* da Agência Nacional de Águas. Busca-se por um posto localizado na cidade de Arapiraca que possui uma série histórica extensa (~ 30 anos). Logo após a coleta de dados, foi utilizado o *software* Hidro 1.2 para o preenchimento de falhas.

#### 4.4.3 Dados de Consumo de Água

Os dados de consumo de água foram coletados *in loco*, no residencial supracitado, onde foram obtidas informações dos valores de consumo diário reais com o consumo estimado através de levantamentos de vazões dos aparelhos sanitários, da estimativa do consumo de água para a lavagem do pátio e a irrigação do jardim. No que diz respeito a irrigação e lavagem, foi realizado uma entrevista com o funcionário responsável de como era realizado essas tarefas, dia, duração e vazão das mangueiras.

##### 4.4.3.1 Consumo de Água medido pela CASAL

O valor da tarifa cobrada pela Companhia de Saneamento de Alagoas – Casal depende do consumo e de sua funcionalidade, ou seja, se é um condomínio residencial, ponto comercial ou indústria. Se o consumo for até 10 m<sup>3</sup> essa cobrança será fixa de R\$4,03 reais, mas se esse valor for ultrapassado, será cobrada uma nova taxa equivalente ao consumo. No caso deste trabalho o mesmo se encaixa na cobrança da tarifa para um residencial e observou que o seu consumo é superior a 150m<sup>3</sup> de água, implicando a Casal a cobrar um valor de R\$10,09 reais por cada metro cúbico usado.

#### 4.5 Estimativa do Consumo

Os dados de consumo de água do prédio foram necessários para que possa ser feita uma estimativa de quanto será o volume do reservatório, a fim de que o mesmo satisfaça a realização das tarefas que demanda de água não-potável.

##### 4.5.1 Aparelhos Sanitários

Para os vasos sanitários, foram estimados o número de vezes ao dia que o mesmo é utilizado, tanto para os sanitários dos apartamentos, quanto para os sanitários de áreas comuns. Todos os cálculos realizados foram feitos com informações coletadas no próprio local.

A Equação 1, mostra como foi estimada a vazão para os vasos sanitários.

$$Q_s = U \times S \times q \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

U: quantidade de vezes que o sanitário é utilizado por dia;

S: quantidade de sanitários;

q: vazão por fluxo fornecido pelo fabricante.

##### 4.5.2 Serviços de Usos Gerais

A coleta dos dados foi realizada no próprio residencial, onde pôde-se obter as vazões das mangueiras que são utilizadas no condomínio para a realização das tarefas, ou seja, os dias que o pátio é lavado e a quantidades de horas e os dias da semana que o jardim é regado.

A estimativa para a vazão foi realizada através do enchimento de um recipiente com o volume conhecido, sendo cronometrado o tempo necessário para completá-lo com água.

A Equação 2 e 3, mostram como foi realizado o procedimento.

$$Q_j = qm \times t \quad (\text{Equação 2})$$

$$Q_l = qm \times t \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$Q_j$ : vazão de irrigação do jardim;

$Q_l$ : vazão de limpeza do condomínio;

$qm$ : vazão da mangueira utilizada para cada serviço, de acordo com o diâmetro, encontrada através de métodos volumétrico, coletadas *in loco*;

$t$ : tempo gasto para cada serviço.

#### 4.5.3 Vazão Total para o Sistema

O cálculo total para o sistema será o somatório das vazões encontradas anteriormente, dessa forma, será estimada a vazão de água pluvial necessária para a realização das atividades no condomínio.

A Equação 4, demonstra como foi realizada a estimativa de utilização da água potável nas tarefas condominiais e descargas que poderiam ser substituídas por água pluvial.

$$Q_{\text{sistema}} = Q_s + Q_j + Q_l \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

$Q_s$ : vazão das bacias sanitárias (L/dia);

$Q_j$ : vazão de irrigação do jardim (L/dia);

$Q_l$ : vazão de lavagem do pátio (L/dia).

#### 4.6 Dimensionamento do Reservatório

Para o cálculo do dimensionamento do reservatório, foi utilizado primeiramente o método de Azevedo Neto, que está disposto na NBR 15.527/2007, este por sua vez, apresentada na equação 5.

$$V = 0,042 \times P \times T \times A_c \quad (\text{equação 5})$$

$P$ : valor numérico de precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

$T$ : valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seco;

$A$ : valor numérico da área de coleta em projeção, expressa em (m);

$V$ : volume numérico de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

O resultado de Azevedo não garante uma boa eficiência. No entanto, em busca de uma boa eficiência do sistema, procurou-se um novo método que possuísse um maior grau de

confiabilidade, então, optou-se pelo método chamado por método da simulação. Este método consiste no aumento do grau de confiança em 90%, ou seja, consegue reduzir os números de falhas para 10%, implicando num reservatório que consegue abastecer durante os períodos menos chuvosos.

O método da simulação não leva em consideração o que foi evaporado para um determinado mês, neste caso, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito.

Para a realização do cálculo do volume real a ser utilizado pelo condomínio, se faz necessário o uso do método da simulação. As equações 6 e 7 representam a estrutura do método, ou seja, demonstra quais são as entradas que precisam ser consideradas para a execução desse método usando um software. No presente caso fez-se o uso do Excel® para a implementação.

$$S(t) = Q(t) + S(t + 1) - D(t) \quad (\text{equação 6})$$

$$Q(t) = C x P(t) x A \quad (\text{equação 7})$$

Sendo que:  $0 \leq S(t) \leq V$

Onde:

S (t): volume de água no reservatório no tempo t, em m<sup>3</sup>;

S (t+1): volume de água no reservatório no tempo t+1, em m<sup>3</sup>;

Q (t): volume de chuva no tempo t, m<sup>3</sup>;

D (t): consumo ou demanda no tempo t, m<sup>3</sup>/dia;

V: volume do reservatório fixado, em m<sup>3</sup>;

C: coeficiente de escoamento superficial.

P(t): Precipitação Diária, em mm;

A: área de captação, em m<sup>2</sup>;

Inicialmente, foram adotadas algumas considerações para a realização do trabalho. No início, o reservatório se encontra vazio no tempo “t”. Para o cálculo do volume de chuva no tempo “t”, precisa ser definido o tipo de telhado para a escolha do coeficiente de escoamento, pois o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que é precipitado. Para isto, usa-se o coeficiente de escoamento de Runoff, que é o coeficiente entre a água que escoar superficialmente pelo total de água precipitada. Portanto o coeficiente que será utilizado, irá depender do tipo de material utilizado na construção do telhado. No caso deste trabalho, como se trata de uma laje de concreto valor do coeficiente de escoamento superficial é de 0,9. Para o valor da precipitação, os dados coletados estão presentes no [widroweb](#).

Para que esse método seja viável, deve-se considerar o número de falhas, para ficar mais claro o que são falhas, pode-se se dizer que a mesma representa os dias em que o

reservatório não consegue suprir a demanda para um determinado dia, ou seja, em algum dia do ano, a demanda pode ultrapassar o valor que o reservatório não conseguiu encher devido pouca precipitação. Na NBR 15527, diz que esse valor precisa ser de 10%. Para fazer a verificação dessa porcentagem é preciso obedecer a seguinte equação 8:

$$FS(\%) = \frac{\sum F * 100}{\sum d} \quad (\text{equação 8})$$

Onde:

$\sum F$ : somatório dos dias que o sistema possa vir a falhar;

$\sum d$ : somatório de dias que foram coletados os dados utilizados neste método.

#### 4.7 Dimensionamento das Estruturas de Água Pluvial

No dimensionamento das estruturas de água pluvial, tais como: calha, condutores horizontal e vertical estão presentes na NBR 10844.

##### 4.7.1 Dimensionamento dos Condutores

###### 4.7.1.1 Dimensionamento da Calha

Para a determinação das dimensões da calha, são necessários o seguimento de alguns itens que estão estabelecidos na norma citada. O primeiro deve-se calcular a intensidade pluviométrica da cidade de Arapiraca, foi necessário fazer a coleta das precipitações máximas de cada ano, estes por sua vez, encontram-se presentes no site da HidroWeb da Agência Nacional de Águas. O período de retorno utilizado neste trabalho foi de 25 anos, onde segundo a NBR 10844 (1989) não se admite empoçamento ou extravasamento do condutor. Através do método estabelecido por Gumbel, pode-se encontrar a intensidade pluviométrica, onde são necessários encontrar algumas variáveis, sejam elas desvio padrão, vazão ou chuva para um determinado período de retorno, variável reduzida de Gumbel para um período de retorno T e  $\alpha$  e  $\beta$  que são os valores que dependem da duração da precipitação. As equações abaixo representam o método reduzido de Gumbel. A NBR 10844 (1989) disponibiliza as intensidades pluviométricas de várias capitais Brasileiras, porém este presente trabalho se trata de uma cidade do interior de Alagoas e a sua intensidade não está presente na norma, por esse motivo, foi usado este método para encontrar o valor referente a cidade do presente estudo.

$$X_T = \beta - \left(\frac{1}{\alpha}\right) \cdot \ln[-\ln\left(\frac{T-1}{T}\right)] \quad (\text{equação 9})$$

$$\alpha = \frac{1,2826}{S_x} \quad (\text{equação 10})$$

$$\beta = \bar{X} - 0,451 \cdot S_x \quad (\text{equação 11})$$

Onde:

$X_t$ : é a precipitação ou intensidade para um determinado tempo de retorno;

$\beta$  e  $\alpha$ : são valores que dependem da duração da precipitação;

$\bar{X}$ : é a média de todas as precipitações máximas anuais;

$S_x$ : é o desvio padrão das precipitações máximas;

$T$ : é o tempo de retorno.

Após encontrar os valores das precipitações diárias máximas anuais de cada tempo de retorno pedido pela NBR 10844 no item 5.1.3 da norma, diz que deve-se fixar o tempo de duração em  $t = 5\text{min}$ . Sendo necessário encontrar valores de precipitação para valores menores. O valor das relações entre as precipitações pode ser encontrado através da seguinte equação:

$$r_{(i:j)} = \frac{P_i}{P_j} \text{ (equação 12)}$$

Onde:

$R_{(i:j)}$ : é a relação entre as precipitações de duração  $i$  e duração  $j$ ;

$P_i$ : precipitação com duração  $i$ ;

$P_j$ : é a precipitação com duração  $j$ .

Para a utilização das precipitações com durações diferentes ( $r_{(i:j)}$ ) foram obtidas a partir de TUCCI (2012) conforme tabela abaixo:

**Tabela 1: Relações da curva i-d-f.**

relação	BRASIL
5min/30min	0,34
10min/30min	0,54
15min/30min	0,70
20min/30min	0,81
25min/30min	0,91
30min/1h	0,74
1h/24h	0,42
6h/24h	0,72
8h/24h	0,78
10h/24h	0,82
12h/24h	0,85
24h/1dia	1,14*
24h/1dia	1,10**

Fonte: Tucci (2012).

Depois de encontrar a intensidade pluviométrica, pelo método de Gumbel é necessário fazer o cálculo da calha que deve ser projetada para ter uma inclinação de no mínimo 0,5%, para dimensionar este dispositivo é necessário obedecer aos cálculos estabelecidos na NBR 10844 de 1989. O segundo passo é descobrir a vazão de projeto, dada por:

$$Q = \frac{I.A}{60} \text{ (equação 13)}$$

Onde:

Q: vazão de projeto, em L/min;

I: intensidade pluviométrica, em mm/h;

A: área de contribuição, em m<sup>2</sup>.

Com o cálculo da vazão de projeto estabelecida, pode-se calcular as dimensões que a calha deve ter, através da fórmula de Manning presente na NBR 10844 (1989):

$$Q = K \cdot \left(\frac{S}{n}\right) \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \text{ (equação 14)}$$

Onde:

Q; vazão de projeto, em L/min;

S: área de seção molhada, em m<sup>2</sup>;

n: coeficiente de rugosidade;

Rh: raio hidráulico, em m;

P: perímetro molhado, em m;

I: declividade da calha, em m/m

K: valor fixo de 60.000.

**Tabela 2: Coeficiente de rugosidade.**

Material	n
plástico, fibrocimento, 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

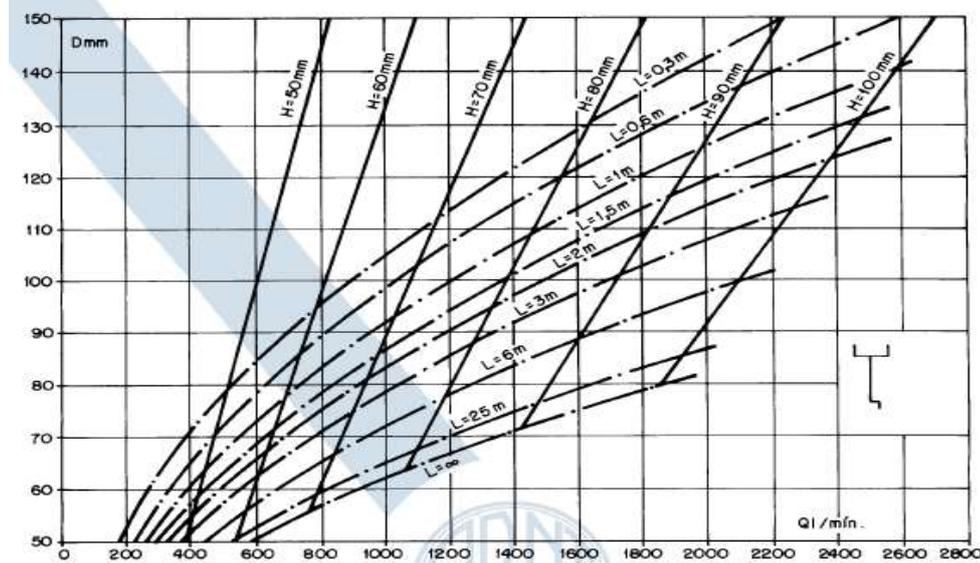
Fonte: NBR 10844 (1989).

#### 4.7.1.2 Condutores Verticais

Sempre que for possível, os condutores verticais devem ser projetados em uma só prumada, devendo evitar curvas, dando assim, um melhor escoamento da água. O diâmetro mínimo estabelecido pela NBR 10844 (1989) é de 70 mm. Para realização dos cálculos dos condutores verticais, alguns parâmetros precisam ser levados em consideração, tais como: vazão de projeto, altura da lamina d'água na calha e o comprimento do condutor vertical.

Com estes valores é possível descobrir o diâmetro que será utilizado no projeto através do ábaco da figura 11.

**Figura 11: Ábaco para o dimensionamento do condutor vertical, para calhas com saída em aresta viva.**



Fonte: NBR 10844 (1989).

#### 4.7.1.3 Condutor Horizontal

Os condutores verticais, devem ser projetados para terem no mínimo 0,5% de inclinação. A NBR 10844 (1989) apresenta uma tabela para o dimensionamento dos mesmos, sendo necessários algumas entradas para a realização do cálculo, são eles: vazão do sistema em L/min, coeficiente de rugosidade do material utilizado e a sua inclinação.

**Tabela 3: Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (L/min).**

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR 10844 (1989).

#### 4.8 – Dimensionamento da Estação Elevatória

De acordo com MACINTYRE (2009), para encontrar a potência necessária a um sistema é preciso, primeiramente, obter as alturas de sucção e recalque, as conexões que serão utilizadas e a vazão de projeto.

No primeiro momento, é preciso estabelecer os diâmetros necessários de recalque e sucção. Para o diâmetro de recalque utiliza-se da fórmula de Forchheimer, já o de sucção será o próximo diâmetro maior que o de recalque.

Abaixo, a equação de Forchheimer:

$$Dr = 1,3 * \left(\frac{x}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * \sqrt{Q} \quad (\text{equação 15})$$

Onde:

X: número de horas trabalhadas da bomba em 24 horas;

Q: vazão que será utilizada para o recalque da bomba, expressa em (m<sup>3</sup>/s).

Dr: diâmetro de recalque em (m).

Posteriormente, para encontrar as perdas de cargas relacionadas ao recalque com a presença de conexões fez-se o uso da fórmula de Hazen Willams. Os valores obtidos através da fórmula citada são necessários para encontrar a altura manométrica.

As velocidades máximas nas tubulações de sucção e recalque, são respectivamente 2m/s e 3m/s. Sendo assim, é preciso fazer a verificação das velocidades através da seguinte fórmula:

$$V_{(r;s)} = \frac{Q}{D_{(r;s)}} \quad (\text{equação 16})$$

O próximo cálculo que deve ser feito é da altura manométrica Hm. Representada pela seguinte fórmula:

$$Hm = Hs + Hr \quad (\text{equação 17})$$

$$Hs = hs + \Delta hs \quad (\text{equação 18})$$

$$Hr = hr + \Delta hr \quad (\text{equação 19})$$

$$\Delta h_{(r;s)} = \Delta h'_{(r;s)} + \Delta h''_{(r;s)} \quad (\text{equação 20})$$

Onde:

Hm: altura manométrica do sistema;

Hs: altura manométrica de sucção;

Hr: altura manométrica de recalque;

hs: altura geométrica de sucção;

$\Delta hs$ : perda de carga na sucção;

$\Delta h'(r;s)$ : perda de carga contínua;

$\Delta h''(r;s)$ : perda de carga localizada.

Para a perda de carga contínua, utiliza-se a equação de Hazen-Williams:

$$\Delta h'_{(r;s)} = 10,6451 * \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852}} * \frac{L}{D^{4,871}} \quad (\text{equação 21})$$

Onde:

Q: vazão do escoamento no tubo, expressa em (m<sup>3</sup>/s);

C: coeficiente de rugosidade da tubulação, neste caso ela será de PVC;

L: comprimento da tubulação, expressa em (m);

D: diâmetro da tubulação, expresso em (m).

Obtido os valores registrados foi possível calcular a potência da bomba com a unidade em cavalo vapor (CV). Para isso, utilizou-se um rendimento de aproximadamente 30%, tendo em vista que os valores do rendimento para bombas variam de 30% a 90%.

Abaixo, a equação da potência da bomba em (CV):

$$PH(cv) = \frac{\gamma Q H m}{75 * \mu} \quad (\text{equação 22})$$

Onde:

$\gamma$ : peso específico da água, utilizando 9810 N/m<sup>3</sup>;

Q: vazão de projeto, expresso em m<sup>3</sup>/s;

$\mu$ : rendimento da bomba, atribuído um valor de 30%.

#### 4.9 Análise Econômica

Para a realização da análise econômica foram verificados os custos para a implantação e operação do sistema de aproveitamento de água pluvial. Vale fazer uma observação de que a análise econômica será uma estimativa preliminar de custos para a implantação deste sistema de aproveitamento de água pluvial. Ademais, este projeto não tem a finalidade de indicar que será implantado no condomínio escolhido para a realização deste trabalho.

Os custos de implantação e operação do sistema de aproveitamento de água pluvial resumem-se, fundamentalmente, em custos com os materiais e equipamentos e mão de obra. Dessa forma, fez-se uma estimativa dos valores de materiais e equipamentos necessários através do site Orçamento de obras de Sergipe (ORSE) (<http://www.cehop.se.gov.br/orse/>) e do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil). Estes que disponibilizam em sua plataforma uma série de informações sobre coleta de preços, fornecedores, insumos e serviços.

Para obter o orçamento, foi preciso detalhá-lo em serviços a serem executados. Assim, pôde-se decompor os insumos necessários para a execução. Os serviços foram: reservatório inferior, condutores horizontais e verticais, estação elevatória e reservatório superior.

De acordo com a NBR 5626, é preciso fazer a instalação de dois conjuntos de motor-bombas para que o abastecimento seja garantido em caso de eventuais imprevistos.

Após realizados os cálculos da potência do conjunto motor-bombas, foi verificada sua vazão em (m<sup>3</sup>/h). Através de seu catálogo, foi estimado o tempo de funcionamento que essa bomba precisará para encher o reservatório diariamente, além dos dias de uso durante o mês.

Para a determinação dos custos com energia elétrica devido ao bombeamento, utilizou-se as informações referentes ao moto-bomba utilizada e o valor em (R\$/KWh), cobrado pela ELETROBRAS na categoria em que se enquadra o condomínio residencial.

Com as informações e dados coletados, foi possível fazer o cálculo do consumo de energia elétrica gasto pelo bombeamento, conforme a equação abaixo.

$$CE = P(\text{moto} - \text{bomba}) * t * N * V (\text{tarifa}) \text{ (equação 23)}$$

Onde:

CE: consumo de energia elétrica, expresso em (R\$);

P (moto-bomba): Potencia do conjunto motor-bomba, expresso em (KW);

t: tempo de funcionamento da moto-bomba, expresso em (h/dia);

N: número de dias de funcionamento da moto-bomba no mês;

V (tarifa): valor cobrado pela ELETROBRAS, devido ao consumo de energia elétrica, expresso em (R\$/KWh).

Também foram feitos os cálculos para a economia de água potável quando realizado a instalação do sistema. Para isso, foi utilizada a tarifa cobrada de água para o residencial e o volume de água pluvial. Assim, através da aplicação da equação abaixo é possível verificar qual a economia gerada de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

$$E = Vap.Tar \text{ (equação 24)}$$

Onde:

E – Economia;

Vap – Volume de água aproveitado pela chuva;

Tar – tarifa da Casal.

Os valores das tarifas cobradas por metro cúbico utilizados foram verificados nas faturas mensais de água do condomínio fornecidas pela Companhia de Saneamento de Alagoas (Casal).

Para a obtenção do período de retorno do investimento, foi necessário o uso do método *payback* descontado. O *payback* descontado consiste na utilização de uma taxa de desconto que leva em consideração os seguintes pontos, quais sejam, valor do dinheiro no tempo, variação dos fluxos de caixa em relação ao momento inicial e a confrontação do resultado líquido com o valor do investimento. Desta forma, obtém-se como vantagem a consideração do valor em dinheiro no tempo (ASSAF NETO, 2003).

Através desse método foi possível calcular o número de meses ou anos que serão necessários para que os fluxos de caixa futuros acumulados igualem ao montante do investimento inicial.

Pode-se obter o *payback* descontado conforme apresentação da equação abaixo:

$$I_o = \sum_1^n \left[ \frac{Bn - Cn}{(1+i)^n} \right] \text{ (equação 25)}$$

Onde:

$I_o$ : investimento inicial;

B: benefícios ou economias;

C: custos relevantes, excluindo os custos iniciais;

i: taxa mínima de atratividade (TMA), neste trabalho será considerado o valor de 1% ao mês.

n: variável tempo, indica o número de períodos medido em meses.

O tempo de vida útil do sistema será considerado viável para um período de 10 anos.

## 5. RESULTADOS

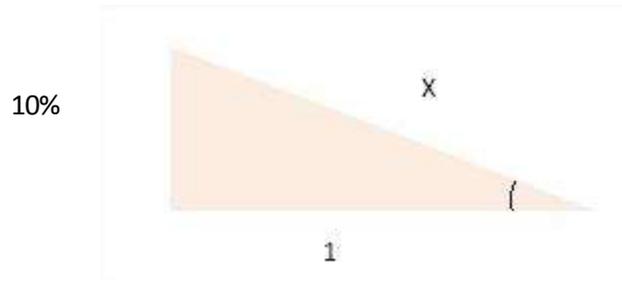
### 5.1 Levantamento dos Dados

#### 5.1.1 Área de Cobertura

Como já foi mencionado no item 4.4.1, a área da cobertura foi fornecida pela técnica da obra e a mesma se apresenta como uma laje produzida com concreto e constitui-se de uma inclinação de 10%. Com essas informações, pode-se obter o seu valor através do CAD versão para estudantes. O valor da área plana da cobertura foi de:

$$A_p = 422 \text{ m}^2$$

Depois de encontrar a área plana deve-se fazer sua correção já que a mesma se apresenta com uma inclinação de 10%. O seu fator de correção será dado pela seguinte equação:



$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 0,1$$

$$\operatorname{Arctg} 0,1 = 5,71^\circ$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{FC}$$

$$FC = 1,005$$

Onde:

FC: corresponde ao fator de inclinação.

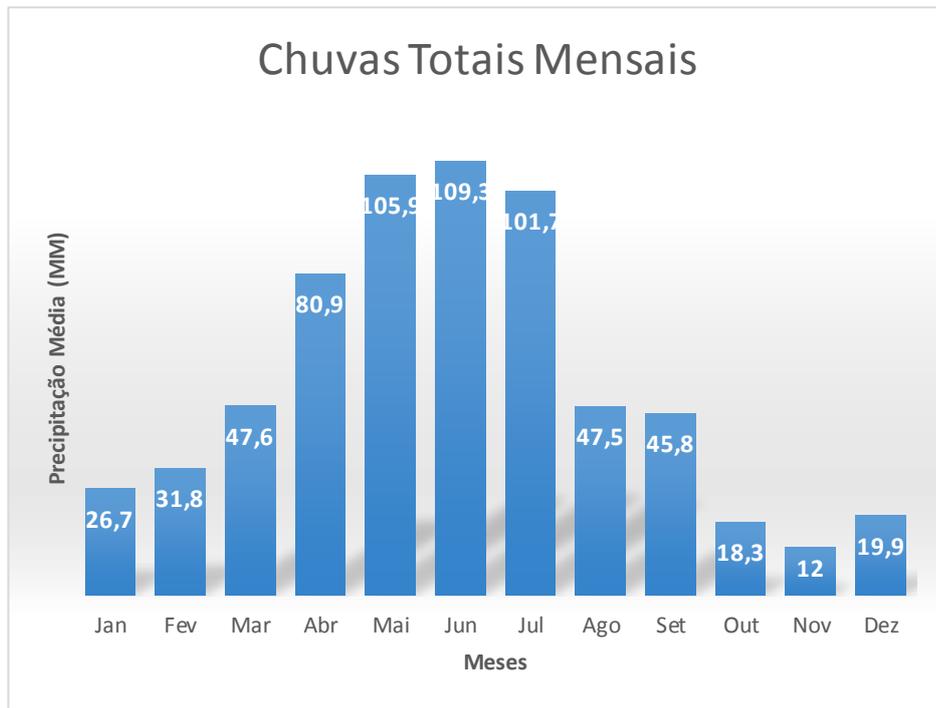
Então a área será de:

$$A_{p(final)} = 422 * 1,005$$

$$A_{p(final)} = 424,11 \text{ m}^2$$

#### 5.1.2 Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos foram coletados através do site da Agência Nacional de Água (ANA) a partir dos dados diários de precipitação da estação 00936066, onde extraiu-se uma série histórica de 1963 a 1991 com precipitação média anual de 689,2 mm e médias mensais presentes no gráfico 1.

**Gráfico 1: Precipitações médias mensais.**

Fonte: HidroWeb (2016)

Através do gráfico fica evidente que os períodos de Maio a Julho se encontram com precipitações acima de 100 mm, enquanto que os meses mais difíceis para chuva são de Outubro a Dezembro com valores variando de 19,9 a 18,3 mm.

### 5.1.3 Vazões

#### 5.1.3.1 Vazão dos Sanitários

O edifício apresenta em sua estrutura cinco apartamentos por pavimento, cada apartamento possui dois banheiros, além de existir um banheiro de uso comum por pavimento, totalizando o número de onze banheiros. Considerando que o edifício é composto de dezesseis pavimentos, o total de banheiros será de 177 por torre. Suas bacias sanitárias são da linha Izy Deca Branco com vazão de 3 L/ fluxo (dejetos líquidos) e 6L/ fluxo (dejetos sólidos) com caixa acoplada.

Como mencionado no item 4.5.1 a equação 1 mostra como foi realizado o procedimento para estimar a vazão referente aos sanitários de áreas comuns e dos apartamentos. Para isso, precisou-se fazer uma separação do que era resíduo sólido e do que era líquido e multiplicar cada um deles pelo valor do fluxo de água na descarga que é fornecida pelo fabricante. A tabela 4, mostra detalhadamente como foi estimada as vazões.

**Tabela 4: Detalhamento das vazões.**

LOCAIS	Vazão por fluxo (L)		Utilização do sanitário por dia.		Quantidade de sanitários.	Vazão total dos sanitários em (L/dia).
	Líquidos	Sólidos	Líquidos	Sólidos		
<b>Suíte</b>	3	6	2	2	80	1440
<b>Social</b>	3	6	2	2	80	1440
<b>Funcionários</b>	3	6	5	0	17	255
<b>TOTAL</b>						<b>3135</b>

Fonte: A autora (2016)

#### 5.1.3.2 Vazão de Usos Gerais

A coleta dos dados foi realizada no próprio residencial, onde pôde-se obter as vazões das mangueiras que são utilizadas no condomínio para a realização das tarefas, ou seja, os dias que o pátio é lavado e a quantidades de horas e os dias da semana que o jardim é regado. A irrigação acontece todos os dias no período de 30 min e o pátio é lavado toda segunda feira. A estimativa para a vazão que sai da torneira, foi realizada através do enchimento de um recipiente com o volume conhecido, sendo cronometrado o tempo necessário para completá-lo com água. As equações do item 4.5.2 mostram como foi feita a estimativa de vazão para a irrigação do jardim e a lavagem do pátio e a tabela 5 resume os cálculos realizados.

**Tabela 5: Vazões para o uso de água no pátio e jardim.**

Serviços	Diâmetro (mm)	Vazões das mangueiras (L/s)	Tempo gasto na tarefa por dia (s)	Volume de serviço utilizado (L).	Vazão por dia (L/dia).
<b>Jardim</b>	25	0,25	1800	450	385,72
<b>Pátio</b>	20	0,2	32400	6480	925,72

Fonte: A autora (2016)

Como a lavagem do pátio é realizada toda segunda feira, foi feita a correção para que a volume de água utilizado seja dividido durante a semana.

#### 5.1.3.3 Cálculo da Vazão Total para o Sistema

O cálculo total para o sistema será o somatório das vazões encontradas anteriormente. Dessa forma, será estimada a vazão de água pluvial necessária para a realização das atividades no condomínio mostrada na equação 4 do item 4.5.3. foi de 4446,42 L/dia.

## 5.2 Dimensionamento do Reservatório da Água Pluvial

Após coletar os dados necessários para o dimensionamento do reservatório que receberá a água provinda da chuva, para a realização deste cálculo, primeiramente foi utilizado o método de Azevedo Neto que já está expresso no item 4.6 com a equação 5. Para a realização dos cálculos, foram utilizados os meses que estavam abaixo da média, ou seja, utilizou o gráfico 1 somando todas as precipitações e dividiu-se por doze meses e chegou numa média de 53,95. Então, os meses de pouca chuva utilizados são aqueles abaixo desse valor, resultando num total de 8 meses, chegando a um volume de 98.211 L de água.

Diante do resultado apresentado pelo cálculo realizado com a equação de Azevedo Neto, foi-se necessário fazer uma verificação da probabilidade de falha desse sistema utilizando o método da simulação que atende pela equação 6 no item 4.6, e para verificar o número de falhas aplica-se o valor na equação 8 do item 4.6. O número de falhas encontrado foi muito alto para a demanda calculada e o volume do reservatório encontrado, esse valor chega a ser superior ao permitido por norma que é de 10%, o resultado encontrado nos cálculos deste trabalho foi de  $F_s = 46,49\%$ . É importante reforçar que para a redução de custos de implantação, é preciso fazer algumas modificações, isso inclui mudanças no reservatório e demanda. Então, o reservatório foi reduzido até chegar ao limite aceitável de falhas, e conseqüentemente houve a redução da demanda. O valor foi reduzido até chegar ao um volume de 40 m<sup>3</sup> que corresponde a uma demanda de 386 litros, ou seja, correspondente a irrigação do jardim do condomínio. Com esse ajuste, o número de falhas ficou de aproximadamente 10,74%. Esse valor passou um pouco do aceitável, porque foi feito um ajuste nas dimensões do reservatório para melhor execução.

## 5.3 Dimensionamento dos Condutores

### 5.3.1 Calhas

Para o dimensionamento das calhas, foi preciso conhecer a intensidade pluviométrica. Com os dados coletados no Hidroweb, precipitações que variam de 1961 a 1991. No item 4.7.1.1 apresenta as equações necessárias para a realização desse dimensionamento. A tabela 6 resume os resultados para encontrar a intensidade pluviométrica.

**Tabela 6: Parâmetro de distribuição de Gumbel.**

Média	Desvio Padrão	$\alpha$	$\beta$
48,33	24,30	0,053	37,4

Fonte: A autora (2016)

Com os valores encontrados na tabela acima, foi possível calcular as precipitações anuais máximas através da equação 9, foi utilizado nos cálculos um tempo de retorno de 25 anos, baseado na NBR 10844 a norma também deixa claro que é preciso fixar um tempo de 5 min, com os dados todos prontos, foi feita as relações de transformações da curva i-d-f, de acordo com a tabela 1 encontrando-se um valor de 141,607 mm/h.

Com a intensidade pluviométrica calculada, pode-se fazer o dimensionamento da calha começando com a equação 13 para encontrar a vazão de projeto que apresentou um valor de 1000,967 L/min. para dimensionar a calha, foi utilizada a equação 14 de Manning que leva em consideração a forma da calha e suas dimensões, que através da vazão de projeto pode-se definir as dimensões da calha através do quadro 1.

**Quadro 1: Vazões em L/min em calhas retangulares.**

Vazões em l/min em calhas retangulares de concreto liso, lâmina d'água e meia altura				
Dimensão (m)		Declividade		
a	b	0,5%	1%	2%
0,20	0,10	366	518	732
0,30	0,20	1.626	2.299	3.251
0,40	0,30	4.124	5.832	8.248
0,50	0,40	8.171	11.656	16.343
0,60	0,50	14.050	19.870	28.100
0,70	0,60	22.022	31.144	44.044
0,80	0,70	32.334	45.727	64.668
0,90	0,80	45.220	63.950	90.439
1,00	0,90	60.903	86.130	121.806

Fonte: Creder, 2006.

Dessa forma, a sua largura ficou de  $a = 0,3\text{m}$  e altura de  $b = 0,2\text{m}$  da calha, já sua altura da lâmina líquida  $H = b/2$ , então a altura será de  $H = 0,1\text{m}$ . Vale informar que o prédio já possui uma calha que contém os valores maiores que esse realizado nos cálculos, apresentando as seguintes dimensões de  $a = 1\text{m}$  e  $b = 0,25\text{m}$ , significando que ela será aproveitada.

### 5.3.2 Condutores Verticais

Com o valor da vazão de projeto encontrada com ajuda da equação 13, comprimento dos condutores, lâmina líquida na calha e o ábaco da figura 11. O comprimento dos condutores de  $L = 48,55\text{ m}$  e lâmina líquida de  $H = 0,1\text{ m}$ , foi possível encontrar o valor que o diâmetro dos condutores verticais precisa ter, e esse valor foi de 70 mm e são quatro condutores instalados. Vale lembrar que o residencial já tem um sistema instalado, podendo ser aproveitada, já que o diâmetro usado pelo condomínio é de 75mm.

### 5.3.3 Condutores Horizontais

Adotando uma declividade de 0,5% e rugosidade de  $0,011 \text{ S/m}^{1/3}$  para os 4 condutores horizontais que recebem os outros 4 condutores verticais, já calculados anteriormente. Com a tabela 3, foi possível dimensionar os condutores horizontais, que apresentou um valor de 100 mm. Lembrando que o residencial já possui essa instalação que poderá ser aproveitada.

### 5.4 Estação Elevatória

A estação elevatória foi dimensionada com ajuda das equações presentes no item 4.8 no qual, foi encontrado um conjunto motor-bomba com potência de  $\frac{1}{4}$  CV (189 watts). O diâmetro de sucção e recalque, são de 20 mm.

### 5.5 Reservatório Superior

A determinação do volume do reservatório superior levou em conta o volume diário correspondente à utilização somente da irrigação, pois como já foi dito no item 5.2, a demanda precisou ser diminuída com o uso método da simulação, que por sua vez, será usado somente para a irrigação do jardim. Então o volume do reservatório superior ficou de 500 litros.

### 5.6 Análise Econômica

Para o estudo da viabilidade econômica, faz-se necessário determinar os custos referentes a implantação do sistema de aproveitamento de água, ou seja, custos de materiais, equipamentos e energia elétrica que será usada para o recalque da água, além da economia de água que será gerada após a instalação do mesmo.

A estimativa de custos com o projeto foi realizada com ajuda do ORSE e SINAPI que resultou na tabela que será visto no item 5.6.1.

No que diz respeito a energia elétrica gasta como uso da bomba, foi feito o seguinte: através da conta de energia fornecida pela ELETROBRAS, foi visto a tarifa paga pelo condomínio com o uso de energia e a mesmo está classificado na categoria comercial, alta tensão. Deste modo, foi assumida uma tarifa a ser cobrada aproximadamente R\$ 0,64 /kWh

O consumo de energia elétrica correspondente a 1 CV é de 756 W, no entanto a potência da bomba que será usada é de  $\frac{1}{4}$  CV que é igual a 0,189 kW, que multiplicado pelo valor de horas de funcionamento da bomba que é de 0,15 horas/dia, durante 30 dias no mês, resulta em 0,86 kWh/mês, aplicando esses valores na equação 23, foi obtido um custo mensal de energia elétrica com o bombeamento muito pequeno em relação a outros custos mais elevados.

Já no que diz respeito a economia de água gera, os clientes da Casal são classificados de acordo com a natureza e finalidade que a água será utilizada, e isso é atribuído a categorias

são elas: residencial, comercial, industrial e pública (Casal, 2017), verificou-se que o consumo de água para o condomínio se enquadra na categoria residencial. O quadro 2 mostra detalhadamente a de como é feita a cobrança.

**Quadro 2: Custos de água para cada categoria.**

CATEGORIA		FAIXAS	TARIFA (R\$/m³)
ÁGUA	RESIDENCIAL	Até 10m³	4,03
		Excedente (m³):	
		11 – 15	7,70
		16 – 20	8,90
		21 – 30	9,52
		31 – 40	9,82
		41 – 50	9,95
		51 – 90	10,02
	91 – 150	10,08	
	> 150	10,09	
	COMERCIAL	Até 10m³	9,32
		Excedente	14,82
	INDUSTRIAL	Até 10m³	10,46
Excedente		19,12	
PÚBLICA	Até 10m³	7,87	
	Excedente	20,21	
TARIFA SOCIAL (4)	Até 10m³	2,01 (50% TMR)	
	Excedente(m³)		
	11 – 15	3,85 (50% TR da faixa)	
	16 – 20	4,45 (50% TR da faixa)	
	>20	Aplicar a tarifa residencial da faixa	
ÁGUA BRUTA (3)	Até 10m³	2,19	
	Excedente	7,40 (50% x TEC)	
CARRO PIPA	Qualquer consumo	9,32 = (TMC)	
FILANTRÓPICA (7)	Qualquer consumo	1,62 = (40,0% x TMR)	
ESGOTO	TODAS	30, 80 OU 100% sobre o valor da água	

Fonte: [casal.al.gov.br/estrutura-tarifaria](http://casal.al.gov.br/estrutura-tarifaria).

Também foi feito os novos custos de água potável, considerando o potencial de economia de água com base na equação 24 do item 4.9, verificou-se que a economia de água só para o enchimento do reservatório superior é de R\$ 151,35/mês, já que a tarifa cobrada pela Casal no condomínio é de R\$ 10,09 por m³.

#### 5.6.1 Orçamento de Materiais

Para o orçamento foi utilizado os índices do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos da Construção Civil (SINAPI) e ORSE. A tabela 7 abaixo detalha como foi realizado o orçamento

Tabela 7: Custos de Implantação do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial no Edifício Espace.

QUANTITATIVO DE MATERIAL					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO	UNID	QUANTIDADE	C. UNIT. (R\$)	TOTAL (R\$)
<b>1. RESERVATÓRIO INFERIOR / CISTERNA DE 40m<sup>3</sup></b>					
1.1	Alvenaria bloco cerâmico estrutural 3MPa, 14x19x39cm, esp=14cm, c/ argamassa cimento, cal e areia traço t5, inclusive ferragem grauteada - Revisada 08/2015	m <sup>2</sup>	504,00	1,05	529,20
1.1.1	Aço CA-60, 5,0mm, estribo	kg	34,30	4,24	145,43
1.1.2	Aço CA-60, 10 mm	kg	144,00	20,00	2.880,00
1.1.3	Argamassa em volume - cimento, cal e areia traço t-5 (1:2:8) - 1 saco cimento 50 kg / 2 sacos cal 20 kg / 8 padiolas de areia dim 0.35 x 0.45 x 0.13 m - Confecção mecânica e transporte	m <sup>3</sup>	8,00	346,22	2.769,76
1.4	Geotextil não tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster rt 10 tipo bidim ou equiv.	m <sup>2</sup>	22,00	6,92	152,24
1.5	Tampa de Inspeção em chapa metálica de aço 1/4", dim: 1,00x1,00m, inclusive pintura e cadeado	UNID	1,00	328,16	328,16
1.6	Bóia elétrica para reservatório superior, marca aquamatic ou similar, capacidade 30 a - fornecimento e instalação	UNID	1,00	195,56	195,56
1.7	Tela aço soldada nervurada CA-60, Q-283, malha 10x10cm, ferro 6.0mm, painel 2,45x6,0m, (4,48kg/m <sup>2</sup> ), Telcon ou similar	m <sup>2</sup>	40,00	31,00	1.240,00
1.8	Concreto estrutural usinado bombeado fck=25 Mpa (incluindo lançamento, aplicação e adensamento) para fazer a laje de cima da cisterna.	m <sup>3</sup>	1,33	320,12	425,76
1.9	Concreto estrutural usinado bombeado fck=25 Mpa (incluindo lançamento, aplicação e adensamento)	m <sup>3</sup>	1,40	320,12	448,17
1.10	Escavação manual de vala ou cava em material de 1ª categoria, profundidade entre 1,50 e 3,00m	m <sup>3</sup>	40,00	18,23	729,20
				<b>SUB-TOTAL</b>	<b>9.843,48</b>
<b>2. REMOÇÃO DE ENTULHO</b>					
2.1	Volume de entulho a ser removido	m <sup>3</sup>	80,00	18,23	1.458,40
				<b>SUB-TOTAL</b>	<b>1.458,40</b>
<b>1 CAIXA DE AREIA</b>					
3.1	Forma plana para fundações, em compensado resinado 12mm, 03 usos	m <sup>2</sup>	0,31	53,99	16,52
3.2	Concreto simples fabricado na obra, fck=15 mpa, lançado e adensado	m <sup>3</sup>	0,04	351,05	13,34
3.3	Aço CA - 60 Ø 4,2 a 9,5mm, inclusive corte, dobragem, montagem e colocação de ferragens nas formas, para superestruturas e fundações	kg	0,77	6,14	4,73
3.4	Alvenaria tijolo cerâmico maciço (4x9x17), esp = 0,09m (singela), com argamassa traço t5 - 1:2:8 (cimento / cal / areia) c/ junta de 2,0cm	m <sup>2</sup>	0,48	70,94	34,05
3.5	Escavação manual de vala ou cava em material de 1ª categoria, profundidade até 1,50m	m <sup>3</sup>	0,13	31,54	3,94
3.6	Chapisco em parede com argamassa traço t1 - 1:3 (cimento / areia) - Revisado 08/2015	m <sup>2</sup>	0,36	4,24	1,53
3.7	Reboco especial de parede 2cm com argamassa traço t3 - 1:3 cimento / areia / vedacit	m <sup>2</sup>	0,36	23,81	8,57
				<b>SUB-TOTAL</b>	<b>82,68</b>

Fonte: A autora (2016)

Tabela 8 – Custos de Implantação do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial no Edifício Espace (Continuação).

<b>4. BOMBA E SEUS ELEMENTOS</b>					
4.1	Bomba d'água BCR2000 Schneider 1/4" CV Al.	UNID	2,00	474,23	948,46
4.2	Cuva de 90°	UNID	2,00	0,65	1,30
4.3	Valvula de pé com crivo	UNID	1,00	15,9	15,90
4.4	Registro de gaveta 3/4" Deca	UNID	1,00	25,90	25,90
4.5	Ponto de tomada 2p+t, ABNT, de embutir, 10 A, com eletroduto de pvc rígido embutido Ø 3/4", fio rígido 2,5mm <sup>2</sup> (fio 12), inclusive placa em pvc e aterramento	pt	1,00	159,00	159,00
4.6	Quadro de distribuição (centro), embutir, em resina termoplástica, p/até 06 disjuntores s/barramento, padrão DIN	UNID	1,00	10,06	10,06
4.7	Tubulação de sucção e recalque, tubulação em PVC soldável 3/4" com 6m	UNID	1,00	13,90	13,90
				<b>SUB-TOTAL</b>	<b>1.174,52</b>
<b>5. TUBULAÇÃO VERTICAL E HORIZONTAL E SEUS ELEMENTOS</b>					
5.1	Condutor horizontal de 100 mm em PVC com 6m	UNID	5,00	50,90	254,50
5.2	Condutor vertical de 75mm em pvc com 6m	UNID	33,32	40,51	1.349,79
5.3	Curva de 40° de pvc junta elástica, ponta com 75 mm	UNID	3,00	23,89	71,67
5.3.1	Anel de borracha p/ tubo ou conexão de pvc je, d= 75mm	UNID	6,00	8,39	50,34
5.4	Fornecimento de tê 90° de pvc, junta elástica, com bolsas, diam. = 75mm	UNID	3,00	41,08	123,24
5.4.1	Anel de borracha p/ tubo ou conexão de pvc je, d= 75mm	UNID	9,00	8,39	75,51
				<b>SUB-TOTAL</b>	<b>1.925,05</b>
<b>6. RESERVATÓRIO SUPERIOR</b>					
6.1	Caixa d'água Tigre com tampa de 500L	UNID	1,00	183,12	183,12
				<b>SUB-TOTAL</b>	<b>183,12</b>
<b>7. ALVENARIA BLOCO CERÂMICO DE VEDAÇÃO</b>					
7.1	Bloco cerâmico, de vedação, 6 furos horizontais, dim. 9 x 19 x 24 cm	m <sup>2</sup>	94,00	0,50	47,00
7.2	Argamassa em volume - cimento, cal e areia traço t-5 (1:2:8) - 1 saco cimento 50 kg / 2 sacos cal 20 kg / 8 padiolas de areia dim 0.35 x 0.45 x 0.13 m - Confecção mecânica e transporte	m <sup>3</sup>	0,06	346,22	22,47
7.3	Concreto Armado fck=30,0MPa, usinado, bombeado, adensado e lançado, para uso Geral, com formas planas em compensado resinado 12mm (05 usos)	m <sup>3</sup>	0,08	1.313,77	105,10
				<b>SUB-TOTAL</b>	<b>174,57</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>14.841,82</b>

Fonte: A autora (2016)

Para calcular o tempo de retorno “n” do investimento, foi utilizado o método Payback descontado demonstrado na equação 25, e chegou a um valor de mais de 30 anos para recuperar-se o investimento inicial, o que acaba tornando inviável economicamente, haja vista que a vida útil do sistema é de 10 anos.

## 6 CONCLUSÃO

Ao longo do presente trabalho, foi considerada a importância de ações no sentido de implementar o uso racional da água nas edificações, tendo-se como objeto de estudo um condomínio residencial, dentre as quais se destacam a realização de campanhas de sensibilização e a implementação de novas tecnologias nos pontos de consumo.

Inserido no contexto desse trabalho, foi desenvolvida uma investigação em campo de como era utilizada a água para cada tipo de tarefa aqui estudada. Foram diagnosticados que por meio de alguns imprevistos como a coleta de água pelo telhado que não foi suficiente justamente por conta da pouca precipitação de chuva durante o ano.

Mesmo fazendo todo o levantamento, procurando aproveitar alguns materiais existentes e tentando diminuir ao máximo o tamanho do reservatório o sistema se torna economicamente inviável, devido ao alto custo de implantação e ao longo período que se levaria para obter o retorno do investimento financeiro.

A utilização da água da chuva é uma alternativa viável para diversas situações, porém requer estudos complementares visando a melhor forma e o tipo de projeto para aquele determinado objeto de estudo objetivando mostrar resultados positivos no que diz respeito ao tempo de retorno do investimento.

Através desse estudo realizado no Residencial Espace, mostrou-se que o aproveitamento de água da chuva é uma alternativa altamente viável ambientalmente visando os interesses sustentáveis. Contudo, não foi possível viabilizar economicamente o projeto escolhido para este trabalho devido ao tamanho do telhado juntamente com alta demanda e pouca precipitação. Outro fator intrigante para o projeto é a construção da cisterna que, por muitas vezes, apresenta um alto custo de implantação, podendo ser um fator decisivo para a inserção do sistema. Ademais, podem ser feitos outros estudos com diferentes tipos de materiais para o armazenamento da água, ajuda com incentivos dos órgãos públicos em divulgação, conscientização, redução de taxas e impostos para quem fizer o uso desse tipo de sistemas que beneficiem o meio ambiente o que, provavelmente o mesmo poderia tornar-se viável economicamente.

Durante a realização deste trabalho, surgiram algumas dificuldades que impossibilitaram a obtenção de dados mais concisos, devido:

- Incertezas nas respostas dadas as perguntas que foram feitas;
- As variações das vazões das mangueiras de irrigação;
- Não homogeneidade do número de utilização do vaso sanitário;

- Ausência de dados de consumo real aferido pelo CASAL, pois o Edifício ainda encontra-se em fase de ocupação.

Após o estudo realizado neste trabalho, seguem algumas sugestões para futuros trabalhos:

- Procurar outros meios de captação de água da chuva em outras tipologias de edificações, como indústrias e hospitais;
- Elaborar estudo comparativo sobre os usos finais e consumo per capita de água em outros tipos de edificações;
- Procurar outros meios de adaptar o projeto para o que o mesmo venha garantir a viabilidade técnica e a economia de água pluvial.
- Analisar a viabilidade do emprego de outras técnicas de conservação da água: como reuso de águas cinzas e equipamento economizadores de águas (torneiras com arejador, ducha com fechamento automático e etc.).
- Antes mesmo de começar a desenvolver o projeto fazer todo o levantamento de pluviométricos da região, para que o mesmo possa atender ao tipo de edificação escolhida para fazer a implantação de um sistema que use a água pluvial.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABUMANSUR, C. **Água da chuva em instalações prediais (Questões técnicas para uso)**. Disponível em: [www.crea.pr/crea2/assessoriacomunicacaoeuso-da-agua](http://www.crea.pr/crea2/assessoriacomunicacaoeuso-da-agua). Acesso em: 14 de junho de 2016.
- ÁGUAS, A. N. D. ANA. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp> acesso em 12 abril 2016.
- ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças Corporativas e Valor**. São Paulo: Atlas, 2003.
- CASAL- **Companhia de Abastecimento de Saneamento de Alagoas**. Disponível em: <http://casa.al.gov.br/estrutura-tarifaria/>. Acesso em março de 2017
- CREDER, Hélio, **Instalações Hidráulicas e Sanitárias/ Hélio Creder**. – 6.ed. – Rio de Janeiro: LTC; 2006.
- FERNANDEZ, José Carrera; GARRIDO, Raymundo José. **Economia dos Recursos Hídricos**. 1ª Edição. Editora da Universidade Federal da Bahia: Salvador, 2002.
- GEO Brasil: recursos hídricos: resumo executivo. / Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA,2007.
- GNADLINGER, João. Impressões e lições da Oficina Internacional de Captação e Manejo de Água de Chuva. **Oficina Internacional de Captação e Manejo de Água de Chuva**, 2004.
- GONÇALVES, Ricardo Franci (coord). **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro, ABES, 2006.
- GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento de água da chuva**. Curitiba, PR: Torre de papel, 2002.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home> (acesso em junho 2016).
- MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 4. Ed. Rio de Janeiro: GEN, v. 1, 2012.
- MAY, Simone. **Estudo de Viabilidade do Proveitamento de Água de Chuva para Consumo não Potável em Edificações/ S. May**. – São Paulo, 2004.
- OLIVEIRA, Frederico Moyle Baeta de. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto** – Ouro Preto, Minas Gerais, 2008.
- PREFEITURA DE ARAPIRACA- Dados Gerais. Disponível em: <http://web.arapiraca.al.gov.br/a-cidade/dados-gerais/> (acesso em junho 2016).

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água da Chuva:** Para áreas urbanas e fins não potáveis. 2.a ed. São Paulo: Navegar Editora, 2005.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva** 1.a ed. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** Porto Alegre: UFRGS Editora, 2012.

UNIVEST- Construtora e Imobiliária. Disponível em:  
<<http://uninvestouroverde.com.br/empreendimentos/residencial-espace-o-maior-show-da-sua-vida-3/>> (acesso em junho 2016).

**ANEXO**

**ANEXO 1**  
**PLANTA BAIXA DO TELHADO**

