

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
ENGENHARIA CIVIL

ARTUR FELIPE VASCONCELOS DE SOUZA

**ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO
DE ÁGUA PLUVIAL EM UM ESTABELECIMENTO LOCALIZADO NO ALTO
SERTÃO ALAGOANO**

Delmiro Gouveia – AL

2018

ARTUR FELIPE VASCONCELOS DE SOUZA

**ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO
DE ÁGUA PLUVIAL EM UM ESTABELECIMENTO LOCALIZADO NO ALTO
SERTÃO ALAGOANO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
em Engenharia Civil da Universidade Federal
de Alagoas, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto Silva da
Pereira

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza – CRB-4/2209

S729a Souza, Artur Felipe Vasconcelos de

Análise técnico-econômico de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um estabelecimento localizado no alto sertão alagoano / Artur Felipe Vasconcelos de Souza. – 2018.

60 f. : il.

Orientação: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2018.

1. Abastecimento de água. 2. Aproveitamento de água. 3. Água pluvial. 4. Alto sertão - Alagoas. I. Título.

CDU: 628.1(813.5)

FOLHA DE APROVAÇÃO

AUTOR: ARTUR FELIPE VASCONCELOS DE SOUZA

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO
DE ÁGUA PLUVIAL EM UM ESTABELECIMENTO LOCALIZADO NO ALTO
SERTÃO ALAGOANO

Trabalho de conclusão de curso
submetido à banca examinadora abaixo
descrita e aprovado em 17 de
outubro de 2018.

Professor Doutor Thiago Alberto da Silva Pereira

Banca examinadora:

Viviane Regina Costa Sá

Professora Doutora Viviane Regina Costa Sá (Examinador)

Thiago Alberto da Silva Pereira

Professor Doutor Thiago Alberto da Silva Pereira (Orientador)

Engenheiro Civil Luís Paulo Lima Cardoso (Examinador)

DEDICATÓRIA

À minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado paciência, inteligência e coragem para conseguir concluir esta grande etapa em minha vida.

A minha mãe, por sempre estar presente e me dando total apoio, incentivando nas horas difíceis, de desânimo e insegurança.

A minha irmã, por sempre me aconselhar e ser paciente comigo.

Ao meu pai, por toda cobrança e lealdade.

Aos meus amigos, que fizeram parte da minha graduação e que levarei por toda minha vida.

Aos professores do campus, em especial ao Thiago Alberto, pela orientação, apoio e confiança.

RESUMO

A água é um recurso natural limitado, precioso e imprescindível à vida. O ser humano, no decorrer do seu processo histórico de evolução é o principal responsável pelos diversos impactos ambientais perceptíveis e que de algum modo ameaçam a vida no planeta Terra. Dentre as principais preocupações está a problemática relacionada ao desperdício de água. Num país tropical onde a incidência de chuvas é maior, uma alternativa para esta solução é a coleta de água pluvial, uma solução sustentável que contribui para a conservação dos recursos hídricos, uma vez que diminui a demanda das águas superficiais e subterrâneas, além de contribuir para o uso racional da água. Práticas de captação e reaproveitamento são técnicas milenares usadas em diversos países, sendo, portanto, uma importante estratégia para contornar os problemas da escassez e promover a economia e o uso consciente deste recurso. O estudo de caso desenvolvido nesta pesquisa tem por finalidade apresentar um modelo de captação e reaproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em um restaurante, localizado no município de Água Branca, ilustrando uma ideia ecologicamente correta, a partir de técnicas eficientes e em termos qualitativos e quantitativos e apresentando um sistema economicamente interessante. O sistema a ser implantado é viável no ponto de vista econômico, pois irá gerar uma economia de cerca de 50% na conta de água mensalmente, e o seu tempo de retorno foi de 12,3 anos.

Palavras-chave: Uso Racional de água; Aproveitamento de água pluvial; Viabilidade econômica.

ABSTRACT

The water is a limited natural resource, precious and essential to life. The humans in the during of his historical process of evolution, responsible for several perceptible environmental impacts that some way threaten life on planet Earth. Among the main concerns is the problem related to water waste. In a tropical country where rainfall is highest, an alternative to this solution is the collection of rainwater, a sustainable solution that contributes to the conservation of water resources, once decreases demand for surface water and groundwater, besides contributing to the rational use of water. Capture and reuse practices are millenarian techniques used in several countries, it is therefore an important strategy to overcome the problems of shortage and promote the economy and the conscious use of this resource. The case study developed in this research aims to present a model of rainwater harvesting and reuse for non-potable purposes in a restaurant, located in the municipality of Água Branca – AL, illustrating an ecologically correct idea, from efficient techniques and in qualitative and quantitative terms and presenting an economically interesting system. The system to be deployed is economically feasible, as it will generate about 50% savings in the water bill monthly, and its payback time was 12.3 years.

Key words: Rational use of water; Use of Rainwater; Economic viability.

L ISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação da quantidade de água no planeta Terra.	16
Figura 2: Mapa das regiões hidrográficas do Estado de Alagoas.	19
Figura 3: Esquema de um funcionamento de sistema de captação de água de chuva.	22
Figura 4: Localização geográfica de Água Branca.....	24
Figura 5: Restaurante e Engenho São Lourenço.....	25
Figura 6: Produção de rapadura no Engenho São Lourenço.....	26
Figura 7: Calculo da área de contribuição para superfícies inclinada.....	27
Figura 8: Ábaco para dimensionamento de calhas e condutores verticais.	33
Figura 9: Capacidade de condutores horizontais de seção circular.	34
Figura 10: Simulação do reservatório inferior de acordo com o Software Netuno 4 para vazão de 1,414m³/d.....	43
Figura 11: Simulação do reservatório inferior de acordo com o Software Netuno 4 para vazão de 0,747m³/d.....	44
Figura 12: Eficiência do reservatório inferior para vazão de 0,747m³/d.	44
Gráfico 1: Precipitação média mensal no município de Água Branca- AL.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção hídrica no mundo por região.	17
Tabela 2: Vazão média de água no Brasil em comparação com outros países da América do Sul.	17
Tabela 3: Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil.....	18
Tabela 4: Coeficientes de Runnoff médios.	29
Tabela 5: Relação da curva I-D-F.	32
Tabela 6: Coeficiente de Manning.	33
Tabela 7: Coeficiente de atrito de Hazen Willians.	36
Tabela 8: Coeficiente K.....	37
Tabela 9: Resultado das entrevistas realizadas.	40
Tabela 10: Vazão diária dos vasos sanitários.....	40
Tabela 11: Vazão total diária.	41
Tabela 12: Áreas de captação.	42
Tabela 13: Valores utilizados na distribuição de Gumbel.	45
Tabela 14: Chuvas diárias com diferentes tempos de retorno.	45
Tabela 15: Vazão da calha para cada área de captação.	46
Tabela 16: Dimensões de cada calha.....	46
Tabela 17: Valores da economia gerada mensalmente.	48
Tabela 18: Orçamento final do sistema de aproveitamento de água pluvial.	49

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

a.C. – antes de Cristo

CASAL – Companhia de Saneamento de Alagoas

CEF – Caixa Econômica Federal

CV – Cavalo Vapor

d.C. – depois de Cristo

ETA – Estação de Tratamento de Água

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NBR – Norma Brasileira

ONU – Organização das Nações Unidas

PVC – Policloreto de Vinila

SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisas de custos e Índices da construção civil

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. ESTRUTURA DO TRABALHO	15
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
4.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA.....	16
4.2 A ÁGUA NO BRASIL	17
4.3 A ÁGUA EM ALAGOAS	18
4.4 CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	19
4.5 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	20
4.5.1 BREVE HISTÓRICO	21
4.5.2 O SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	21
5. METODOLOGIA	24
5.2 OBJETO DE ESTUDO.....	25
5.3 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	26
5.3.1 ÁREA DE COBERTURA	26
5.3.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS	27
5.3.3 DADOS DO CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL.....	27
5.3.4 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	28
5.3.5 DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS	30
5.3.6 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES VERTICAIS	33
5.3.7 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES HORIZONTAIS	34
5.3.8 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	34
5.4 ANÁLISE ECONÔMICA	38
6. RESULTADOS.....	40
6.1 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	40
6.1.1 DEMANDA	40
6.1.2 DISPONIBILIDADE PLUVIAL	41
6.1.3 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO.....	42
6.1.4 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS.....	42
6.1.5 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTOS.....	45
6.1.6 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	47
6.2 ANÁLISE ECONÔMICA	47

7. CONCLUSÃO	51
8. REFERÊNCIAS	52
ANEXOS	56

1. INTRODUÇÃO

A água exerce funções de extrema importância para a existência de vida no planeta terra. Porém as atividades humanas cada vez mais comprometem a qualidade da água e o risco de escassez devido à falta de conscientização em relação à utilização deste recurso. O processo de industrialização e o crescimento desordenado da população e dos grandes centros urbanos são fatores que refletem na crescente preocupação em relação à gestão hídrica. Além destes problemas, o desperdício de água potável que resulta do uso incorreto e inconsciente de aparelhos sanitários, por exemplo, e vazamentos nas instalações. Diante disto, percebe-se a necessidade de conscientizar a população à cerca do uso sustentável deste recurso e a consequente preservação hídrica, que é de suma importância hoje como também para as futuras gerações.

Segundo Vieira (2013), a quantidade de água existente no planeta terra, disponível e de boa qualidade para o consumo humano é finita, sendo este recurso encontrado sob várias formas, tais como: na forma líquida em lagos, rios e oceanos, sob a forma de vapor d'água na atmosfera e solidificada nas calotas polares.

Sabe-se que o ciclo da água na natureza engloba vários elementos, lagos, rios, açudes, dentre outros. Num sistema de abastecimento urbano, a água coletada de um manancial é tratada e distribuída, esta mesma água é recolhida em forma de esgoto e após tratamento, a água é descartada, encerrando-se aí um ciclo (JÓ, 2011).

Ainda segundo (JÓ, 2011), outro exemplo de ciclo da água em um sistema urbano está ligado à drenagem de águas pluviais. Uma alternativa que se mostra eficaz na busca por soluções que diminuam a crescente solicitação dos mananciais.

A captação de água proveniente das chuvas e posterior aproveitamento para fins não potáveis, descarga para dejetos, rega de jardins, em sistemas de controle de incêndio e lavagem de carros e calçadas, por exemplo, tem se tornado práticas comuns atualmente. Tais técnicas contribuem para o uso racional deste recurso, garantindo assim a conservação hídrica para as futuras gerações.

Com isso, novas técnicas de aproveitamento de água estão sendo bastante utilizadas, como é o caso do aproveitamento de água da chuva, que tem possui fins não potáveis, podendo substituir a água destinada a vasos sanitários, máquinas de lavar roupa e torneiras de jardins. Essa técnica é bastante utilizada em países desenvolvidos, mas aqui no Brasil ainda é pouco utilizada. Através desse sistema de captação de água da chuva é possível reduzir o consumo de

água potável, consequentemente gerando uma diminuição na conta de água, reduzindo uma parcela das enchentes e reduz uma possível escassez dos recursos hídricos.

Este trabalho tem o propósito de dimensionar um sistema de aproveitamento de água pluvial em um restaurante localizado no município de Água Branca-AL, com a finalidade de substituir a água utilizada em vasos sanitários e irrigação por água da chuva.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade técnica e financeira de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em um restaurante no município de Água Branca – AL.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionar o sistema de captação de águas de chuva;
- Determinar o consumo de água para irrigação;
- Determinar o consumo de água em vasos sanitários;
- Estimar os custos de implantação do sistema;
- Determinar a economia a ser gerada mensalmente.

3. ESTRUTURA DO TRABALHO

No tópico inicial é apresentado a substância água e suas respectivas funções para a existência da vida no planeta terra, e a importância da conservação da água para evitar futuras crises hídricas para as próximas gerações.

No segundo tópico é apresentado os objetivos gerais e específicos para o dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

No terceiro tópico é apresentado as subdivisões deste trabalho e seus respectivos conteúdo.

No quarto tópico é apresentado uma revisão bibliográfica, onde é mostrado todo recurso hídrico disponível em nível mundial, nacional e estadual, formas de conservação da água, aproveitamento de água pluvial e como é composto um sistema de aproveitamento de água pluvial.

No quinto tópico é apresentado toda metodologia necessária para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial, como o levantamento de dados, e sua análise financeira.

No sexto tópico é apresentado todos os resultados necessários para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial, assim como o valor estimado para a execução deste projeto através de um orçamento utilizando a plataforma SINAPI.

No sétimo tópico é apresentado a conclusão, onde é abordado que um sistema de aproveitamento de água pluvial é uma maneira altamente sustentável para se economizar água para fins não potável, e que indústrias e estabelecimentos passem a utiliza-lo com uma forma de redução na conta de água, e contribuindo na redução da demanda hídrica.

No oitavo tópico é apresentado as referências utilizadas para a elaboração do presente trabalho.

No nono tópico é apresentado os anexos utilizados neste trabalho, como planta baixa disponibilizada pelo proprietário, taxas das companhias de saneamento e elétrica.

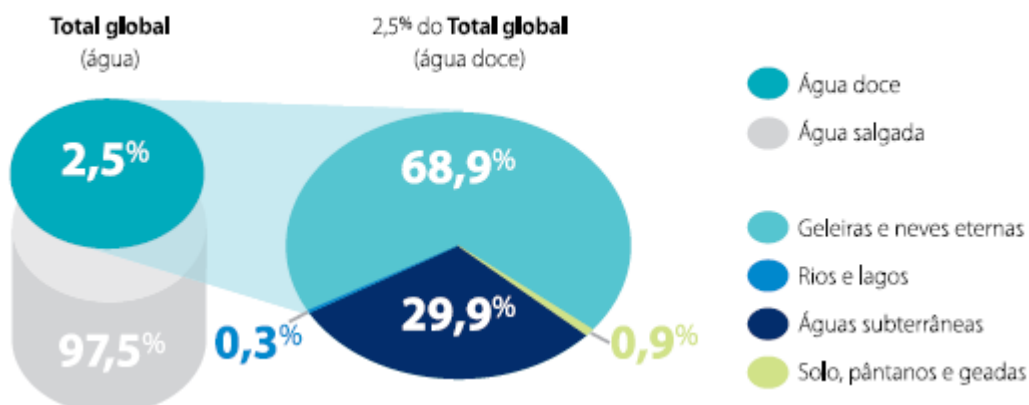
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

De acordo com o Projeto Brasil das Águas, a água é o único recurso natural que mais se relaciona com todos os aspectos da civilização humana, a contar desde o desenvolvimento da agricultura e atividades industriais até mesmo estabelecer ligação com os elementos representativos de valores religiosos e culturais da sociedade. Por ser componente bioquímico eficaz para os seres vivos, a água torna-se um recurso natural essencial, é, portanto, o meio de vida de várias espécies animais e vegetais e até mesmo meio de produção de vários bens de consumo final e intermediário.

Cerca de 2/3 da superfície do planeta Terra é constituído por água, onde 97,5% da água é salgada, e apenas 2,5% de água é doce. Desta pequena parcela de água doce, cerca de 68,9% estão congelados nas calotas polares do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas, e 29,9% estão concentradas nos aquíferos. Apenas 0,3% da água doce é representada pelos rios, lagos e reservatórios (TOMAZ, 2001), como mostrado na Figura 1.

Figura 1: Representação da quantidade de água no planeta Terra.



Fonte: Organização das Nações Unidas para a agricultura e Alimentação (FAO).

A água doce do planeta está distribuída de forma desigual pelo mundo, sendo a Ásia e a América do Sul os continentes com maiores volumes disponíveis. A Ásia possui cerca de 31,6%, alcançando vazões de 458.000 km³/ano. Os menores volumes disponíveis estão localizados na Austrália, Oceania e Tasmânia, como mostrados na Tabela 1.

Tabela 1: Produção hídrica no mundo por região.

Região do Mundo	Vazão (km³/ano)	Porcentagem (%)
Ásia	458.000	31,6
América do sul	334.000	23,1
América do norte	260.000	18
África	145.000	10
Europa	102.000	7
Antártida	73.000	5
Oceania	65.000	4,5
Austrália e Tasmânia	11.000	0,8
Total	1.448.000	100

Fonte: Tomaz, 1998.

O planeta tem água em abundância, mas em grande parte não disponível para uso, por sua distribuição ser de forma desigual. Segundo a Organização da Nações Unidas (ONU), cerca de 10% da população mundial não tem acesso a quantidade mínima de água potável para consumo diário e grande parte do mundo já enfrenta problemas de escassez hídrica ou sofre o risco de enfrentar períodos de escassez.

4.2 A ÁGUA NO BRASIL

Segundo Tomaz (2001), o Brasil é considerado um país ‘rico em água’, possuindo uma disponibilidade hídrica de 35.732 m³/hab./ano. Além disso, o Brasil possui cerca de 12% de toda água doce do mundo, mas a mesma não é bem distribuída.

O Brasil se destaca entre os países da América do Sul por possuir uma vazão de 177.900 km³/ano, o que corresponde a cerca de 53% de toda a água doce do continente, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Vazão média de água no Brasil em comparação com outros países da América do Sul.

América do sul	Vazão (km³/ano)	Porcentagem
Brasil	177.900	53
Outros países	156.100	47
Total	334.000	100

Fonte: Tomaz, 1998.

No Brasil, a maior parte da disponibilidade hídrica está localizada nas bacias hidrográficas. As principais bacias hidrográficas do Brasil são: Bacia do rio Amazonas, Bacia do Araguaia-Tocantins, Bacia do Paraíba, Bacia do São Francisco, Bacia do Paraná, Bacia do Paraguai, Bacia do Paraíba do sul e Bacia do Uruguai.

Dentre estas bacias supracitadas, a Bacia do rio Amazonas é a maior do mundo, possuindo cerca de 7 milhões de quilômetros quadrados de extensão, onde cerca de 4 milhões estão localizados em território Brasileiro. Apesar do Brasil ser considerado um país ‘rico em águas’, sua disponibilidade hídrica não está distribuída uniformemente pelo país, desta forma há uma desigualdade entre a oferta e demanda de água.

No Brasil, as regiões mais populosas são as que possuem menor disponibilidade hídrica, e por outro lado onde há maior disponibilidade hídrica ocorre o menor índice populacional. O exemplo disso é a região sudeste que conta com apenas 6% do potencial hídrico nacional, porém conta com 43% da população do país, enquanto a região norte conta com 69% do potencial hídrico nacional e apenas 8% da população brasileira (GHISI, 2006), como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil.

Região do Brasil	Área Territorial (%)	Disponibilidade de Água (%)	População (%)
Norte	45	69	8
Nordeste	18	3	28
Sudeste	11	6	43
Sul	7	6	15
Centro-Oeste	19	15	7

Fonte: Ghisi, 2006.

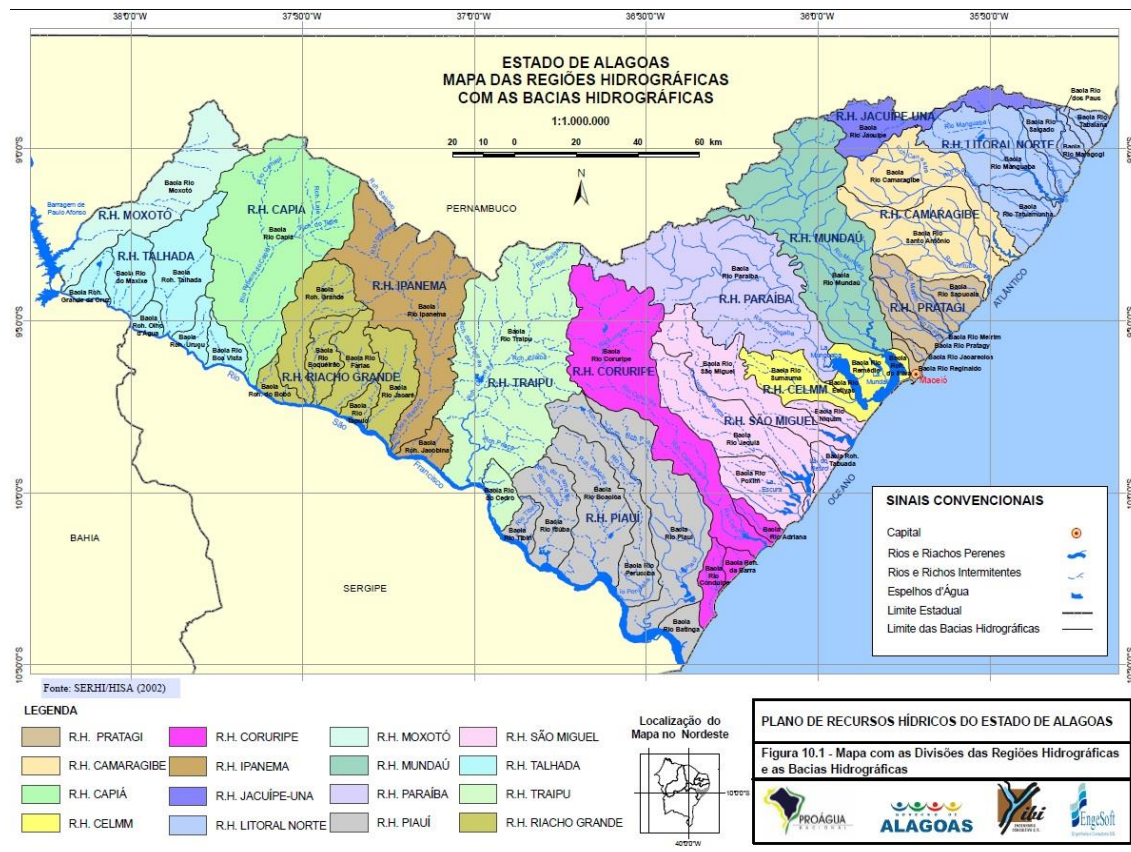
4.3 A ÁGUA EM ALAGOAS

O Estado de Alagoas possui uma superfície territorial de aproximadamente 27.767,7km², a qual equivale a 0,32% do território nacional e 1,8% do Nordeste. O Estado apresenta uma população de 3.120.494 habitantes, com uma alta densidade demográfica de 112,33hab/km², a maior do Nordeste e uma das maiores do Brasil (IBGE, 2010).

O estado está dividido em 16 bacias hidrográficas, como mostrado na Figura 2. Dentre destas bacias a de maior área é a do riacho Piauí, como uma área de 3.314,2 km² e ocupa 11,99%

do território estadual, de acordo com a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH – AL) (2009).

Figura 2: Mapa das regiões hidrográficas do Estado de Alagoas.



Fonte: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH), 2009.

Alagoas tem um déficit em recursos hídricos, pois grande maioria de seus rios são intermitentes, ou seja, em tempos de cheias apresentam bastante água em seu curso, e em período de estiagem desaparecem temporariamente. Cerca de 50% do território estadual está localizado na região semiárida, e consequentemente o estado sofre com secas na grande maioria do ano, principalmente a região do sertão. Estas secas prejudicam no plantio, irrigação e no crescimento de culturas.

4.4 CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

O desenvolvimento econômico acelerado nas últimas décadas trouxe inúmeros benefícios à sociedade, como avanços tecnológicos e científicos. No entanto, todo esse avanço elevou os impactos ao meio ambiente, derivados de atividades econômicas produtivas e extrativistas, estas dependentes de recursos naturais limitados (SOARES, 2014). Além disso,

nos centros urbanos do Brasil, a multiplicação das favelas é um exemplo do crescimento desorganizado dos centros urbanos. Isso faz com que grandes regiões sofram com a falta d'água e de saneamento, contaminando os mananciais (HAFNER, 2007).

Com o crescimento desorganizado dos grandes centros urbanos, a falta d'água passou a ser um fator constante, devido ao desconhecimento das pessoas quanto a quantidade de água desperdiçada. O uso de equipamentos ultrapassados ou poucos eficientes, vazamento e falta de manutenção em redes e encanamentos também são grandes causadores do desperdício de água.

Segundo a ONU, até 2050, aproximadamente 45% da população mundial não terá a quantidade mínima de água necessária. Com isso, atualmente, estão sendo realizadas mudanças no uso racional da água. O uso racional da água está cada vez mais presente nos grandes centros urbanos, visando sempre a preservação deste recurso limitado. Segundo (TOMAZ, 2001) a conservação da água tem como os principais objetivos:

- Reduzir a demanda de água;
- Melhorar o uso da água e reduzir as perdas e desperdícios da mesma;
- Implantar práticas agrícolas para economizar água.

A redução do consumo de água, além das vantagens ambientais, também proporciona vantagens econômicas. A mais direta é a economia do usuário no faturamento da água, mas a redução no consumo de energia elétrica e na manutenção dos equipamentos, bombas e aquecedores também representam uma vantagem econômica. Já a sociedade é beneficiada com a redução nos custos de operação dos sistemas de suprimento de água e de esgotamento sanitário, uma vez que, com uma menor demanda de água, há uma redução nos produtos químicos necessários para tratamentos nas Estações de Tratamento de Água (ETA). Além disso, os sistemas de saneamento, incluindo as elevatórias e as estações de tratamento de água e esgotos, tem sua vida útil e capacidade aumentadas, prorrogando as expansões e evitando a construção de novas infraestruturas hidráulicas (HAFNER, 2007).

4.5 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Diante do constante aumento populacional dos grandes centros urbanos, o Brasil vive uma situação de escassez e degradação dos recursos hídricos. Isto faz com que sejam elaboradas técnicas de conservação de água, como é o caso do aproveitamento de águas pluviais.

Este aproveitamento é uma forma simples e eficaz para a conservação de águas pluviais, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico. Isso contribui para a redução de enchentes e

para as constantes crises hídricas causadas pelo alto consumo e baixa disponibilidade do recurso.

4.5.1 BREVE HISTÓRICO

O aproveitamento de águas pluviais é feito desde a antiguidade. O primeiro registro que se tem do uso de água da chuva é verificado na pedra *Mohabita*, na data de 830 a.C., que foi achado na região de *Moab*, perto de Israel. Nela o rei *Mesha* dos Moabitas, sugere que seja feito um reservatório em cada casa para aproveitamento de água da chuva. Na região do mediterrâneo, por volta dos anos 2000 a.C. – 3000 a.C., eram construídos inúmeros reservatórios escavados dentro das rochas para o aproveitamento de água. Esta água tinha finalidade tanto para descargas em bacias sanitárias quanto para o consumo humano (TOMAZ, 2011).

4.5.2 O SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

A água da chuva pode ser utilizada em várias atividades com fins não potáveis no setor residencial, industrial e agrícola. No setor residencial, pode-se utilizar água de chuva em descargas de vasos sanitários, máquinas de lavagem de roupa, lavagem de automóveis, lavagem de pisos e irrigação de jardins. No setor industrial, pode ser utilizada na lavagem de maquinário, climatização interna e lava jato de veículos. Na agricultura vem sendo empregada principalmente na irrigação de plantações (MAY & PRADO 2004).

Os sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva em edificações são formados por quatro componentes básicos: área de coleta, condutores, armazenamento e tratamento (MAY, 2004).

O sistema de captação de águas pluviais consiste de modo geral, na interceptação da água da chuva através do telhado ou lajes da edificação. A água é recolhida e conduzida para um reservatório inferior através de calhas. É essencial que os primeiros volumes de água de chuva sejam descartados através de filtros para que não sejam armazenadas impurezas, como é o caso de folhas que caem sobre os telhados. Após a água ser armazenada nos reservatórios inferiores, que geralmente são do tipo cisternas, ela é transportada para um reservatório superior através de bombeamento. A partir do reservatório superior, a água é distribuída para o consumo não potável, como é o caso de vasos sanitários, irrigação de jardim e máquinas de lavar roupa. A Figura 3 apresenta o esquema de um funcionamento de aproveitamento de águas pluviais.

Figura 3: Esquema de um funcionamento de sistema de captação de água de chuva.



Fonte: <https://ecosolucao.wordpress.com/2011/05/18/reutilizacao-agua-chuva/>, 2011.

Segundo a NBR 10884 (1989), a área de contribuição é a soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto de instalação. As calhas são canais de pequenas seções que recolhem a água providas das coberturas, terraços e similares e a conduzem a um ponto de destino. Os condutores verticais são tubulações verticais que tem a finalidade de transportar a água recolhida pelo telhado e pela calha e conduzi-la até um reservatório inferior. Os condutores horizontais são tubulações horizontais destinados a recolher e conduzir águas pluviais até o reservatório inferior. Os reservatórios inferiores e superiores são unidades hidráulicas que acumulam água, o inferior acumula toda a água interceptada pelo telhado e calha, e o superior acumula a água necessária para a demanda diária. A estação elevatória é um conjunto motor-bomba que transporta a água do reservatório inferior para o superior.

O sistema de aproveitamento de água de chuva possui inúmeras vantagens, pois é um sistema ecologicamente responsável, fazendo com que o uso de água potável tenha uma redução considerável, consequentemente uma redução na conta de água. O sistema retém uma parcela do escoamento superficial e evita um número maior de enchentes, além de ser fonte de água para grande parte de nordestinos e ajuda no combate às secas.

Da mesma forma que o sistema de aproveitamento de água de chuva possui suas vantagens, também possui suas desvantagens. As calhas devem ser limpas periodicamente para que não haja contaminação através de folhas e fezes de animais, e seus reservatórios devem ser

limpos para que não haja entupimentos devido a sujeiras acumuladas no fundo. Tem um custo inicial elevado, mas de acordo com a disponibilidade hídrica do local, o tempo de retorno do investimento é reduzido.

5. METODOLOGIA

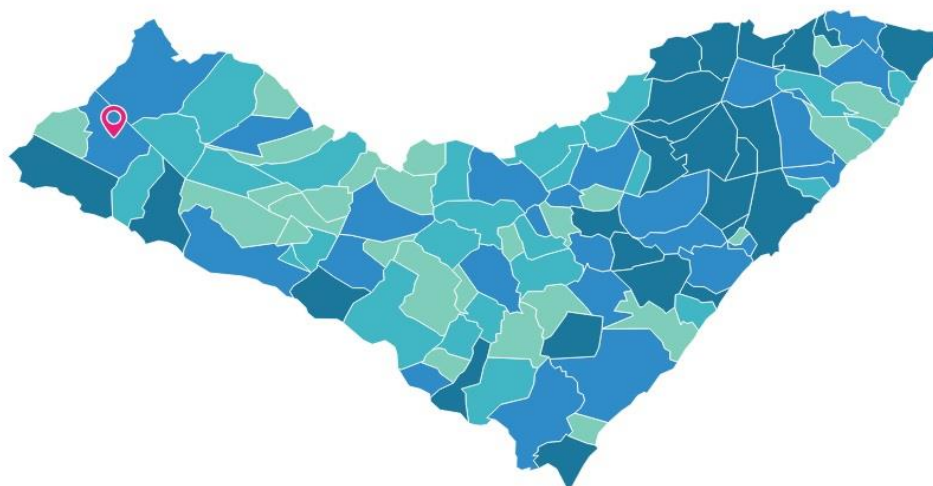
Para realização deste trabalho foram coletados dados acerca da área onde está situado o Engenho e Restaurante São Lourenço, dados pluviométricos, área de cobertura e demanda total diária a ser substituída.

5.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Água Branca está localizado no extremo oeste do estado de Alagoas, limitando ao norte com a cidade de Mata Grande e o estado de Pernambuco e ao sul com as cidades de Delmiro Gouveia e Olho D'Água do Casado. A área municipal ocupa 454,72km², cerca de 1,62% de Alagoas, inserida na mesorregião do Sertão Alagoano e na microrregião Serrana do Sertão Alagoano. Sua população, de acordo com o último censo realizado pelo IBGE em 2010, era de 19.377 habitantes.

A sede do município tem uma altitude aproximada de 570m e coordenadas geográficas de 9°15'43,2'' de latitude sul e 37°56'16,8'' de longitude oeste. Sua distância até a capital do estado é de 304km, segundo o IBGE (2018). Na Figura 4 pode-se observar a localização geográfica do município de Água Branca em relação ao Estado de Alagoas.

Figura 4: Localização geográfica de Água Branca.



Fonte: IBGE, 2018.

5.2 OBJETO DE ESTUDO

O restaurante e Engenho São Lourenço está localizado no município de Água Branca, às margens da AL-145, como mostra a Figura 5. O engenho foi fundado em 1920 pelo Sr. Lourenço Bezerra Mello, na Serra do Canto, na zona rural do município. Naquela época eram produzidos rapadura e mel através da moagem da cana-de-açúcar.

Na década de 60, com a chegada da energia elétrica na região, a sede do engenho mudou-se para a zona urbana, onde funcionou até o ano de 1982. Nos anos 2000, o atual proprietário e neto do fundador, Maurício César Bezerra Brandão resgatou a tradição da família e do município na produção da rapadura.

No ano de 2006 foi inaugurado no complexo do engenho o restaurante São Lourenço, onde atua na comercialização de comidas típicas nordestinas, bem como sorvetes artesanais, com destaque ao ‘sorvete de rapadura’.

Atualmente o Engenho São Lourenço atua na fabricação de rapaduras, mel, alfenim e açúcar mascavo, mostrada a Figura 6. Além da cana de açúcar, toda a produção agrícola do Engenho é produzida dentro do complexo e de forma orgânica. O complexo conta com uma área total de 928,39 m² e 579,74 m² de área construída. Possui 16 contribuintes fixos e em tempo de moagem esse quadro sobe para 40 contribuintes.

Figura 5: Restaurante e Engenho São Lourenço.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 6: Produção de rapadura no Engenho São Lourenço.



Fonte: Autor, 2018.

5.3 LEVANTAMENTO DE DADOS

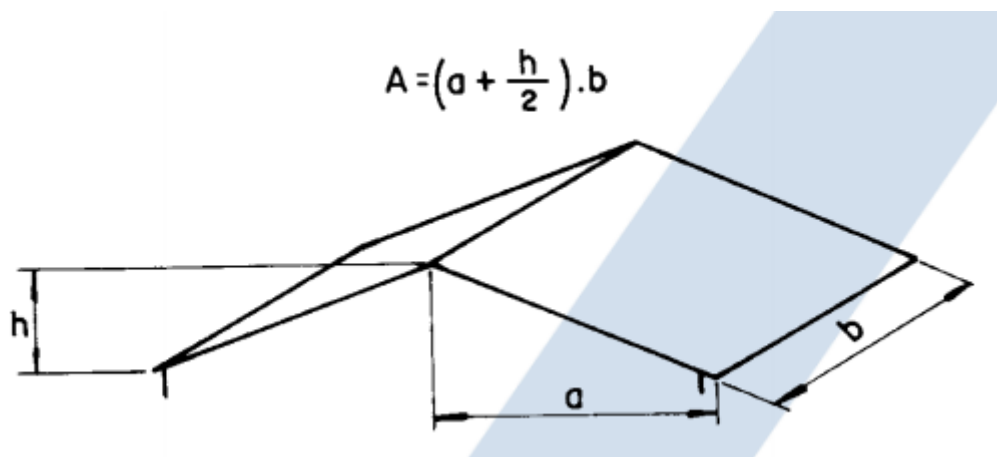
Para realizar a análise de implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais no complexo foi necessário realizar um levantamento de dados, como: visitas, medições, análise do projeto arquitetônico fornecido pela empresa, dados pluviométricos obtidos através do sistema Hidroweb do site da Agência Nacional de Águas (ANA), entrevista com funcionários e uma média do número de clientes que visitam o local por mês.

5.3.1 ÁREA DE COBERTURA

As áreas de cobertura são essenciais para estimar o volume do reservatório inferior necessário para armazenar a água da chuva. Para obter dados da área de coberta foi necessário o uso da planta de coberta do complexo, como mostrado no Anexo 2. O *Software* AutoCAD foi usado como base para obter as medidas do telhado.

Conhecendo as dimensões e a inclinação do telhado, e obedecendo a norma NBR 10844 (1989), é possível encontrar a área de cobertura, como mostrado na Figura 7.

Figura 7: Cálculo da área de contribuição para superfícies inclinada.



Fonte: NBR 10844, 1989.

Onde:

- **A** = área de cobertura em m²;
- **a** = largura da cobertura em m;
- **h** = altura da cobertura em m;
- **b** = comprimento da cobertura em m.

5.3.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados pluviométricos deste trabalho foram obtidos no site da ANA, no portal Hidroweb, e compilados no *Software Hidro 1.3*, também disponibilizado pelo mesmo site. Os dados correspondem a uma série histórica de 9 anos de duração e sem falhas. Os valores obtidos referem-se à estação 937009 localizada na cidade de Água Branca - AL.

5.3.3 DADOS DO CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

Para realizar uma estimativa do consumo médio de água não potável, foi necessário realizar a verificação dos tipos de aparelhos sanitários existentes, a válvula de alimentação do sistema, além de realizar entrevistas com os funcionários e proprietários do estabelecimento. As entrevistas foram realizadas com a finalidade de obter uma média diária de quantas vezes as descargas eram utilizadas pelos funcionários.

A partir das entrevistas com os funcionários e proprietários do estabelecimento, foi possível determinar a demanda hídrica diária destinada aos vasos sanitários, considerando a

relação descargas/funcionários/dia, descargas/clientes/dia e volume da caixa acoplada à descarga. Logo, a vazão de demanda destinada aos vasos sanitários, foi estimada pela seguinte fórmula:

$$Q_v = [(Cl \times N1) + (Fu \times N2)] \times Vd \quad (\text{Equação 01})$$

Onde:

- **Qv** = vazão destinada aos vasos sanitários em L/d;
- **Cl** = número de clientes;
- **N1** = número de vezes que os clientes utilizam o banheiro por dia;
- **Fu** = número de funcionários;
- **N2** = número de vezes que os funcionários utilizam o banheiro por dia;
- **Vd** = volume da caixa acoplada do vaso sanitário em L.

Para a irrigação da horta o método utilizado é o gotejamento, onde tem uma eficiência de 90% e uma alta economia de água comparado ao método de irrigação por aspersão. Com o método do gotejamento, a água é aplicada ao solo em pequenas intensidades, mas em alta frequência, mantendo assim o solo úmido. Segundo Salim Simão (2010) para irrigação de alface e tomates são necessários de 3 a 10 litros por metro quadrado/dia. Para o cálculo da demanda hídrica de irrigação da horta foi usada a seguinte equação:

$$Q_h = A \times Na \quad (\text{Equação 02})$$

Onde:

- **Qh** = vazão média de jardim, em m³/d;
- **A** = área da horta, em m²;
- **Na** = necessidade de água para irrigação da horta, em m³/d.

5.3.4 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

5.3.4.1 RESERVATÓRIO INFERIOR

O dimensionamento do reservatório está ligado diretamente com a disponibilidade pluvial da região. Para este trabalho o método escolhido para o dimensionamento foi o método das simulações. Neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Segundo a NBR 15527 (2007) o volume do reservatório é dado pela seguinte equação:

$$S(t) = Q(t) + S(t - 1) - D(t) \quad (\text{Equação 03})$$

Com:

$$Q(t) = C \times P(t) \times A \quad (\text{Equação 04})$$

Onde:

- **S(t)** = volume de água no reservatório no tempo t, em m³ e $0 \leq S(t) \leq V$;
- **Q(t)** = volume de chuva no tempo t, em m³;
- **S(t - 1)** = volume de água no reservatório no tempo (t - 1), em m³;
- **D(t)** = demanda de água em tempo t, em m³;
- **C** = coeficiente de escoamento superficial;
- **P(t)** = precipitação diária, em mm;
- **A** = área de captação de água pluvial, em m².

Segundo a NBR 15527 (2007), duas hipóteses são levadas em considerações, o reservatório deve estar cheio no início da contagem do tempo 't' e os dados históricos são representativos para as condições futuras. Se $S(t) < 0$, considera-se então que o sistema falhou.

O coeficiente de escoamento (C), também conhecido como coeficiente de *Runnoff*, está diretamente ligado ao tipo de telhado usado na superfície de captação, ou seja, para cada tipo de telhado é usado um determinado coeficiente. Segundo Tomaz (2003) o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo precipitado, e para isto utiliza-se o coeficiente de escoamento superficial. Portanto a perda de água de chuva considerada é: consequência da limpeza do telhado, perda por evaporação e perdas na autolimpeza do telhado. A Tabela 4, abaixo, indica os valores do coeficiente de *Runnoff*, no caso deste trabalho, o coeficiente adotado foi o de 0,90 uma vez que a telha é de material cerâmico.

Tabela 4: Coeficientes de Runnoff médios.

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUNNOFF
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz, 2003.

Para o método da simulação é necessário considerar o número de falhas que pode ocorrer no sistema. Esse número de falhas corresponde aos dias em que a demanda de água diária seja maior que a precipitada, e consequentemente o reservatório não irá suprir as necessidades. Segundo a NBR 15527 (2007) é admitido uma falha de até 10%. A falha pode ser calculada através da seguinte equação:

$$Falha (\%) = \frac{\sum F \times 100}{\sum d} \quad (\text{Equação 05})$$

Onde:

- $\sum F$ = somatório dos dias em que o sistema possa vir a falhar;
- $\sum d$ = somatório de dias da série histórica que foram coletados os dados.

5.3.4.2 RESERVATÓRIO SUPERIOR

O reservatório superior está ligado diretamente ao volume da demanda de água não potável diária. O volume precisa ser igual ou superior a demanda para que haja eficiência no sistema.

5.3.5 DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS

As calhas são canais feitos na maioria das vezes de Policloreto de Vinila (PVC) ou aço galvanizado e tem a função de transportar a água coletada no telhado até o reservatório inferior. Segundo a NBR 10884 (1989), é necessário conhecer a vazão de projeto, que é dada pela seguinte equação:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (\text{Equação 06})$$

Onde:

- Q = vazão de projeto, em L/min;
- I = intensidade pluviométrica, em mm/h;
- A = área de contribuição, em m².

Para o cálculo da intensidade pluviométrica é necessário coletar as precipitações máximas de cada ano da série histórica, e estabelecer um tempo de retorno, que neste trabalho será de 25 anos, pois segundo a NBR 10844 (1989) a área de estudo é um telhado e não se deve

admitir água empoçada e extravasamento. A intensidade pluviométrica será calculada pela formula de *Gumbel*, que é dada pelas seguintes equações:

$$X_t = \beta - \left(\frac{1}{\alpha}\right) \times \ln. [-\ln. \left(\frac{T-1}{T}\right)] \quad (\text{Equação 07})$$

Sendo:

$$\alpha = \frac{1,2826}{S_x} \quad (\text{Equação 08})$$

$$\beta = \bar{X} - 0,451 \times S_x \quad (\text{Equação 09})$$

Onde:

- **X_t** = precipitação para um determinado tempo de retorno, em mm;
- **β** = parâmetro de posição;
- **α** = parâmetro de escala;
- **T** = tempo de retorno que se deseja em anos;
- **$\bar{X}$** = média de todas as precipitações máximas anuais;
- **S_x** = desvio padrão das precipitações máximas.

Segundo a NBR 10844 (1989) o valor da intensidade pluviométrica deve ser fixado em 5 minutos, sendo necessário encontrar valores de precipitação menores. Para obter a relação de tempos menores de precipitação é usada a seguinte equação:

$$r(i, j) = \frac{P_i}{P_j} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

- **r(i, j)** = relação entre as precipitações de duração i e duração j;
- **P_i** = precipitação com duração i;
- **P_j** = precipitação com a duração j.

Para a utilização das precipitações com durações diferentes [r(i, j)] foram obtidas a partir de (TUCCI, 2012), conforme mostra a Tabela 5 a seguir.

Tabela 5: Relação da curva I-D-F.

RELAÇÃO	BRASIL
5min/30min	0,34
10min/30min	0,54
15min/30min	0,7
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/dia	0,85
24h/dia	1,14
24h/dia	1,1

Fonte: TUCCI, 2012.

Com os resultados da intensidade pluviométrica, foi possível dimensionar a vazão do sistema. Segundo a NBR 10844 (1989) não é permitido uma inclinação menor que 0,5%, sendo recomendada a fórmula de *Manning* para verificar se a calha tem capacidade de suprir a vazão de projeto, encontrada a partir da seguinte Equação:

$$Q = K \cdot \left(\frac{S}{n}\right) \cdot Rh^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

- **Q** = vazão de projeto, em L/min;
- **K** = 60.000;
- **S** = área de seção molhada, em m²;
- **n** = coeficiente de rugosidade, disposto a Tabela 6;
- **Rh** = raio hidráulico, expresso também por $\frac{P}{S}$, em m;
- **P** = perímetro molhado, em m;
- **i** = inclinação da calha, em m/m.

Tabela 6: Coeficiente de Manning.

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.

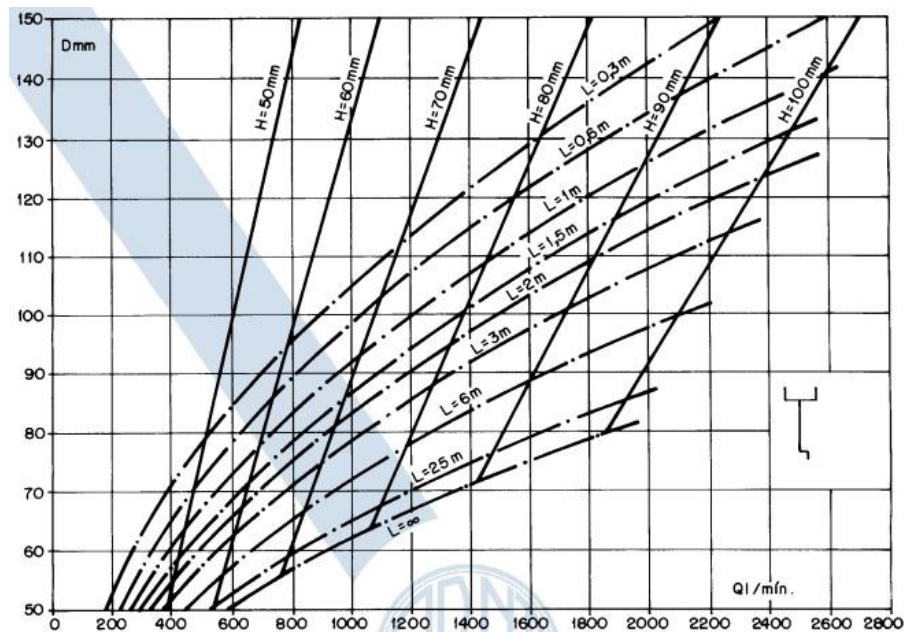
5.3.6 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES VERTICAIS

De acordo com a NBR 10844 (1989), os condutores verticais devem ter diâmetro mínimo de 70mm, e, se possíveis, projetados em uma única direção. Para dimensionamento, devem ser levados em consideração os seguintes dados:

- **Q** = vazão de projeto em L/min;
- **H** = altura da lâmina de água na calha;
- **L** = comprimento do conduto vertical.

A Figura 8 apresenta o ábaco para dimensionamento dos condutores verticais, onde é possível escolher o diâmetro.

Figura 8: Ábaco para dimensionamento de calhas e condutores verticais.



Fonte: NBR 10884, 1989.

5.3.7 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES HORIZONTAIS

Os condutores horizontais foram projetados para terem uma inclinação mínima de 0,5%. O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para o escoamento com lâmina na altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo NBR 10844 (1989). Para o dimensionamento dos mesmos, são necessários os seguintes dados: vazão do sistema em litros/minuto, coeficiente de rugosidade do material escolhido na calha e inclinação do conduto horizontal (%). Na Figura 9 disponível na NBR 10844 (1989), apresentada abaixo, estão disponíveis os dados para dimensionamento dos condutos.

Figura 9: Capacidade de condutores horizontais de seção circular.

	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.

5.3.8 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

A estação elevatória é formada por bombas, válvulas e equipamentos capazes de bombear o fluido de um local mais baixo para um mais alto.

Em primeiro momento é necessário conhecer a vazão da estação elevatória, que é a mesma da demanda diária não potável, e estabelecer diâmetros necessários de recalque e sucção.

Para o diâmetro de recalque utiliza-se da formula de *Forchheimer*, já o de sucção será o próximo diâmetro maior que o de recalque. A equação é descrita por:

$$D = 1,3 \cdot \sqrt[4]{x} \cdot \sqrt{Q} \quad (\text{Equação 12})$$

Onde:

- **D** = diâmetro da tubulação, em m;
- **x** = número de horas que a bomba trabalha por dia;
- **Q** = vazão, em m³/s.

As velocidades máximas nas tubulações de recalque e sucção, são respectivamente 2m/s e 3m/s. Desta forma é necessário realizar a verificação das velocidades através da seguinte formula:

$$V_{(r,s)} = \frac{Q}{D_{(r,s)}} \quad (\text{Equação 13})$$

Caso a verificação não esteja dentro dos limites, é necessário adotar diâmetros superiores. Em seguida, é feito o cálculo da altura manométrica, que representa a altura que uma bomba consegue transportar um liquido, e pode ser expressa pela seguinte fórmula:

$$Hm = Hs + Hr \quad (\text{Equação 14})$$

$$Hs = hs + \Delta hs \quad (\text{Equação 15})$$

$$Hr = hr + \Delta hr \quad (\text{Equação 16})$$

$$\Delta h_{(r,s)} = \Delta h'_{(r,s)} + \Delta h''_{(r,s)} \quad (\text{Equação 17})$$

Onde:

- **Hm** = altura manométrica do sistema em m;
- **Hs** = altura manométrica de sucção em m;
- **Hr** = altura manométrica de recalque em m;
- **hs** = altura geométrica de sucção em m;
- **hr** = altura geométrica de recalque em m;
- **Δhs** = perda de carga de sucção;
- **Δhr** = perda de carga de recalque;
- **$\Delta h'_{(r,s)}$** = perda de carga continua;
- **$\Delta h''_{(r,s)}$** = perda de carga localizada.

Para o cálculo da perda de carga continua é utilizada a equação de *Hazen Williams*:

$$\Delta h'_{(r,s)} = \frac{10,64 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times L \quad (\text{Equação 18})$$

Onde:

- **D** = diâmetro da tubulação, em m;
- **Q** = vazão, em m³/s;
- **C** = coeficiente de *Hazen Willians* que varia de acordo com o material utilizado, disposto na Tabela 7, logo abaixo.
- **L** = comprimento da tubulação;
- $\Delta h'_{(r,s)}$ = perda de carga continua.

Tabela 7: Coeficiente de atrito de Hazen Willians.

Material	C
Aço rebitado, novo	110
Aço rebitado, usado	85-90
Aço soldado, novo	130
Aço soldado, usado	90-100
Ferro fundido, novo	130
Ferro fundido, usado	90-100
Plástico	140
PVC rígido	145-150

Fonte: Macyntire, 2012.

Para o cálculo da perda de carga localizada, utiliza-se a formula de Borda- Berlanger:

$$\Delta h''_{(r,s)} = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (\text{Equação 19})$$

Onde:

- **v** = velocidade de fluido do sistema;
- **g** = gravidade, em m/s;
- **K** = coeficiente, a depender da peça, disponibilizado na Tabela 8, apresentada a seguir.

Tabela 8: Coeficiente K.

Tipo de peça	K
Ampliação gradual	0,3
Bocais	2,75
Comporta aberta	1
Controlador de vazão	2,5
Cotovelo de 90°	0,9
Cotovelo de 45°	0,4
Crivo	0,75
Curva de 90°	0,4
Curva de 45°	0,2
Curva de 22,5°	0,1
Entrada normal de canalização	0,5
Entrada de borda	1
Existência de uma pequena derivação	0,03
Juncao	0,04
Medidor de venturi	2,5
Redução gradual	0,15
Registro de ângulo aberto	5
Registro de gaveta aberto	0,2
Registro globo aberto	10
Saída de canalização	1
T com passagem direta	0,6
T com saída de lado	1,3
T com saída bilateral	1,8
Válvula de pé	1,75
Válvula de retenção	2,5

Fonte: *Macyn tire*, 2012.

O principal elemento de uma estação elevatória é o conjunto motor-bomba, que é medido em Cavalo Vapor (CV). O cálculo de sua potência é dado a partir da seguinte fórmula:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot Hm}{75 \cdot n} \quad (\text{Equação 20})$$

Onde:

- γ = é o peso específico da água;
- Q = vazão de projeto, em m³/s;
- Hm = altura manométrica, em m;
- n = é o rendimento do conjunto motor bomba.

O valor de n , pode variar entre 30 e 90%.

5.4 ANÁLISE ECONÔMICA

Após obter todos os dados necessários para o dimensionamento do sistema, é necessário realizar o cálculo do orçamento para saber se o investimento a ser feito no projeto é viável ou não.

Para o orçamento do projeto deve-se levar em conta os materiais para a construção dos reservatórios inferior e superior, as tubulações e conexões, o conjunto motor-bomba e a mão de obra para a execução do projeto.

Na realização da estimativa de custos de projeto foi utilizado como material base no Sistema Nacional de Pesquisas de custos e Índices da construção civil (SINAPI), da Caixa Econômica Federal (CEF). Esse sistema é referência em obras e serviços de engenharia, pois disponibilizam em sua plataforma uma série de dados que auxiliam na coleta de preços, insumos e serviços.

O custo mensal de energia elétrica pode ser calculado a partir da potência encontrada do conjunto motor-bomba, levando em consideração a tarifa de energia da cidade, o tempo que ela será utilizada por dia e o número de dias que ela será acionada para transportar a água do reservatório inferior para o superior. O cálculo do custo mensal é dado pela seguinte fórmula:

$$Cme = P \times t \times n \times Tar \quad (\text{Equação 21})$$

Onde:

- **Cme** = custo médio mensal de energia;
- **P** = potência do conjunto motor-bomba em watts;
- **t** = número de utilização diário;
- **n** = numero de dias de utilização do conjunto motor-bomba;

- **Tar** = tarifa de energia do local.

Para determinar a economia gerada mensalmente, é necessário calcular o quanto irá diminuir por mês no valor da conta de água e então subtrair o valor da economia gerada pela água da chuva com o custo mensal gasto pelo motor-bomba. O cálculo é feito a partir das seguintes formulas:

$$Eam = D \times Ta \quad (\text{Equação 22})$$

$$Etm = Eam - Cme \quad (\text{Equação 23})$$

Onde:

- **Eam** = economia mensal na conta de água devido ao aproveitamento de água da chuva;
- **D** = demanda mensal substituída pela água da chuva;
- **Ta** = tarifa de água;
- **Etm** = economia mensal total.

Obtendo o cálculo da economia gerada mensalmente, é possível estimar o tempo de retorno do valor investido através do método de *Payback* descontado. Esse método consiste no tempo de retorno desde o investimento inicial até o momento em que os rendimentos acumulados se tornam iguais ao valor do investimento.

O número de meses do *Payback* necessários para obter retorno do investimento é dado pela seguinte equação:

$$I_0 \leq \sum_1^n \left[\frac{Bn - Cn}{(1+i)^n} \right] \quad (\text{Equação 24})$$

Onde:

- **I₀** = investimento inicial;
- **Bn** = são os benefícios;
- **Cn** = custo relevantes, excluindo os iniciais;
- **i** = Taxa Mínima de Atratividade (TMA), adotando 1%, pois é considerado usual em alguns fundos de rendas fixas;
- **n** = variável de tempo, dado em meses.

6. RESULTADOS

Neste tópico serão apresentados os dados necessários para obter os resultados do presente trabalho.

6.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

6.1.1 DEMANDA

Para a obtenção dos dados de demanda de água não potável, foram necessárias visitas no local. O Restaurante e Engenho São Lourenço contam com um quadro de 16 funcionários fixos, e 23 não fixos. Esses funcionários não fixos estão presentes no complexo quando está ocorrendo moagem de cana de açúcar. A moagem ocorre duas vezes por semana entre os meses de outubro a março. Em entrevista com os funcionários no dia de moagem, foi considerado que cada um usa o banheiro 3 vezes ao dia. De acordo com as entrevistas realizadas, obteve-se os seguintes dados apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Resultado das entrevistas realizadas.

	Número de funcionários	Número de idas ao banheiro por funcionário	Total de vezes que o banheiro é utilizado
Dias sem moagem	16	2	32
Dias com moagem	39	3	117

Fonte: Autor 2018.

Em entrevista com o proprietário do local, foi verificado que o Restaurante tem uma média mensal de clientes em torno de 2200 pessoas. Dentre esta quantidade de clientes, cerca de 2/3 do total vão ao banheiro uma vez, isso resulta numa média mensal de 1467 clientes, e uma média de 49 clientes diários que utilizam os banheiros do restaurante.

De acordo com os dados obtidos nas entrevistas e utilizando a Equação (1), pode-se obter os seguintes resultados para a vazão dos vasos sanitários, representados na Tabela 10.

Tabela 10: Vazão diária dos vasos sanitários.

	Vazão diária para os vasos sanitários (L/d)
Dias sem moagem	364,5
Dias com moagem	747

Fonte: Autor, 2018.

A horta do Engenho e Restaurante São Lourenço conta com uma área de 800m², e é irrigada 4 horas por dia, duas horas pelo horário da manhã e duas horas pelo horário da tarde. De acordo com estes dados e utilizando a Equação (2), a vazão obtida para irrigação da horta foi de 667L/d.

Através dos resultados da demanda diária para os vasos sanitários e irrigação da horta, obtemos os valores para a demanda total diária, representados na Tabela 11.

Tabela 11: Vazão total diária.

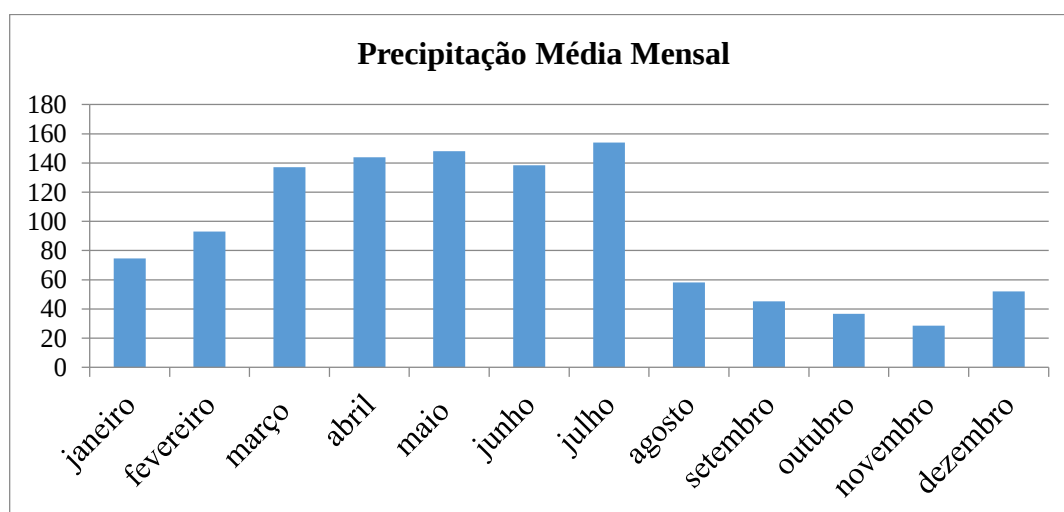
	Vasos sanitários (L/d)	Irrigação (L/d)	Total (L/d)
Dias com moagem	364,5	667	1031,5
Dias sem moagem	747	667	1414,0

Fonte: Autor, 2018.

6.1.2 DISPONIBILIDADE PLUVIAL

De acordo com os dados diários de precipitação da estação 937009 da Agencia Nacional das Águas (ANA), representados por uma série histórica no período de 1 de janeiro de 1974 até 31 de dezembro de 1982, obteve-se uma média anual de 1184,78 mm, como mostrados no gráfico 1.

Gráfico 1: Precipitação média mensal no município de Água Branca- AL.



Fonte: Autor, 2018.

De acordo com o gráfico acima, o período com maiores precipitações está entre março e julho, com médias acima de 130 mm, enquanto o período mais seco está entre agosto e dezembro, com médias abaixo de 60mm. A demanda hídrica maior do Engenho e Restaurante

São Lourenço está localizada no período onde há uma quantidade menor de precipitação, consequentemente, o sistema de aproveitamento de água pluvial poderá não suprir a demanda necessária neste período de menor precipitação.

6.1.3 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

O Engenho e Restaurante São Lourenço possui 6 áreas de captação inclinadas e não uniformes. De acordo com o item 5.3.1, foi possível calcular cada área de captação, como mostrados na Tabela 12.

Tabela 12: Áreas de captação.

Telhado	Áreas (m²)
A1	140,62
A2	81,73
A3	50,55
A4	52,01
A5	74,03
A6	180,80
Total	579,74

Fonte: Autor, 2018.

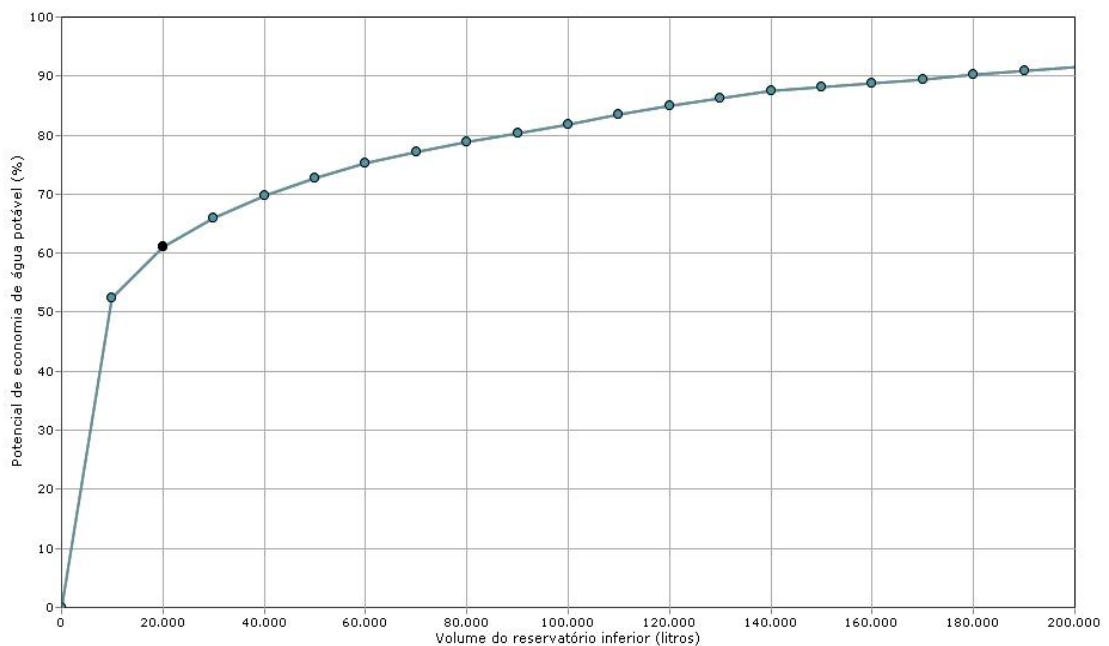
6.1.4 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

6.1.4.1 RESERVATÓRIO INFERIOR

Após obter os resultados da demanda total diária, área de captação total e dados pluviométricos, foi possível dimensionar o reservatório inferior. Como o Engenho e Restaurante São Lourenço possui uma demanda total que varia de acordo com os meses de moagem, para o dimensionamento do reservatório inferior foi utilizado a maior demanda diária de 1,414m³/d.

Através das Equações 3 e 4 e do *Software* Netuno 4, foi feita a simulação do volume do reservatório inferior, onde, para obter um grau de eficiência em torno de 90% e atender a demanda total diária (1,414m³/d) era necessário um reservatório de 180m³, como mostrado na Figura 10.

Figura 10: Simulação do reservatório inferior de acordo com o Software Netuno 4 para vazão de 1,414m³/d.

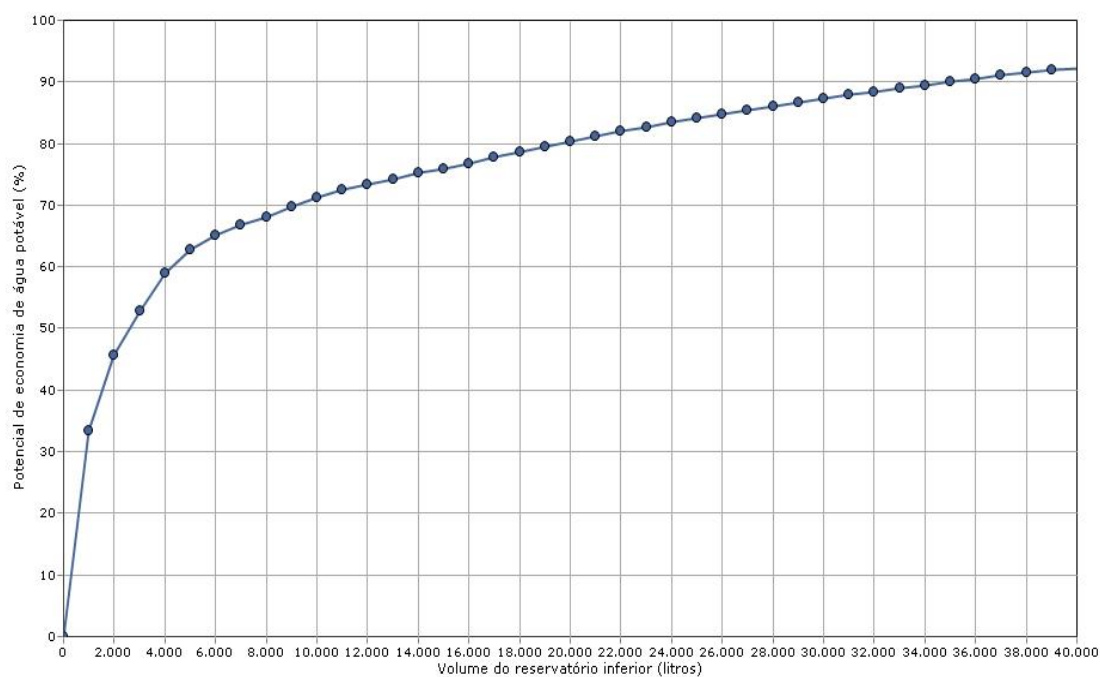


Fonte: Autor, 2018.

Foi realizada outra simulação com a finalidade de tentar diminuir o tamanho do reservatório inferior e baratear o projeto. Como a horta já possui um sistema de irrigação, com água vinda de uma fonte próxima, a vazão da mesma foi descartada da nova simulação, onde, foi utilizada apenas a vazão dos vasos sanitários em período de moagem, com uma vazão total de 0,747m³/d.

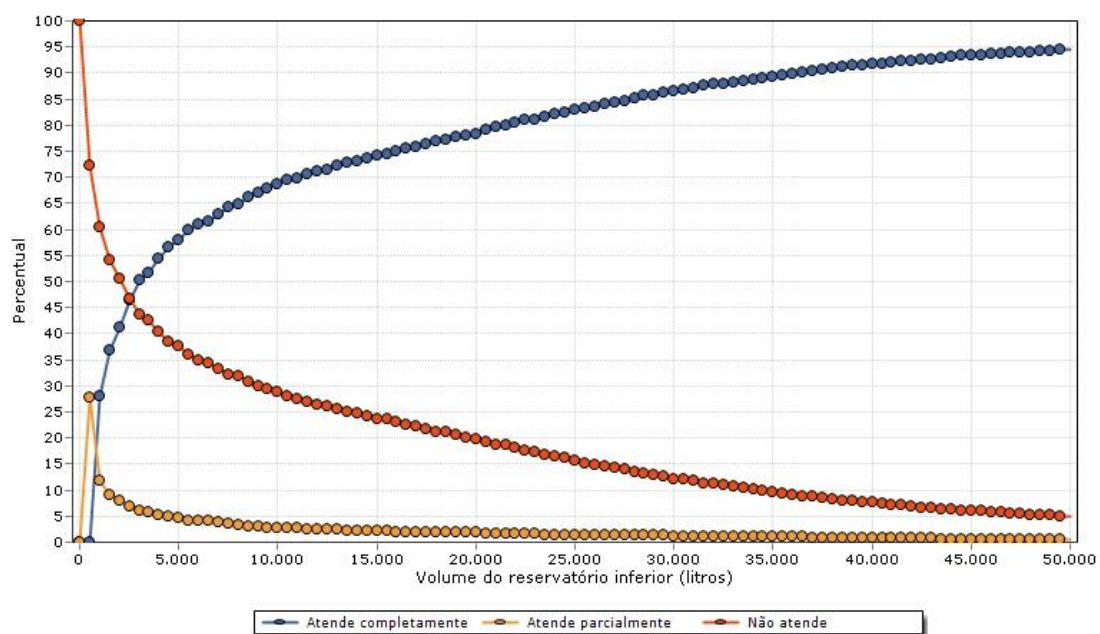
A simulação do novo reservatório, com uma demanda de 0,747m³/d foi realizada e foi obtido um volume de 36,5m³, com uma eficiência de 90,08% e falha de 9,91%, como mostrados nas Figuras 11 e 12, respectivamente.

Figura 11: Simulação do reservatório inferior de acordo com o Software Netuno 4 para vazão de 0,747m³/d.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 12: Eficiência do reservatório inferior para vazão de 0,747m³/d.



Fonte: Autor, 2018.

6.1.4.2 RESERVATÓRIO SUPERIOR

Como descrito no Item 5.3.4.2, o reservatório superior é instalado de acordo com a demanda total diária. Devido aos custos e pela horta já ter o sistema de irrigação, o sistema de aproveitamento de água da chuva substituirá apenas a demanda dos vasos sanitários. Portanto, como a vazão dos vasos sanitários é de 747 L/d, é necessária apenas uma caixa d'água de 1000L.

6.1.5 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTOS

6.1.5.1 calhas

Para o dimensionamento das calhas foi necessário obter o valor dos parâmetros propostos na formula de *Gumbel*, e em seguida encontrar a intensidade pluviométrica. Os parâmetros foram encontrados através das precipitações máximas anuais, entre os anos de 1974 e 1982, disponíveis no *Software* Hidro 1.3 e utilizando as Equações 8 e 9. Os valores encontrados estão representados na Tabela 13.

Tabela 13: Valores utilizados na distribuição de Gumbel.

Parâmetros	Média	Desvio Padrão	α	β
Valor	71,87	18,74253	0,068	63,417

Fonte: Autor, 2018.

Com os valores da tabela acima, foi possível calcular as precipitações máximas anuais para um determinado tempo de retorno através da Equação 7. Neste trabalho foi utilizado tempo de retorno de até 25 anos. Os valores encontrados estão representados na Tabela 14.

Tabela 14: Chuvas diárias com diferentes tempos de retorno.

Tempo de retorno (anos)	Xt
2	68,81
5	85,47
10	96,52
20	107,09
25	110,46

Fonte: Autor, 2018.

O valor da intensidade pluviométrica encontrado para um tempo de retorno de 25 anos foi de 110,46mm, mas segundo a NBR 10884 (1989), a duração de precipitação deve ser fixada em 5 minutos. Para isto foi utilizado às relações de transformações da curva i-d-f segundo TUCCI (2012), como mostrado na Tabela 5. O valor encontrado da intensidade pluviométrica para o tempo de 5 minutos foi de 159,62mm/hora.

Com o valor da intensidade pluviométrica para o tempo de retorno de 5 minutos obtido, foi possível calcular a vazão de projeto para cada área de captação através da equação 6. Os valores estão representados na Tabela 15.

Tabela 15: Vazão da calha para cada área de captação.

Áreas	I (mm/h)	A (m ²)	Q (L/min)
A1	159,62	140,62	374,10
A2	159,62	81,73	217,43
A3	159,62	50,55	134,48
A4	159,62	52,01	138,36
A5	159,62	74,03	194,94
A6	159,62	180,80	481,98

Fonte: Autor, 2018.

Para o dimensionamento das calhas, foi utilizada a Equação de *Manning*, Equação 11, onde foi levado em consideração que a calha será retangular, e tendo como critério $b = 2a$. Para evitar extravasamento nas calhas, foi utilizado um critério de segurança, onde $(\frac{2}{3} a)$. Os resultados estão representados na Tabela 16.

Tabela 16: Dimensões de cada calha.

Calha	A(m)	B(m)	H(m)
A1	0,05	0,15	0,10
A2	0,05	0,15	0,10
A3	0,05	0,15	0,10
A4	0,05	0,15	0,10
A5	0,05	0,15	0,10
A6	0,10	0,20	0,15

Fonte: Autor, 2018.

6.1.5.2 CONDUTORES VERTICAIS

Com os valores da Tabela 15 e do ábaco da Figura 8 foi possível determinar o diâmetro dos condutos verticais. De acordo com a NBR 10884 (1989) os condutores devem ter diâmetro mínimo de 70mm. De acordo com a altura da lâmina de água na calha e a vazão encontrados acima, o diâmetro a ser utilizado será o de 70mm para todas as áreas de coberta.

6.1.5.3 CONDUTORES HORIZONTAIS

Para os condutores horizontais foi adotado a declividade mínima de 0,5% e uma rugosidade de 0,011. De acordo com a NBR 10884 (1989) e a Figura 9, apresentada anteriormente, o diâmetro dos condutos horizontais a serem utilizados é de 150mm para todas as áreas de coberta.

6.1.6 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

De acordo com o item 5.3.8 foi possível dimensionar a estação elevatória para o determinado sistema de aproveitamento de água pluvial. Foi utilizado como material base também a tabela de seleção do fabricante *Schneider* 07/2018, para auxiliar na determinação da bomba ideal para o sistema. Foi obtido um conjunto motor bomba com potência de 1/3 CV (245 *Watts*), diâmetro de recalque e sucção, respectivamente 32mm e 40mm. Esse conjunto motor bomba consegue bombear até 18 m.c.a., a uma vazão de 1,2m³/h.

6.2 ANÁLISE ECONÔMICA

De acordo com o item 5.4, após obter os resultados para o dimensionamento do sistema, foi realizado cálculos de orçamento para saber se o investimento feito no projeto é viável ou não, levando em conta os materiais utilizados, a mão de obra, os custos adicionais com energia elétrica e a economia gerada devido a substituição de água potável por água pluvial.

O custo médio mensal de energia foi calculado através da Equação 21, onde foram encontrados valores diferentes entre alguns meses, levando em consideração os meses com moagem e sem moagem. No período sem moagem que ocorre entre os meses de abril a setembro o custo médio mensal de energia encontrado foi de R\$ 2,5026, e, no período de moagem que

ocorre entre os meses de outubro a março, o custo médio mensal de energia encontrado foi de R\$ 5,22.

A CASAL possui taxas fixas para o consumo de água em pontos comerciais. De acordo com as tarifas do mês de agosto de 2018, o consumo de água até 10m³ tem um valor fixo de R\$10,82 por m³, e R\$17,20 para cada m³ excedente. Com a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva no Restaurante e Engenho São Lourenço, a economia gerada em meses sem moagem foi de 11m³/mês, e 22,4m³/mês em meses com moagem. De acordo com estes valores e utilizando a equação 22, a economia gerada mensalmente está representada na Tabela 17.

Tabela 17: Valores da economia gerada mensalmente.

Meses	Consumo de água pluvial (m³)	Economia Gerada (R\$)
1	22,4	331,80
2	22,4	331,80
3	22,4	331,80
4	11	125,40
5	11	125,40
6	11	125,40
7	11	125,40
8	11	125,40
9	11	125,40
10	22,4	331,80
11	22,4	331,80
12	22,4	331,80
Total		2743,20

Fonte: Autor, 2018.

Para obter a economia mensal total através da Equação 23, é necessário abater o valor gerado pelo consumo médio mensal de energia. Desta forma a economia mensal para meses sem moagem é de R\$ 122,90 e para meses com moagem é de R\$ 326,58.

Para realizar o orçamento deste projeto, foi utilizado como material base uma tabela de TOMAZ (2010), onde ele demonstrou os custos para a realização de um reservatório enterrado de 50m³, e a plataforma SINAPI da Caixa Econômica Federal. Através desta plataforma foram

obtidos os valores para cada elemento necessário na realização e execução do projeto. A Tabela 18 representa o orçamento final.

Tabela 18: Orçamento final do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unit (R\$)	Custo total (R\$)
RESERVATÓRIO INFERIOR						
1	74154	Escavação mecanizada	m³	40	4,36	174,4
2	95241	Lastro de concreto magro 5cm	m²	54	18,63	1006,02
3	34492	Concreto usinado bombeável	m³	11,7	217,79	2548,15
4	92789	armação de laje - estrutura convencional	kg	822	5,96	4920
5	1355	Chapa de madeira compensada para forma	m²	108	25,26	2728,08
6	87778	Emboço	m²	54	47,4	2559,6
7	6243	Tampão de ferro fundido	mm	1	361,43	361,43
8	9836	Entrada e descarga 100mm	M	25	8,32	208
9	11621	Manta impermeabilizante	m²	60	36,28	2176,8
10	731	Bomba centrifuga 0,33HP	Unidade	1	582,87	582,87
11	11868	Caixa d'água fibra de vidro 1000L	Unidade	1	286,76	286,76
12	-	Suporte para reservatório superior	Unidade	1	1000	1000
13	4750	Pedreiro	Hr	20	11,39	227,8
14	6127	Auxiliar de Pedreiro	Hr	20	8,09	161,8
15	2706	Engenheiro Civil responsável por obra	Hr	20	68,68	1372,4
16	378	Armador	Hr	20	11,39	227,8
		SUBTOTAL				20541,91
CALHAS E CONDUTOS						
1.1	94228	Calha aço galvanizado, desenvolvimento 50cm	m	111	51,21	5634,81
2.1	-	Bocal Terminal	Unidade	10	40	400
3.1	-	Barra chata 3/4 x 3/16 para suporte calhas	kg	14	3,75	52,5
4.1	6110	Serralheiro	Hr	8	11,39	91,12
5.1	11056	Parafuso rosca soberba	Unidade	400	0,03	12
6.1	89373	Joelho 90	Unidade	10	11,92	119,2
7.1	89576	Tubo pvc DN 75 mm	m	45	12,66	569,7
8.1	9840	Tubo pvc DN 150mm	m	70	33,32	2332,4
9.1	12615	Abraçadeira para calha pluvial	Unidade	30	3,96	118,8
10.1	9869	Tubo PVC soldável DN 32mm	m	1,5	5,64	8,46
12.1	9874	Tubo PVC soldável DN 40mm	m	28	8,22	230,16
13.1	2436	Eletricista	Hr	8	14,39	115,12
14.1	2696	Encanador	Hr	8	14,39	115,12
15.1	-	Outros				500
		SUBTOTAL				10299,39
		TOTAL				30841,3

Fonte: Autor, 2018.

Após obter o custo total gerado pelo sistema de aproveitamento de água pluvial, foi utilizado a equação 24 para determinar o tempo de retorno do investimento através do método *Payback* descontado. Com uma economia de R\$ 2743,20 por ano, o tempo de retorno para este projeto foi de 148 meses ou 12,3 anos, o que torna o sistema viável, pois, o tempo de retorno do investimento é em média 15 anos, devido a durabilidade de alguns componentes que fazem parte do sistema.

7. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos neste trabalho, foi possível estimar a quantidade de água potável que é economizado com a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva com fins não potáveis, através da substituição da vazão diária necessária para os vasos sanitários no Engenho e Restaurante São Lourenço, localizado no município de Água Branca – AL.

O presente trabalho consistiu na coleta de dados *in loco*, dados da demanda diária de água para fins não potável, dados de precipitações, dimensionamento dos reservatórios inferior e superior, dimensionamento de calhas, dimensionamento de condutos verticais e horizontais, dimensionamento da estação elevatória e por fim foi feito uma análise de viabilidade econômica para saber se o sistema era viável ou não.

O sistema a ser implantado no Engenho e Restaurante São Lourenço é viável, e tem um tempo de retorno estimado em 12,3 anos. Foi considerado um tempo de retorno de 15 anos porque a partir desse tempo os materiais começam a se deteriorar, e é necessário a substituição de grande parte dos materiais.

O sistema de aproveitamento de água pluvial é uma maneira altamente sustentável para se economizar água para fins não potável. Como mostrado neste trabalho, a redução do valor na conta de água foi significativa, pois em grande parte dos meses a demanda hídrica substituída por água da chuva ultrapassa os 50% da demanda total. Além do sistema ser uma das fontes de água e renda para muitos nordestinos devido à escassez de água na região.

Por fim, o sistema de aproveitamento de água pluvial possui impactos ambientais, sociais e econômicos positivos, com isso os estabelecimentos e indústrias devem tomar iniciativas e passar a utiliza-lo com uma forma de redução da demanda hídrica sobre a rede pública de abastecimento, contribuindo para que os níveis dos reservatórios públicos não fiquem abaixo da média, e, conseqüentemente ocorra a falta de água.

8. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 10844:1989 – Instalação prediais de águas pluviais.**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 15527:2007 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.**

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/>. Acesso em: 15 de setembro de 2018.

ANA – Agência Nacional de Águas- Portal HidroWeb. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; KLAR, A. E. **MANEJO DA IRRIGAÇÃO DA CULTURA DA ALFACE (*Lactuca sativa* L.) ATRAVÉS DO TANQUE CLASSE A.** Piracicaba, 1997. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161997000100005. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

CASAL – Companhia de Saneamento de Alagoas. Disponível em: <https://www.casal.al.gov.br/estrutura-tarifaria/>. Acesso em: 20 de setembro de 2018.

EcoSolução. **Reutilização da água da chuva.** Disponível em: <https://ecosolucao.wordpress.com/2011/05/18/reutilizacao-agua-chuva/>. Acesso em: 09 de setembro de 2018.

FERREIRA, D. F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

HAFNER, A. V. **Conservação e Reuso de Água em Edificações – Experiências Nacionais e Internacionais**. Dissertação (Mestrado em Ciências de Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. CENSO 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>. Acesso em: 15 de setembro 2018.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. MANUAL PARA CAPTAÇÃO EMERGENCIAL E USO DOMÉSTICO DE ÁGUA DE CHUVA. São Paulo, 2015. Disponível em: file:///C:/Users/luana/Downloads/1200-Manual_para_captacao_emergencial_e_uso_domestico_de_AGUA_DA_CHUVA.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2018

JÓ, Aline Chieka. **Balanço hídrico e energético de um sistema predial de aproveitamento de água de chuva**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2011.

LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4_Junho2014.pdf. Acesso em: 09 de setembro de 2018.

MAY S.; PRADO R. T. A. **Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, **Anais....**CD Rom, 2004.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Água. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/3%20-%20mcs_agua.pdf. Acesso em: 11 de setembro de 2018.

Projeto Brasil das Águas. Disponível em: <http://brasildasaguas.com.br/educacional/a-importancia-da-agua/>. Acesso em: 11 de setembro de 2018.

SABESP – Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Uso Racional da Água**. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=587>. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

SAVEH – Sistema de Autoavaliação da Eficiência Hídrica. A disponibilidade de água no mundo e no Brasil. Disponível em: <https://saveh.com.br/artigos/a-disponibilidade-de-agua-no-mundo-e-no-brasil/>. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS. Tabela para seleção de bombas e motobombas. 2018

SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos hídricos. Disponível em: <http://www.semarh.al.gov.br/recursos-hidricos>. Acesso em: 15 de setembro de 2018.

SIMÃO, Salim. **Irrigação de Alface**. Universidade de São Paulo – Piracicaba. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aesalq/v12-13/10.pdf>. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

SOARES, A. M. F., FONTANA, M. E., MORAIS, D. C. **Sistema de Gestão Ambiental: um estudo de caso da implantação do controle operacional no Beneficiamento de areia em uma indústria de fundições**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET. 2014; 18 (3): 1179-1199.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis**. Cap 4 – Calhas e condutores. 2010. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2004.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis**. Cap 5 – Coeficiente de runoff. 2009. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2005.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis**. Cap 8 – Custos dos reservatórios. 2010. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais**. Cap. 10 – Dimensionamento preliminar de reservatórios de detenção. 2010. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_reservatorios/capitulo10.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

TOMAZ, Plínio. Cap. 110 – **Dimensionamento de reservatórios em rios**. 2013. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_reservatorios/capitulo110.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

TOMAZ, Plínio. **Método de Hardy-Cross**. Cap. 24 – Hidrômetro em apartamentos. 2007. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/livro_conservacao_agua.pdf. Acesso em: 11 de setembro de 2018.

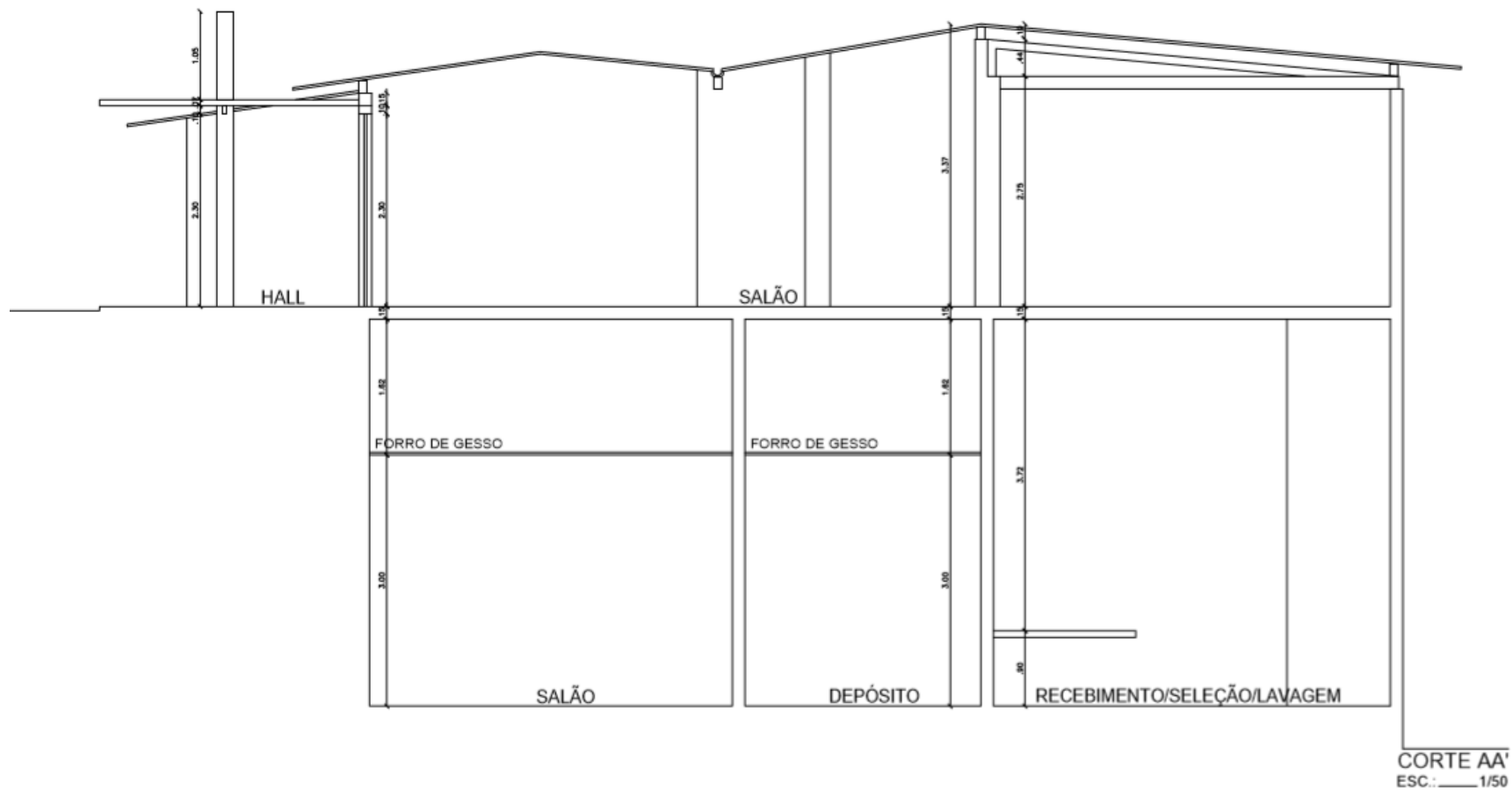
TOMAZ, Plínio. **ECONOMIA DE ÁGUA**. Editora Navegar, 2001. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_economia_de_agua_170114/economia_de_agua.pdf. Acesso em: 11 de setembro de 2018.

UNESCO – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. 2016. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244041por.pdf>. Acesso em: 12 de setembro de 2018.

VIEIRA, Carine Cristina. **Aproveitamento de águas pluviais: influência do volume de descarte e da infiltração na qualidade da água**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

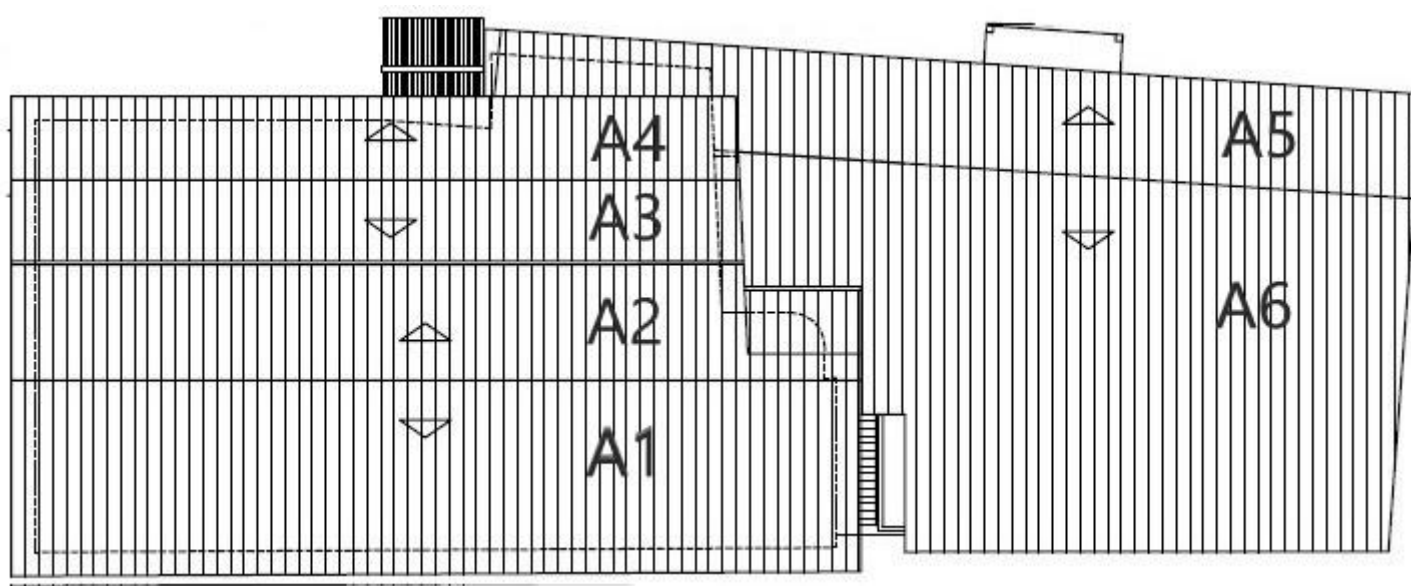
ANEXOS

Anexo 1: Vista frontal do Engenho e Restaurante São Lourenço.



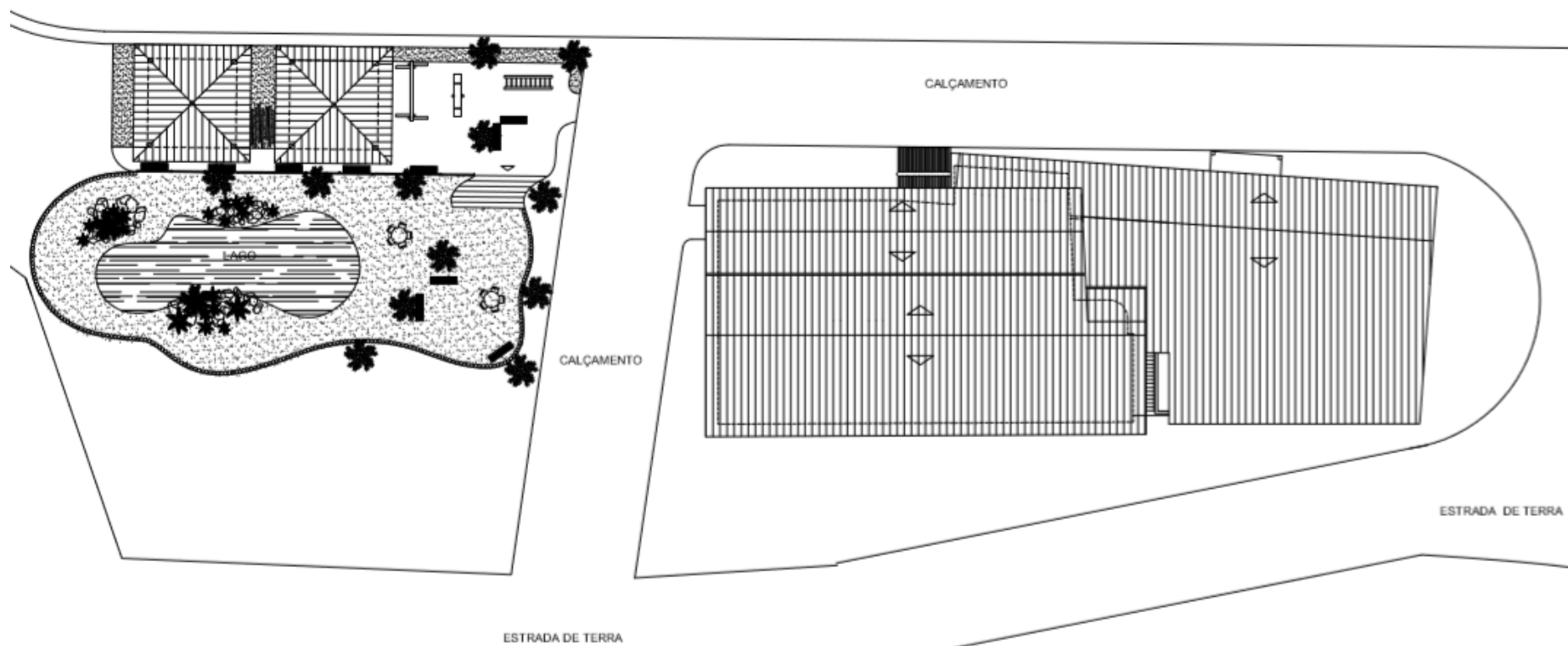
Fonte: Disponibilizada pelo proprietário.

Anexo 2: Planta de telhado do Engenho e Restaurante São Lourenço.



Fonte: Disponibilizada pelo proprietário.

Anexo 3: Vista Superior do Engenho e Restaurante São Lourenço.



Fonte: Disponibilizada pelo proprietário.

Anexo 4: Tarifas cobradas pela CASAL.

ESTRUTURA TARIFÁRIA DA CASAL - 2018

CATEGORIA		FAIXAS	TARIFA (R\$/m³)
ÁGUA	RESIDENCIAL	Até 10m³	4,68
		Excedente (m³):	
		11 – 15	8,94
		16 – 20	10,33
		21 – 30	11,04
		31 – 40	11,40
		41 – 50	11,55
		51 – 90	11,62
		91 – 150	11,70
		> 150	11,71
	COMERCIAL	Até 10m³	10,82
		Excedente	17,20
	INDUSTRIAL	Até 10m³	12,15
		Excedente	22,20
	PÚBLICA	Até 10m³	9,13
		Excedente	23,48
	TARIFA SOCIAL (4)	Até 10m³	2,34 (50% TMR)
		Excedente (m³)	
		11 – 15	4,47 (50% TR da faixa)
		16 – 20	5,16 (50% TR da faixa)
		>20	Aplicar a tarifa residencial da faixa
	ÁGUA BRUTA (3)	Até 10m³	2,54
		Excedente	8,60 (50% x TEC)
	CARRO PIPA	Qualquer consumo	10,82 = (TMC)
	FILANTRÓPICA (7)	Qualquer consumo	1,87 = (40,0% x TMR)
ESGOTO	TODAS	30, 80 OU 100% sobre o valor da água	

EM VIGOR A PARTIR DE JULHO/2018

O Reajuste foi de 5,88%. Resolução ARSAL Nº 6/2018

TR – Tarifa Residencial

TMR – Tarifa Mínima Residencial

TEC – Tarifa Excedente Comercial

TMC – Tarifa Mínima Comercial

Fonte: CASAL, 2018.