

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

GUSTAVO HENRIQUE MIRON BATISTA

**VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE
APROVEITAMENTO PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA
INDÚSTRIA EM TABIRA – PE**

Delmiro Gouveia
2018

GUSTAVO HENRIQUE MIRON BATISTA

**VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE
APROVEITAMENTO PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA
INDÚSTRIA EM TABIRA – PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Colegiado do Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Alagoas – Campus do Sertão, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto Pereira da Silva

Delmiro Gouveia

2018

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

Bibliotecária responsável: Larissa Carla dos Prazeres Leobino – CRB-4 2169

B333v Batista, Gustavo Henrique Miron

Viabilidade técnica-econômica de um sistema de aproveitamento pluvial para fins não potáveis em uma indústria em Tabira – Pe / Gustavo Henrique Miron Batista. – 2018.

64 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. Engenharia Civil. 2. Águas pluviais. I. Título.

CDU: 628.1

GUSTAVO HENRIQUE MIRON BATISTA

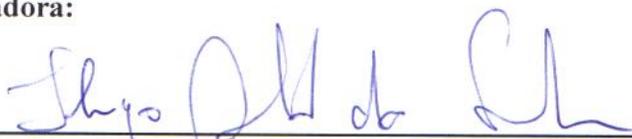
VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE
APROVEITAMENTO PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA
INDÚSTRIA EM TABIRA-PE

Trabalho de Conclusão de Curso, para a
obtenção do título de Engenheira Civil,
submetido ao corpo docente do
Programa de Graduação em Educação
Brasileira da Universidade Federal de
Alagoas e aprovado em 09 de maio de
2018.

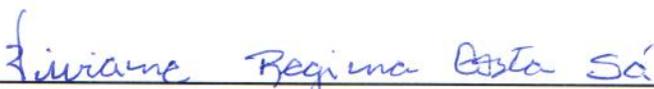


Prof. Dr. Thiago Alberto Pereira da Silva, UFAL – Campus do Sertão
(Orientador)

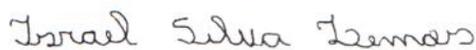
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Thiago Alberto Pereira da Silva, UFAL – Campus do Sertão
(Examinador Interno)



Prof. Dra. Viviane Regina Costa Sá, UFAL – Campus do Sertão
(Examinadora Interna)



Eng. Israel Silva Lemos
(Examinador Externo)

DEDICATÓRIA

A minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por terem feito de tudo para me dar a oportunidade de hoje ser um engenheiro civil. A minha família por o apoio e o carinho, em especial meus avós: Dona Carmelia e Seu Luíz.

Aos amigos que fiz nessa caminhada e que vou levar para toda a vida, colegas de classe e hoje, de profissão: Miguel, Francisco, Monique, Thiago, Felipe, Fradique, Lucas.

Aos professores da UFAL – Campus Sertão, em especial a : Agnaldo José dos Santos, Marcelo Felisberto de Lima, Viviane Regina Costa e Thiago Alberto da Silva Pereira. Os quais tive mais contato e sempre me receberam de braços abertos quando precisei. Uma honra ter conhecido vocês.

E a Deus por a vida que tenho repleta de pessoas maravilhosas e cheia de oportunidades para realizar meus sonhos.

RESUMO

As cidades passam por cada vez maiores dificuldades para garantir o abastecimento público de água potável. Uma alternativa para reduzir a demanda de água tratada é a utilização do sistema de aproveitamento de água pluvial. Este trabalho analisa a viabilidade econômica da implantação de um sistema de captação, armazenamento e distribuição de água de chuva em uma indústria na cidade de Tabira-PE. Para isso, foram analisados os dados pluviométricos locais, a área de contribuição e a demanda de água não potável na edificação, a fim de dimensionar um reservatório e as instalações de drenagem pluvial. O custo da implantação do sistema foi estimado em R\$ 26.662,03, e comparado à economia anual de R\$ 4.071,60, trazida pela substituição da água potável pela pluvial, resulta num período de retorno do investimento estimado em 7,8 anos. As vantagens resultantes desse sistema não são apenas financeiras, mas ainda ambientais e culturais.

PALAVRAS-CHAVE: Aproveitamento de água pluvial. Dimensionamento de reservatórios.

ABSTRACT

Cities are increasingly finding it difficult to guarantee the public supply of drinking water. An alternative to reduce the demand for treated water is the use of the rainwater harvesting system. This work analyzes the economic viability of the implantation of a system of capture, storage and distribution of rainwater in an industry in the city of Tabira-PE. For this, the local rainfall data, the area of contribution and the demand of non-potable water in the building were analyzed in order to size a reservoir and the pluvial drainage facilities. The cost of implementing the system was estimated at R \$ 26,662,03. and compared to the annual savings of R \$ 4,071.60, brought about by the substitution of potable water by rainwater, results in a return period of estimated investment of 7.8 years. The benefits of such a system are not only financial but also environmental and cultural.

KEY WORDS: Rainwater harvesting. Sizing of reservoirs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de um sistema de captação de águas pluviais.....	20
Figura 2 - Tipos de calha.....	21
Figura 3 - Detalhe dos dispositivos de condução de água pluvial.....	22
Figura 4 - Esquema de distribuição, diferenciando a tubulação para água potável da água pluvial.	24
Figura 5 - Município de Tabira - Pernambuco	28
Figura 6 - Fábrica da Kigarot.....	28
Figura 7 - Área de Coberta disponibilizada em planta.....	29
Figura 8 - Cálculo da área de contribuição para superfície inclinada	30
Figura 9 - Ábaco para o dimensionamento do condutor vertical, para calhas com saída em aresta viva	38
Figura 10 - Reservatório de 10.000L utilizado.....	49
Figura 11 - Localização dos Reservatórios	50
Figura 12 - Esquema de associação dos reservatórios.....	51
Figura 13 - Calha Retangular.	53
Figura 14 - Modelo das calhas existentes na indústria.....	54
Figura 15 - Corte da caixa de areia.	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Precipitação média mensal (mm).	45
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vazão média de água no Brasil em comparação com outros países da América do Sul.	15
Tabela 2 - Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil.	16
Tabela 3 - Coeficientes de escoamento superficial médios.....	33
Tabela 4 - Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil.	36
Tabela 5 - Coeficiente de Manning.....	37
Tabela 6 - Coeficiente de Rugosidade de Manning.....	38
Tabela 7 - Coeficiente de atrito de Hazen-Williams.....	41
Tabela 8 - Coeficiente para perda de carga localizada.	42
Tabela 9 - Média de descargas por funcionário na empresa.	46
Tabela 10 - Áreas dos Telhados.	47
Tabela 11 - Variáveis utilizadas para o dimensionamento do reservatório pelo método da simulação.	48
Tabela 12 - Parâmetros de distribuição de Gumble.	51
Tabela 13 - Dados para dimensionamento das calhas.	52
Tabela 14 - Dimensões das calhas.	53
Tabela 15 - Condutores verticais.....	54
Tabela 16 - Condutores Horizontais.....	55
Tabela 17 - Custo de implantação do sistema de captação de águas pluviais.	57
Tabela 18 - Economia mensal gerada com o sistema de aproveitamento.	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1. Importância da água:	14
3.2. Técnicas de conservação da água	17
3.3. Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial	18
4. METODOLOGIA	27
4.1. Área de estudo	27
4.2. Objeto de estudo	27
4.3. Levantamento de dados	29
4.4. Estimativa do Consumo	31
4.5. Dimensionamento do Reservatório	32
4.6. Dimensionamento das Estruturas de Água Pluvial	34
4.6.1. Dimensionamento da Calha	34
4.6.2. Dimensionamento dos Condutores Verticais.....	37
4.6.3. Dimensionamento dos Condutores Horizontais	38
4.6.4. Caixas de Areia	39
4.7. Dimensionamento da Estação Elevatória	39
4.8. Análise Econômica	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
5.1. Levantamento dos dados	45
5.1.1. Dados Pluviométricos.....	45
5.1.2. Demanda.....	46
5.1.3. Área de Cobertura	47
5.2. Dimensionamento do reservatório de águas pluviais	47
5.3. Dimensionamento dos condutores	51
5.3.1. Calhas	51

5.3.2. Condutores Verticais	54
5.3.3. Condutores horizontais	55
5.3.4. Caixas de areia	55
5.4. Dimensionamento da Estação Elevatória	56
5.4.1. Análise Econômica	56
6. CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS.....	61
APÊNDICE.....	64

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial, somado ao consumo crescente dos recursos hídricos, tem elevado em 1% ao ano o consumo de água nas cidades, colaborando para uma perspectiva futura de escassez da água (UNESCO, 2016). As reduções dos volumes disponíveis para cada habitante e a degradação de sua qualidade são os dois aspectos que configuram esse quadro de escassez: quantidade e qualidade (FIESP, 2004).

O Brasil, apesar de ser considerado um país rico em água, é marcado pela desigual distribuição espacial dos recursos hídricos ao longo do seu território. A região nordeste apresenta apenas 3% dos recursos hídricos e cerca de 30% do contingente populacional do país (ANA, 2013). Entre os anos de 2012 e 2015 a região enfrentou a pior seca das últimas décadas, fato este que ganhou bastante destaque na mídia nacional (MARENGO *et al.*, 2016).

Neste cenário, encontra-se Pernambuco, o estado brasileiro com a menor disponibilidade hídrica per capita, com 88% de seu território na região do semiárido (ASABRASIL, 2017), que sofre com eventos de seca no interior e de racionamento de água na Região Metropolitana do Recife (RMR). Como solução para os desequilíbrios entre a demanda e a disponibilidade de água potável, diversos autores apontam a necessidade do desenvolvimento de ações de conservação de água. Austrália, Estados Unidos, Canadá e Espanha são exemplos de países que obtiveram sucesso na implantação de Planos de Conservação de Água. No Brasil, podemos destacar as medidas adotadas pela SABESP em São Paulo (CAHILL; LUND, 2012).

Do ponto de vista da FIESP/ CIESP (2004), a conservação é definida como toda e qualquer ação que reduza a quantidade de água extraída da natureza, seu consumo, suas perdas e desperdícios, e que torne seu uso mais eficiente, promovendo sua reciclagem e seu reuso ou prevenindo sua poluição.

Inserido nesse contexto encontra-se o segmento industrial, que é responsável por, aproximadamente, 25% do consumo mundial de água e é constituído por atividades potencialmente poluidoras (MANCUSO; SANTOS, 2003). No ramo alimentício da produção de pipocas e salgadinhos, por

exemplo, a água é introduzida em todo o seu processo produtivo e também para o resfriamento das máquinas. A indústria Kigarot, que está inserida no mercado de pipocas e salgadinhos há mais de 30 anos serviu como objeto de estudo para este trabalho, localizada no município de Tabira no sertão pernambucano a 434 quilômetros da capital Recife.

Neste trabalho, será analisada a viabilidade técnico-econômica do uso de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma indústria de Pipocas e Salgadinhos, sendo o uso da água aproveitada para descargas sanitárias. Tal atividade pode ser realizada com as águas cinza, que são as captadas e utilizadas diretamente das precipitações locais e não precisam de tratamento específico referente à sua qualidade.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma unidade industrial localizada no município de Tabira – PE.

2.2 Específicos

- Calcular a demanda de água não potável;
- Dimensionar os dispositivos de armazenamento e condução de água pluvial;
- Estimar o custo de implantação e manutenção do sistema proposto;
- Determinar a economia gerada quando a implantação deste sistema;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. IMPORTÂNCIA DA ÁGUA:

A água doce é fundamental para a manutenção da vida nos ecossistemas terrestres e, portanto, para a sobrevivência do homem na biosfera. Entretanto, apenas 2,59% do volume total de água existente na Terra é de água doce, sendo que mais de 99% estão sob a forma de gelo ou neve nas regiões polares

ou em aquíferos muito profundos. Do restante, quase metade está nos corpos dos animais e vegetais (biota), como umidade do solo e como vapor d'água na atmosfera, e a outra metade está disponível em rios e lagos, (AGUA, 2018).

Além disso, como o regime de chuvas varia muito entre as diferentes áreas de um mesmo continente e a população não está distribuída de forma homogênea, a disponibilidade de água doce per capita é bastante desigual nas várias regiões do planeta: desde níveis extremamente baixos, de 1.000 m³/ano per capita, até níveis muito elevados, superiores a 50.000 m³/ano. Variações climáticas periódicas podem agravar as secas, provocando morte e sofrimento humano, e também causar as enchentes, que são um dos piores desastres naturais em termos de vítimas e de danos vultosos às propriedades e aos solos agrícolas, (AGUA, 2018).

A água no planeta encontra-se distribuída de forma não uniforme, sendo que na Ásia e na América do Sul se concentram os maiores volumes disponíveis. A Ásia detém a maior parcela mundial deste recurso, totalizando aproximadamente 31,6%, e alcançando vazões de 458.000 km³/ano. Os menores potenciais são encontrados na Oceania, Austrália e Tasmânia (TOMAZ, 1998).

O Brasil possui uma disponibilidade hídrica estimada em 35.732 m³/hab/ano, sendo considerado um país “rico em água”. Além disso, em relação ao potencial hídrico mundial, o Brasil conta com 12% da quantidade total de água doce no mundo (TOMAZ, 2001a). Entre os países da América do Sul, o Brasil se destaca por possuir uma vazão média de água de 177.900 km³/ano, o que corresponde a 53% da vazão média total da América do Sul, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Vazão média de água no Brasil em comparação com outros países da América do Sul.

América do Sul	Vazão (km ³ /ano)	Porcentagem (%)
Brasil	177.900	53
Outros países	156.100	47
Total	334.000	100

Fonte: (TOMAZ, 1998).

Apesar de o Brasil apresentar grande disponibilidade de recursos hídricos, estes não estão distribuídos uniformemente pelo país, havendo um grande desequilíbrio entre oferta de água e demanda. Verifica-se que no Brasil as regiões mais populosas são justamente as que possuem menor disponibilidade de água, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional.

O exemplo disso é a Região Sudeste do Brasil, que dispõe de um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional, porém conta com 43% do total de habitantes do país, enquanto a Região Norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira (GHISI, 2006). A Tabela 2 mostra a proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil.

Tabela 2 - Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões 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).

Assim, as regiões mais populosas possuem menor oferta de água e, por outro lado, justamente onde há muita água ocorre baixo índice populacional. Além disso, o crescimento populacional e o avanço da industrialização maximizam a demanda hídrica nos grandes centros urbanos. Como consequência, os mananciais que abastecem essas áreas tornam-se insuficientes, e mais vulneráveis a agentes poluidores e longos períodos de estiagem. Esses problemas fazem com que as concessionárias públicas precisem buscar recursos hídricos de melhor qualidade e em maior quantidade em áreas mais afastadas, encarecendo seu tratamento e sua distribuição.

3.2. TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

Um dos principais problemas ambientais que vem sendo enfrentado pela sociedade é a falta de água para o abastecimento das cidades. A crise da água e a perspectiva de sua falta afetam diretamente todos os seres humanos e o seu ambiente. Cada vez mais, a água torna-se escassa e esta situação pode ser observada por toda a população, seja porque é discutida através dos diversos meios de comunicação, seja porque isto já se tornou uma realidade em muitos municípios brasileiros que sofrem com o seu racionamento compulsório estabelecido por meio de rodízios no abastecimento, (LIMA, 2007).

O uso racional e eficiente da água pode ter um impacto considerável na preservação da quantidade e nas práticas de combate ao desperdício. Medir, comparar e compartilhar dados são técnicas para identificar potenciais oportunidades para melhorias operacionais e conquistar melhores práticas no aprimoramento da gestão desse recurso (NEGRI, 2006).

Conforme ressaltam Gonçalves e Oliveira (1997) a conservação de água em edifícios apresenta vários benefícios, dentre os quais se destacam: possibilidade de aumento do número de usuários atendidos com a mesma oferta de água; redução de investimentos na busca da água originada longe dos centros urbanos; preservação dos recursos hídricos disponíveis; redução do pico de demanda através da otimização de equipamentos e tubulações; diminuição do volume de águas residuárias, implicando redução de investimento em seu tratamento; além de redução da demanda de energia elétrica no sistema de fornecimento, coleta e tratamento de esgoto, (GONÇALVES e OLIVEIRA, 1997).

Reuso de Água

Refere-se à reutilização da água, que, após sofrer tratamento adequado, destina-se a diferentes propósitos, com o objetivo de se preservarem os recursos hídricos existentes e garantir a sustentabilidade. É a utilização dessa substância, por duas ou mais vezes, após tratamento, para minimizar os impactos causados pelo lançamento de esgotos sem tratamento nos rios, reaproveitamento que também ocorre espontaneamente na natureza através do “ciclo da água”. Em vários países do mundo, o reuso planejado da água já é

uma solução adotada com sucesso em diversos processos. A racionalização do uso da água e o reuso poderão permitir uma solução mais sustentável, (FIORI *et al*, 2006).

Além da racionalização da água, o uso da água proveniente de fontes alternativas também é fundamental na sua conservação, as fontes alternativas de água são aquelas que: não sofrem cobrança, não oferecem água com a mesma qualidade que aquelas fornecidas por concessionárias e não estão sob concessão dos órgãos públicos. No ambiente urbano, a escolha da fonte alternativa de água deve priorizar o menor impacto ambiental ao meio ambiente, fugindo de intervenções diretas nos mananciais e ofertas de água feitas pelos órgãos públicos.

3.3. SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Diante de toda a degradação que os recursos hídricos estão sofrendo e os consequentes problemas de escassez hídrica, que se agravam a cada dia, torna-se cada vez mais importante o gerenciamento eficaz deste recurso e o estudo de novas formas de se obter água. É neste contexto que o aproveitamento de água de chuva mostra-se uma alternativa simples e economicamente atrativa de obtenção e suprimento de água.

Segundo Tomaz (2003), o aproveitamento da água de chuva é realizado desde a antiguidade. Registros de uso dessa tecnologia foram encontrados há cerca de três mil anos, quando o rei Mesha dos Moabitas, povos que habitavam uma região onde hoje se encontra Israel, sugeriu que fosse construído um reservatório em cada casa para aproveitamento da água de chuva. Outros registros envolvem ainda o uso de reservatórios subterrâneos de águas pluviais pelos povos mesopotâmicos e gregos.

Peters (2006) ainda destaca que a utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial possibilita a redução do escoamento superficial, principalmente em centros urbanos que contam com grandes áreas impermeabilizadas, reduzindo a carga sobre a rede pública de coletas pluviais, o que diminui o risco de inundações. Para isso, são necessários cuidados com

o dimensionamento desse sistema, bem como com sua execução, a fim de garantir maior eficiência.

O sistema de aproveitamento de água de chuva não deve ser confundido com o reuso de água ou com reaproveitamento, já que esses termos indicam que a água já foi utilizada. Também é importante que esse tipo de sistema faça notar que a água pluvial não é potável e não deve ser considerada como tal em hipótese alguma (TOMAZ, 2003).

Os sistemas de coleta de águas pluviais geralmente apresentam alguns componentes em comum, denominados componentes primários, são eles: superfícies de captação, reservatórios, mecanismos de filtragem e distribuição. Eles podem apresentar modificações e variações conforme os objetivos de cada projeto. Custos, materiais disponíveis, confiabilidade, precipitação atmosférica local e finalidade da água coletada são parâmetros fundamentais para a elaboração de um bom projeto de captação de água de chuva, (SANTANA, 2004).

Silva e Tassi (2005) afirmam que, no caso da utilização de água da chuva, geralmente é feita a captação da precipitação que incide sobre uma superfície impermeável (normalmente telhado), e o armazenamento é feito em reservatórios ou cisternas. Esse armazenamento traz vantagens, não somente econômicas ao usuário, mas também sob o ponto de vista da qualidade ambiental e de controle de enchentes urbanas, uma vez que essa água não é mais lançada na rede de drenagem pluvial.

Basicamente, o sistema de aproveitamento consiste em captar a água que cai no telhado, na varanda ou em uma laje. Deve-se tomar cuidado para que seja descartado um volume inicial de água considerado necessário à limpeza do telhado, conhecido como *first flush*. O passo seguinte é armazenar o conteúdo em um reservatório apropriado. A figura 1 demonstra um exemplo típico de como acontece esse processo.



Figura 1 – Esquema de um sistema de captação de águas pluviais (fonte: IPT, 2015)

Captação

Com relação à captação, inicialmente deve-se definir qual o local e a área de que será utilizada. Para isso, há alguns fatores de influência que devem ser levados em consideração: área de captação disponível, demanda hídrica da edificação que se utilizará a água, índices de precipitação da região estudada e o coeficiente de escoamento ou *runoff*, que varia de acordo com o material na superfície de captação.

Segundo Tomaz (2005), essas áreas de captação geralmente são os telhados ou cobertas das edificações. Deve ser observado se a área de captação está sujeita a contaminações diversas, como detritos, vegetação, entre outros. Para evitar grande contaminação inicial a NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda o uso de grades, telas e dispositivo para descarte da água de escoamento inicial.

Condução e Tratamento

A água captada no telhado será conduzida por coletores horizontais (calhas) e tubulações verticais, normalmente fabricados em PVC ou metálicos. A calha é o canal que recolhe a água de coberturas, terraços e similares e a

conduz a um ponto de destino, a NBR 10844 destaca três tipos de calhas, conforme demonstrado na figura 2, são eles:

- Calha de água-furtada: instalada na linha de água-furtada da cobertura;
- Calha de beiral: instalada na linha de beiral da cobertura;
- Calha de platibanda: instalada na linha de encontro da cobertura com a platibanda.

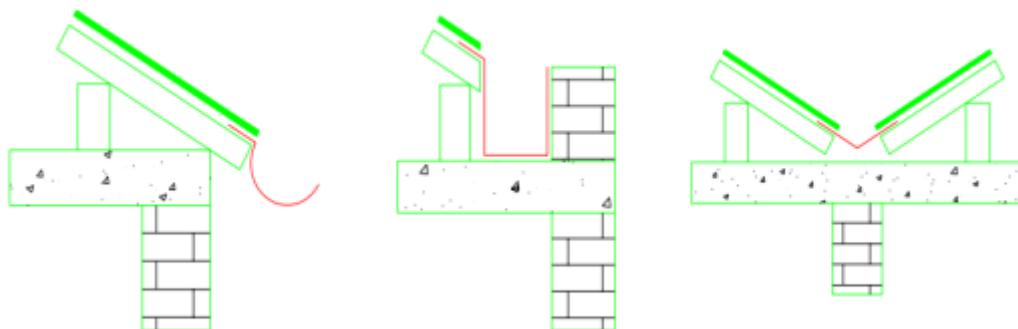


Figura 2 - Tipos de calha, (fonte: adaptado de *Texas Guide to Rainwater Harvesting*, 2005 APUD Costa, 2011).

As calhas e condutores verticais demonstrado na Figura 3 deverão obedecer aos requisitos da NBR 10844 (ABNT, 1989), que determina os seguintes parâmetros:

- devem ser observados o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica;
- devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos: estes dispositivos podem ser, por exemplo, grades e telas que atendam à ABNT NBR 12213;
- pode ser instalado no sistema de aproveitamento de água de chuva um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial. Na falta de dados, recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial.



Figura 3 - Detalhe dos dispositivos de condução de água pluvial (fonte: TIGRE, 2008).

Caixa de Areia

A caixa de areia tem o objetivo de evitar entupimentos causados por objetos grosseiros que podem causar infiltração e vazamentos nas calhas de chuva.

Armazenamento

Existem vários tipos de reservatórios que podem ser empregados no sistema de captação de águas pluviais. A escolha do tipo de reservatório vai depender de vários fatores, incluindo a capacidade, custo de implantação, área disponível para implantação do reservatório, entre outros. Segundo Thomas (2001), o reservatório representa entre 50% e 85% do valor total do sistema de aproveitamento de água pluvial e, por ser o item mais caro, o seu dimensionamento deve ser criterioso. Assim, sua escolha influencia diretamente na viabilidade financeira deste.

Como premissa para manter o sistema eficiente, o reservatório utilizado não pode permanecer por um longo período ocioso, bem como não pode provocar o desperdício da água pluvial em detrimento ao atendimento da demanda necessária. Os fatores regionais, desde os dados pluviométricos às finalidades para a implantação do sistema de captação, condicionam o dimensionamento do reservatório (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Os reservatórios de acumulação em superfície, geralmente pré-moldados, são menos onerosos e são indicados quando se possui área disponível para sua implantação. Geralmente as manutenções de limpeza desse tipo de reservatório são mais fáceis de executar, pelo fácil acesso ao reservatório.

No caso dos reservatórios enterrados, estes são indicados para locais onde há necessidade de um melhor aproveitamento de espaço disponível na superfície, além de um melhor efeito estético. O reservatório de acumulação normalmente é o componente mais dispendioso do sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva, por isso seu dimensionamento requer um cuidado para não tornar a implantação do sistema inviável, (MAY, 2004).

Os reservatórios devem ser construídos como se fossem utilizados para armazenamento de água potável, devendo ser tomadas os devidos cuidados para não contaminar a água de chuva coletada dos telhados, devem ser considerados no projeto do reservatório: extravasor, descarga de fundo ou bombeamento para limpeza, cobertura, inspeção, ventilação e segurança.

O reservatório quando alimentado com água de outra fonte de suprimento de água, deve possuir dispositivos que impeçam a *conexão cruzada*, que consiste em qualquer ligação física através de peça, dispositiva ou outro arranjo que conecte duas tubulações, uma conduzindo água potável e a outra água de qualidade desconhecida ou não potável, (TOMAZ, 2005). A Figura 4 mostra um esquema de como essa separação é feita.

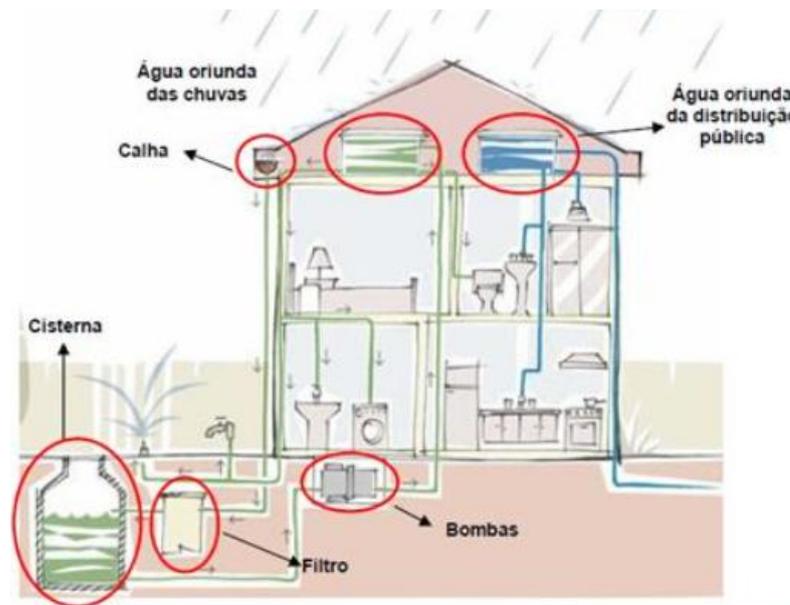


Figura 4 - Esquema de distribuição, diferenciando a tubulação para água potável da água pluvial, (fonte: Casa Abril, 2013).

Estação Elevatória

A estação elevatória, sistema destinado a elevar a pressão da água para suprimento do reservatório pluvial, possui um conjunto de motor-bomba e tubulações hidráulicas.

3.4 LEGISLAÇÃO

3.4.1 Legislações pertinentes à captação de água de chuva no Brasil

Entre os fundamentos da política brasileira de recursos hídricos destacam-se os que consideram a água como um bem esgotável, de domínio público, dotado de valor econômico, cuja gestão deve se dar de forma descentralizada, democrática, por bacia hidrográfica, levando em consideração os múltiplos usos (KETTELHUT, BARROS, 2016).

Através desses fundamentos básicos, procura-se assegurar à população a disponibilidade de água, com padrões de qualidade adequados ao uso final, a utilização racional e aplicação de medidas sustentáveis. Em 1997 foi sancionada a Lei Federal nº 9.433/97, que ficou conhecida como Lei das Águas, criando a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que mudou a forma de

gerenciamento dos corpos hídricos para um modelo descentralizado e adaptado às realidades das diversas regiões.

Porém na Lei de Águas não há nenhum posicionamento ou determinação do poder público com relação à captação de água de chuva. Ainda nos dias de hoje as águas de chuva são tratadas pela legislação brasileira como esgoto, pois ela usualmente vai dos telhados, ruas, calçadas e é direcionada para sistemas de galerias pluviais e posteriormente mistura-se com o esgoto.

Ainda não há uma legislação federal específica que determina as diretrizes para implantação de sistemas de captação de águas pluviais e o uso apropriado para essa água captada. Existe o Projeto de Lei 7.818 de 2014, de autoria do deputado Geraldo Resende que cria a política nacional de captação e aproveitamento da água das chuvas. Os objetivos desse Projeto de Lei são promover a conservação e o uso racional da água, promover a qualidade ambiental, promover o manejo adequado e crescente do volume das águas pluviais servidas, estimular o reuso direto planejado das águas pluviais servidas e promover incentivos econômicos para a captação, armazenamento e aproveitamento das águas pluviais.

Esse Projeto de Lei determina que estão sujeitos a implantar sistemas de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais os empreendimentos cuja construção provoque a impermeabilização do solo em área superior a 1.000 m² e os empreendimentos que envolvam parcelamento do solo para fins urbanos e os condomínios, edificações que tenham consumo de volume igual ou superior a 20.000 (vinte mil) litros de água por dia e os edifícios e prédios públicos.

O Projeto de Lei 7.818/14 ainda orienta a destinação do reuso direto planejado das águas pluviais servidas, que são as seguintes:

- regas de jardins, hortas, lavagem de roupa, lavagem de veículos, lavagem de pavimentos de áreas construídas e abastecimento das descargas dos vasos sanitários;
- irrigação paisagística;
- irrigação de campos para o cultivo;
- usos industriais;

- recarga de aquíferos;
- usos urbanos não potáveis, como combate ao fogo ou em sistemas de ar condicionados;
- finalidade de manejo ambiental;
- usos diversos como agricultura, em construções e no controle de poeira.

No estado Pernambuco, a Lei 14.572/2011 objetiva a promoção de medidas necessárias à conservação, à redução do desperdício e à utilização de fontes alternativas para a captação e o aproveitamento da água nas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a sua importância para a vida.

O reaproveitamento das águas destina-se a diminuir a demanda de água, aumentando as condições de atendimento e reduzindo a possibilidade de inundações. A legislação pernambucana ainda dá diretrizes para as finalidades de uso da água captada das chuvas:

- rega de vegetação, inclusive hortas;
- lavagem de roupa;
- lavagem de veículos;
- lavagem de vidros, calçadas e pisos;
- lavagem de garagens e pátios;
- descarga em vasos sanitários;
- e combate a incêndios (PERNAMBUCO, 2011).

A Lei 14.572/2011 está em vigor em todo estado de Pernambuco desde junho de 2012. Ficam obrigadas a essa legislação todas as novas edificações, condomínios, ficando isentos aqueles projetos de edificações e de reformas de imóveis residenciais e não residenciais inferiores a 70 m².

No ano de 2014, o Ministério do Meio Ambiente lançou um Manual Prático para Uso e Conservação de Água em Prédios Públicos. Este manual tem por finalidade orientar determinadas ações e práticas, que através de ações de capacitação irão orientar as decisões sobre conservação e reuso de água nas instalações administrativas do Ministério do Meio Ambiente – MMA.

4. METODOLOGIA

4.1. ÁREA DE ESTUDO

Tabira está localizada no estado de Pernambuco, na Macrorregião do Sertão Pernambucano e na Microrregião do Pajeú, com uma área territorial de 388,005 km², limitando-se ao Norte com o estado da Paraíba e Santa Terezinha e ao Sul com Iguaracy, e Ingazeira. A sede municipal está a 588 m de altitude em relação ao nível do Mar, tem sua posição geográfica determinada pelo paralelo de -7° 35 27.6 da latitude -37 32 20.4 de longitude.

O clima do município é semiárido quente, com temperaturas variando entre 20° C e 36°C. Segundo o IBGE (2017) sua população estimada no ano de 2017 era de 28.301 habitantes, sendo o 4º município mais populoso da Microrregião do Pajeú. A economia de Tabira destaca-se principalmente pela feira de gado, fabricação de pipocas, salgadinhos, e produtos de limpeza.

4.2. OBJETO DE ESTUDO

A empresa José Claudio & Barros Ltda. está localizada no município de Tabira no estado de Pernambuco, também conhecida por KIGAROT, foi fundada em 1987 como uma pequena fábrica de pipoca que com o passar dos anos e o aumento na demanda dos seus produtos a empresa teve que aumentar sua capacidade de produção e diversificar sua linha de produtos, foi então que em 1992 a empresa começou a comercializar além da pipoca, salgadinhos de milho de diversos sabores.



Figura 5 - Município de Tabira-PE.

Em sede própria, com a colaboração direta de cerca de 95 funcionários, a Kigarot mantém as suas atividades numa área de 9.127,66 m², sendo 3.241,80 m² de área construída, que conta com guarita, galpões de produção e estocagem, recepção, loja particular dos próprios produtos, garagens, oficina e vestiários. Atualmente, a empresa produz pipocas salgadas e doces em várias gramaturas, salgadinhos de milho em diversos sabores e gramaturas e começou recentemente a produzir paçocas e amendoins, estes últimos ainda passam por testes finais de produção, pois são produtos recentes. A empresa atua em todos os estados do Nordeste: Pernambuco, Sergipe, Bahia, Alagoas, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão.



Figura 6 - Fábrica da Kigarot.

A jornada de trabalho dos funcionários é de 8 horas, realizada em dois turnos, manhã e tarde, que pode ser aumentada em caso da necessidade da empresa com aumentos de produção inesperados, sendo assim horas extras que serão devidamente pagas com um adicional de 50% do valor por hora normal.

4.3. LEVANTAMENTO DE DADOS

Para a análise da implantação e viabilidade do sistema de aproveitamento águas pluviais na empresa Kigarot foram realizadas medições e visitas in loco, análise dos projetos arquitetônicos e estruturais fornecidos pela empresa e dados pluviométricos coletados no site da Apac - Agência Pernambucana de Águas e Clima. Os dados estão dispostos a seguir.

4.3.1 Área de Cobertura

Para o levantamento da área de cobertura foi necessário ter acesso à planta de cobertura da empresa. Conforme demonstrado na Figura 5. De posse desta informação foi utilizado o software AutoCAD para calcular a área de cobertura, aplicando o fator de inclinação do telhado, e obedecendo aos cálculos propostos pela NBR-10844 (1989), como pode ser observada na Figura 7.

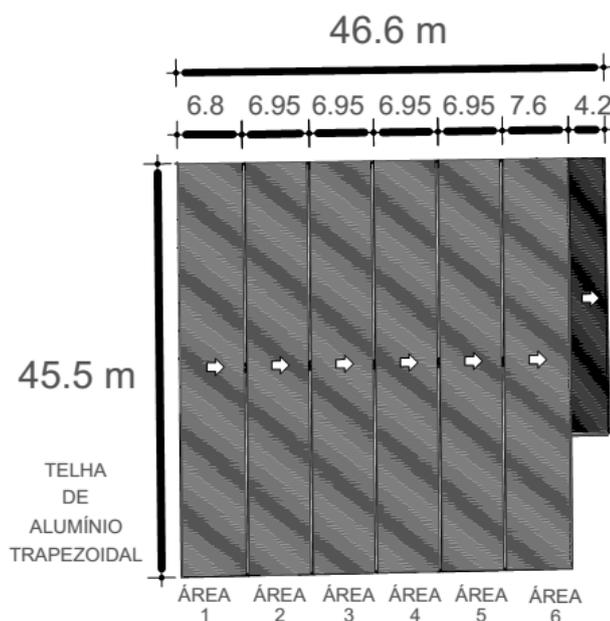


Figura 7 - Área de Cobertura disponibilizada em planta, (fonte: própria)

Todas as áreas já possuem calhas instaladas, exceto a área 6, por isso ela não será utilizada, sendo as outras 5 áreas suficientes para a captação da demanda de água necessária.

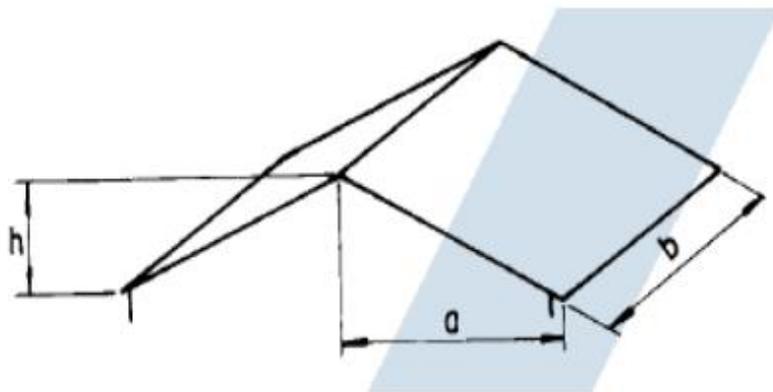


Figura 8 - Cálculo da área de contribuição para superfície inclinada, (fonte: NBR-10844, 1989)

Em posse desses dados é possível obter a área geométrica do telhado aplicando a equação 1:

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

Onde:

- A: Área de contribuição para coleta de água pluvial;
- a: Comprimento na direção da cobertura;
- b: Largura da cobertura;
- h: altura da empena da cobertura.

4.3.2 Dados de Consumo de Água

Para que fosse realizada a estimativa de consumo médio de água de cada dispositivo sanitário, foi necessário realizar o levantamento dos tipos de aparelhos sanitários existentes, medições de vazão e entrevistas com os funcionários da empresa, a fim de contabilizar a quantidade de descargas dadas por cada usuário e com isso obter um levantamento estimado acerca dos usos finais e consumos de água. Este questionário está no Apêndice 1.

Em virtude da constante troca de funcionários por turnos da empresa, torna-se inviável entrevistar todos, o que seria o ideal, com isso, foi verificado a necessidade de trabalhar por amostragem, com uma quantidade de funcionários que torne a amostra representativa de toda a população., considerado um certo valor de erro amostral. Segundo a metodologia apresentada por Barbetta (2003), é possível determinar uma amostra que represente um determinado número de pessoas através da Equação 2, a seguir .

$$n \geq \frac{n_o \times N}{n_o + N} \quad (2)$$

Onde: $n_o \geq \frac{1}{\varepsilon_0^2}$

N é o número total de pessoas;

ε_0 é o erro amostral desejado (1 a 20%);

n é o tamanho da amostra a ser utilizada.

4.3.3 Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos foram coletados no site da APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima, provenientes de um posto pluviométrico na cidade de Tabira, os dados abrangem o período de janeiro de 1993 a dezembro de 2005. Logo após a coleta de dados, foi utilizado o método da ponderação regional para o preenchimento de falhas.

4.4. ESTIMATIVA DO CONSUMO

A água da chuva será utilizada apenas para o abastecimento dos vasos sanitários, pois na empresa não existem áreas verdes e essa água não era aplicável para o resfriamento das máquinas (devido à necessidade de tratamento).

Através de entrevistas com os funcionários da empresa, foi possível estimar a demanda hídrica destinada para os vasos sanitários, levando em consideração número de funcionários, o número de descargas/funcionário/dia e

o volume de cada caixa acoplada para descarga. Então a vazão da demanda para os vasos sanitários foi estimada com o seguinte cálculo:

$$Q_d = F \times V_v \times Nu \quad (3)$$

Onde:

- Q_d : é a vazão destinada para os vasos sanitários;
- F : é o número de funcionários;
- V_v : é volume da caixa acoplada do vaso sanitário;
- Nu : é número de vezes que se utiliza a descarga por dia.

4.5. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Neste trabalho o método utilizado para o dimensionamento do reservatório de captação das águas pluviais foi o da Simulação, onde os dados de precipitação média mensal simulam o balanço hídrico no reservatório, e seu volume será definido através do maior déficit obtido nesse cálculo.

A norma NBR 15527 (ABNT, 2007) faz as seguintes observações: a simulação considera o reservatório cheio no início da contagem do tempo “t”; os dados históricos são representativos para as condições futuras; e a evaporação de água é desconsiderada. Também é necessário definir 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.

Entre os dados inseridos nos cálculos para o dimensionamento de reservatórios de águas pluviais, deve-se atentar para o valor do coeficiente de escoamento superficial (C), também conhecido como coeficiente de *runoff*, que varia de acordo com o material que constitui a cobertura. Segundo Tomaz (2003), esse coeficiente desconta a perda de água devida, entre outros motivos, à limpeza do telhado e à evaporação. A Tabela 3 indica os valores do coeficiente de escoamento superficial tomados como referência. No caso deste trabalho, como se trata de um telhado de alumínio, o valor do coeficiente de escoamento superficial utilizado foi 0,9.

Tabela 3 - Coeficientes de escoamento superficial médios.

Material	Coeficiente de escoamento superficial (C)
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 um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S(t) = Q(t) + S(t + 1) - D(t) \quad (4)$$

$$Q(t) = C \times P(t) \times A \quad (5)$$

Sendo, $0 \leq S(t) \leq V$

Onde:

- S (t): volume de água no reservatório no tempo t, em m³;
- S (t+1): volume de água no reservatório no tempo t+1, em m³;
- Q (t): volume de chuva no tempo t, m³;
- D (t): consumo ou demanda no tempo t, m³/dia;
- V: volume do reservatório fixado, em m³;
- C: coeficiente de escoamento superficial;
- P(t): Precipitação Diária, em mm;
- A: área de captação, em m².

Para o valor da precipitação, os dados coletados estão presentes no site da APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. Para que o método da Simulação seja viável, deve-se considerar o número de falhas, que correspondem aos 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 a 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 5:

$$FS(\%) = \frac{\sum F \times 100}{\sum d} \quad (6)$$

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.

4.6 DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE ÁGUA PLUVIAL

O dimensionamento das instalações de drenagem pluvial é calculado como descrito na norma NBR 10844 (ABNT, 1989), que fixa exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia.

As instalações consistem em calhas, condutores horizontais e verticais. No dimensionamento dessas instalações é importante definir a vazão de projeto, calculada pela fórmula indicada a seguir.

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (7)$$

Onde:

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

A estimativa da intensidade pluviométrica toma como base os valores obtidos para a série histórica de precipitação, como supracitado no item 4.3.3.

4.6.1 Dimensionamento da Calha

Para a determinação das dimensões da calha é necessário obter a intensidade pluviométrica da cidade de Tabira, definir o período de retorno a ser utilizado, que 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 é necessário 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 α e β que são os valores que dependem da duração da precipitação. As equações abaixo representam o método reduzido de Gumbel.

$$X_T = \beta - \left(\frac{1}{\alpha}\right) \cdot \ln \left[-\ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right] \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{1,2826}{S_x} \quad (9)$$

$$\beta = \bar{X} - 0,451 \cdot S_x \quad (10)$$

Onde:

- X_t : é a precipitação ou intensidade para um determinado tempo de retorno;
- β e α : 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 se deve 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:

$$r(i, j) = \frac{P_i}{P_j} \quad (11)$$

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 a tabela 4:

Tabela 4 - Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil.

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 a intensidade pluviométrica devidamente calculada, que possibilitou o cálculo da vazão do sistema, agora pode-se dimensionar a calha. Através da fórmula de Manning presente na NBR10844(1989):

$$Q = K \cdot \left(\frac{S}{n}\right) \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (12)$$

Onde:

- Q é Vazão de projeto, em L/min;
- S é área da seção molhada, em m²;
- n é coeficiente de rugosidade (Ver tabela 5);
- Rh é raio hidráulico, em m;
- P é perímetro molhado, em m;
- i é declividade da calha, em m/m;
- K é 60.000

Tabela 5 - 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)

4.6.2 Dimensionamento dos Condutores Verticais

O diâmetro interno do condutor vertical é obtido através do ábaco presente na norma NBR 10844 (ABNT, 1989) mostrado na figura 5, que se refere às calhas com saída em aresta viva ou com funil de saída. Os condutores verticais devem ser projetados em uma só prumada sempre que possível, e possuírem diâmetro interno mínimo de 70 mm. Os dados de entrada são os seguintes:

- Q: vazão de projeto em L/min;
- H: altura da lâmina de água na calha em mm;
- L: comprimento do condutor vertical em m.

Com esses parâmetros é possível escolher o diâmetro da calha a partir do ábaco a seguir:

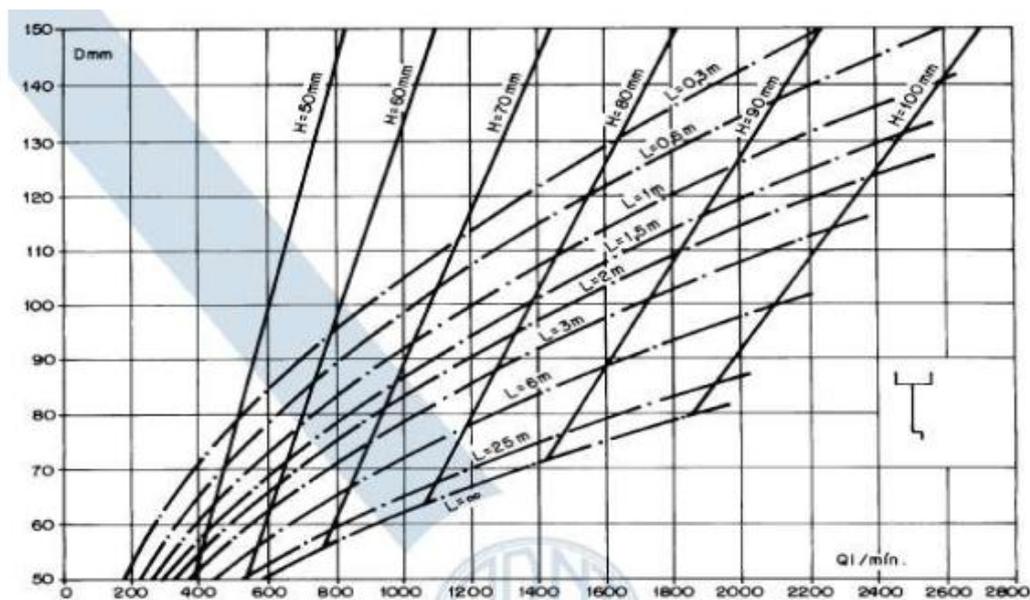


Figura 9 - Ábaco para o dimensionamento do condutor vertical, para calhas com saída em aresta viva, (fonte: NBR 10844, 1989)

4.6.3 Dimensionamento dos Condutores Horizontais

A norma NBR 10844 (ABNT, 1989) especifica que o dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a $2/3$ do diâmetro interno do tubo. Além disso, essas tubulações devem ser projetadas com declividade uniforme sempre que possível, sendo 0,5% o valor mínimo. O diâmetro interno dos tubos condutores horizontais, para um coeficiente de escoamento $n = 0,011$, é encontrado através da Tabela 6.

Tabela 6 - Coeficiente de Rugosidade de Manning.

Diâmetro interno (D) (mm)	n=0,011			n=0,012				n=0,013			
	0,50%	1%	2%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	187	264	372	537	173	243	343	486
125	370	521	735	339	478	674	953	313	441	622	882
150	602	847	1.190	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
200	1.300	1.820	2.570	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
250	2.350	3.310	4.660	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
300	3.820	5.380	7.590	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR 10844(1989)

4.6.4 CAIXAS DE AREIA

As caixas de areia visam evitar o entupimento que podem ser causados por folhas e outros objetos nas tubulações e de acordo com a NBR 10844/89 é necessário a instalação de uma caixa de areia sempre que tubulações enterradas mudam de direção, mudem de declividade, sempre que houver conexões com outra tubulação seja ela vertical ou horizontal e ainda a cada trecho retilíneo de comprimento 20 metros.

4.7 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

Para o dimensionamento da estação elevatória 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:

$$D = 1,3 \times \left(\frac{T}{24}\right)^{0,25} \times \sqrt{Q} \quad (13)$$

Onde:

- D: diâmetro, em (m);
- Q: vazão, em $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; e
- T: número de horas de funcionamento da bomba por dia,

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:

$$V_{r,s} = \frac{Q}{D_{r,s}} \quad (14)$$

O próximo cálculo a ser feito é a altura manométrica, que representa a energia absorvida por unidade de peso do líquido ao atravessar a bomba. É a energia que a bomba deverá transmitir ao líquido para transportar uma determinada vazão. Quando se considera um bombeamento, é preciso vencer

tanto a altura geométrica quanto as perdas de carga que ocorrerão na tubulação.

O conhecimento do perfil do terreno permite determinar: a altitude do local da captação; o desnível geométrico da instalação (H_g); o comprimento das tubulações de sucção (L_s) e de recalque (L_r) e o número de peças especiais nas tubulações. Com os comprimentos das tubulações e o número de peças especiais, a perda de carga é facilmente calculada pelo conhecimento dos diâmetros de sucção e de recalque.

Altura manométrica total (H_m) corresponde ao desnível geométrico (H_g), verificado entre os níveis da água na tomada e na chegada, acrescido de todas as perdas de carga por atrito que ocorrem nas peças especiais (perda de carga localizada) e tubulações (perda de carga distribuída), como mostra a equação a seguir:

$$H_m = H_s + H_r \quad (15)$$

$$H^s = H_g^s + \Delta H_s \quad (16)$$

$$H^r = H_g^r + \Delta H_r \quad (17)$$

Para calcular a perda de carga contínua foi utilizada a fórmula de Hazzen Williams:

$$\Delta H_{r,s} = 10,64 \cdot \frac{Q^{1,85} \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} \quad (18)$$

Onde

- D: Diâmetro da canalização, em (m);
- Q: Vazão, m³/s;
- ΔH_s : Perda contínua de carga, em (m);
- L: Comprimento da tubulação, em (m);
- C: Coeficiente que depende da natureza das paredes e estado de conservação de suas paredes internas, nesse caso ela será de PVC, que varia conforme os valores mostrados na tabela 7.

Tabela 7 - Coeficiente de atrito de Hazen-Williams.

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: *Macintyre (2012)*.

Para perda de carga localizada, utiliza-se o método de Borda-Berlanger:

$$\Delta h_{r,s} = K \frac{v^2}{2 \times g} \quad (19)$$

Onde:

- V: velocidade do fluido no sistema;
- G: gravidade em m/s;
- K: coeficiente que depende de qual peça está sendo utilizada, conforme tabela 8.

Tabela 8 - Coeficiente para perda de carga localizada.

Tipo de peça	K
Ampliação gradual	0,3
Bocais	2,75
Comporta, aberta	1
Controlador de vazão	2,5
Cotovelo 90°	0,9
Cotovelo 45°	0,4
Crivo	0,75
Curva 90°	0,4
Curva 45°	0,2
Curva 22,5°	0,1
Entrada normal de canalização	0,5
Entrada de borda	1
Existência de uma pequena derivação	0,03
Junção	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

Macintyre (2012).

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%. A potência necessária à bomba é dada pela equação:

$$Pot = \frac{\gamma \cdot Q \cdot Hm}{75 \cdot \eta} \quad (20)$$

Onde:

- γ : peso específico da água, utilizando 9810 N/m³;
- Q: vazão de projeto, expresso em m³/s;
- η : rendimento da bomba, atribuído um valor de 30%.

4.8 ANÁLISE ECONÔMICA

A estimativa do custo de implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais deve considerar a captação, o armazenamento e a distribuição da água de chuva para fins não potáveis. Portanto, para este trabalho, foram estimados os custos dos seguintes itens:

- Mão de obra para a instalação do sistema;
- Tubulações e conexões;
- Reservatórios;
- Bombas de recalque.

A estimativa dos custos com mão de obra foi obtida através do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), da Caixa Econômica Federal e pelo Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE), desenvolvido pela Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas de Sergipe. As tabelas citadas estabelecem critérios para a elaboração de orçamentos de referência de obras e também foram utilizadas para a obtenção dos custos da compra dos reservatórios e das bombas de recalque.

O custo mensal de energia elétrica vai ser estimado a partir da potência encontrada para o conjunto bomba-motor do sistema, a partir daí calcula-se o gasto mensal com energia elétrica obedecendo a Equação 21.

$$C_m = P \times N \times TF \quad (21)$$

Onde:

- C_m é o custo mensal;
- P é potência do conjunto motor-bomba;
- N é número de dias de utilização da bomba;
- TF é tarifa de energia.

A economia de água gerada com a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial é calculada de acordo com a Equação 21, que depende da tarifa utilizada pela Compesa (Companhia Pernambucana de Saneamento).

$$C_a = D \times T_x \quad (22)$$

Onde

- C_a é o custo mensal da demanda de água suprida pela água da chuva;
- D é a demanda mensal substituída pela chuva;
- T_x é a tarifa de água.

A tarifa de água da Companhia Pernambucana de Saneamento varia em função da faixa de consumo e do tipo de usuário, para volumes de consumo mensais de até 10m³ em indústrias, é cobrada uma taxa de R\$ 74,07, passando disso é cobrado uma taxa mais elevada, R\$ 15,7/ m³.

Comparando o custo estimado de implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais com o impacto causado pelo sistema na redução do valor pago pelo uso de água potável, pode-se estimar o período de retorno do investimento. Neste trabalho o período de retorno do investimento foi calculado a partir do método de *payback* descontado.

O *payback* descontado considera o valor temporal do dinheiro, ou seja, atualiza os fluxos futuros de caixa a uma taxa de aplicação no mercado financeiro, trazendo os fluxos a valor presente, para posteriormente calcular o período de recuperação (FONSECA, 2010).

O número de meses necessários para que o investimento possa retornar o custo do investimento é apresentado na Equação 22.

$$I_0 \leq \sum_1^n \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n} \quad (23)$$

Onde:

- I_0 é Investimento inicial;
- B_n são os benefícios;
- C_n são os custos relevantes, excluindo os custos iniciais;
- i é a taxa mínima de atratividade (TMA) adotada como 1%, pois é a mais usual em alguns fundos de renda fixa na atualidade;
- n é a variável tempo, indica o número de períodos medido em meses.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS

5.1.1 Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos obtidos foram os valores das precipitações diárias do período de janeiro de 1993 a dezembro de 2005, sendo obtida uma série histórica de 13 anos, esses dados estão disponíveis no site da Apac, na aba da mesorregião do sertão, município de Tabira com o posto pluviométrico de código 74. Os dados apresentaram as seguintes falhas:

- 21 de dezembro de 1997;
- Todo o mês de setembro de 2002;
- 1 e 2 de dezembro de 2004.

As falhas foram devidamente preenchidas com o método da ponderação regional, como mencionado anteriormente. As médias mensais da série histórica analisada estão dispostas no gráfico a seguir:

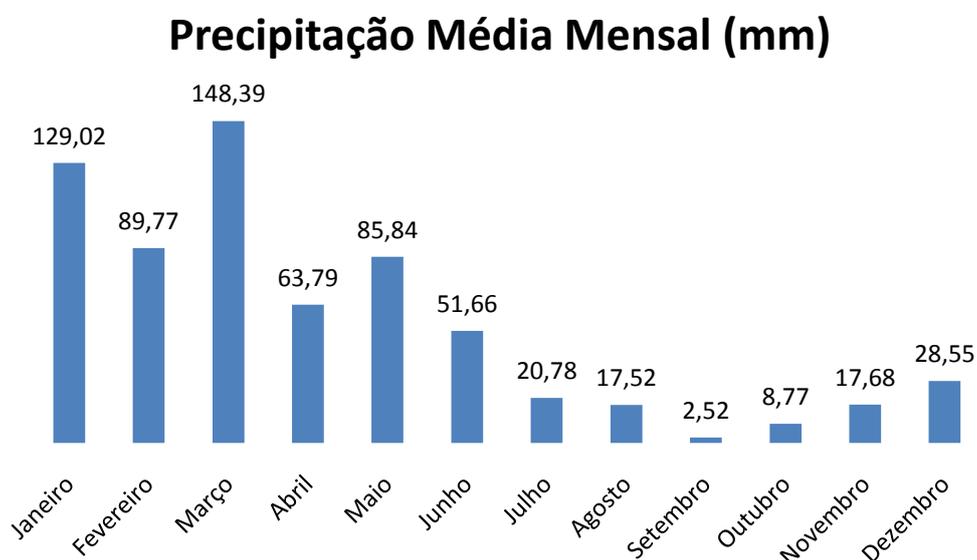


Gráfico 1 - Precipitação média mensal (mm), fonte: Autor (2018).

O gráfico mostra que os períodos de chuvas são bem definidos e que os meses de agosto, setembro e outubro são os mais secos do ano, sendo o mês de setembro o mais crítico tendo seu total de chuvas nulo em muitos anos. Já os meses de janeiro, fevereiro e março são os mais chuvosos e representam 55,3 % do total precipitado anualmente.

5.1.2 Demanda

Através de visitas na empresa e entrevistas com os funcionários foram levantados os dados da demanda da vazão diária para os sanitários de todo o estabelecimento. A grande parte dos funcionários passa todo o seu horário de trabalho na empresa, com uma jornada diária de 8 horas por dia de segunda a sexta e 4 horas no sábado.

Os sanitários são de modelos simples com apenas uma opção de descarga e com uma vazão de 6 litros. Foram entrevistados 53 funcionários o que resultou em uma média de 2,36 descargas por dia. A tabela abaixo mostra os dados da entrevista realizada in loco:

Tabela 9 - Média de descargas por funcionário na empresa.

Número de Funcionários da Empresa	93
Número de Funcionários Entrevistados	53
Média de Funcionários que Ocupam Integralmente a Empresa	64
Média de Descargas por Indivíduo	23.585

Fonte: Autor (2018).

Com a vazão por descarga obtida pelo fabricante e utilizando a equação 2 obtivemos que a demanda diária destinada para os vasos sanitários é de 905,66 L/dia. Com o valor da demanda diária foi estipulada uma vazão mensal para as descargas considerando o número de dias que elas são utilizadas no mês, que resultou numa demanda mensal de 21.735,84 l/mês.

5.1.3 Área de Cobertura

O levantamento das medidas da cobertura foi obtido por projetos arquitetônicos fornecidos pela a empresa e sua área de contribuição foi calculada de acordo sugere a norma NBR – 10844, 1989, e com o auxílio do software Autocad.

Mesmo existindo 6 áreas de contribuição no estabelecimento apenas 5 delas foram utilizadas, são elas as áreas 1,2,3,4 e 5 representadas no item 4.3.1. Devido contar com calhas já instaladas apenas nas áreas referidas anteriormente e estas fornecerem uma área de captação de águas pluviais considerável, considerou-se um gasto desnecessário a instalação de mais uma calha na área do telhado 6.

Os valores das áreas de contribuição serão representados na tabela 10.

Tabela 10 - Áreas dos Telhados.

Área do Telhado					Inclinação do telhado (%)
Área	a	b	h	Ai(m ²)	
A1(m ²)	6,8	45,5	2,1964	359,37	32,3
A2(m ²)	6,95	45,5	2,2657	367,77	32,6
A3(m ²)	6,95	45,5	2,2518	367,45	32,4
A4(m ²)	6,95	45,5	2,2518	367,45	32,4
A5(m ²)	6,95	45,5	2,2518	367,45	32,4
Área total (m ²)	1829,5				

Fonte: Autor (2018).

5.2 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Após a coleta de dados e a demanda necessária estipulada foi dimensionado o volume do reservatório por meio do método de simulação seguindo as instruções da NBR 15527, 2007 e a utilização do software Excel, como foi mencionado no item 4.5.

Os dados necessários para o dimensionamento do reservatório foram as precipitações diárias do município de Tabira, a área de cobertura do galpão de produção da empresa Kigarot (figura 5), o coeficiente de escoamento

superficial do telhado e a demanda diária. Para o devido dimensionamento do reservatório é necessário que se adote um índice de falha em torno de 10,0% de sua capacidade de uso, ou seja, que apenas uma décima parte do período de utilização do reservatório sofra uma falha total ou parcial.

Tabela 11 - Variáveis utilizadas para o dimensionamento do reservatório pelo método da simulação.

Variáveis de Calculo	
Área de cobertura	1829,5 m ²
Demanda diária de água	0,9 m ³
Coefficiente de escoamento	0,9
Período de precipitação	1993 a 2005

Fonte: Autor (2018).

Os dados da Tabela 5.2 inseridos nas Equações 3 e 4 do item 4.5 mostram que um reservatório de 70 metros cúbicos satisfaz a falha desejada com um valor encontrado de 11,2%, o qual representa um valor que fornece ao sistema um bom rendimento na utilização da água pluvial captada ao mesmo tempo que supre quase toda sua demanda anual.

Devido ao alto custo da construção de um reservatório desse porte surgiu a busca por medidas alternativas visando a economia, foi então que a ideia de utilização de 7 caixas d'água com capacidade de 10.000 litros cada surgiu. Tendo em vista a praticidade de instalação e manutenção do sistema combinado com a seu menor custo de implantação, as caixas d'água foram selecionadas como o tipo de reservatório a ser utilizado no projeto. Segue na figura abaixo uma ilustração com as medidas do respectivo reservatório:



Figura 10 - Reservatório de 10.000L utilizado.

Quanto a sua instalação os sete reservatórios seguem o princípio dos vasos comunicantes, interligados na parte inferior de modo que o nível de água seja o mesmo em todos. Devem também ser enterrados 1,5 metros de profundidade para que não aconteçam problemas na chegada de água por meio dos condutores horizontais, visto que o essa medida de 1,5 metros não é maior devido ao desnível de terreno que acontece desde do local de saída dos condutores para o local de locação dos reservatórios.

O local escolhido para a locação dos reservatórios tem como objetivo não atrapalhar o fluxo de veículos dentro da empresa e não ser distante tanto do ponto de saída dos condutores como do vestiário da empresa, que é o local onde o reservatório superior está locado. A distância dos reservatórios para a cobertura utilizada para captação de água e para os vestiários é de, respectivamente, 22 e 30 metros.

Os condutores tanto da água pluvial captada como o de recalque da estação elevatória serão enterrados no solo visando não atrapalhar as atividades da empresa como já foi dito anteriormente, as figuras 11 e 12 esboçam uma planta baixa e a associação dos reservatórios desse modelo de instalação:

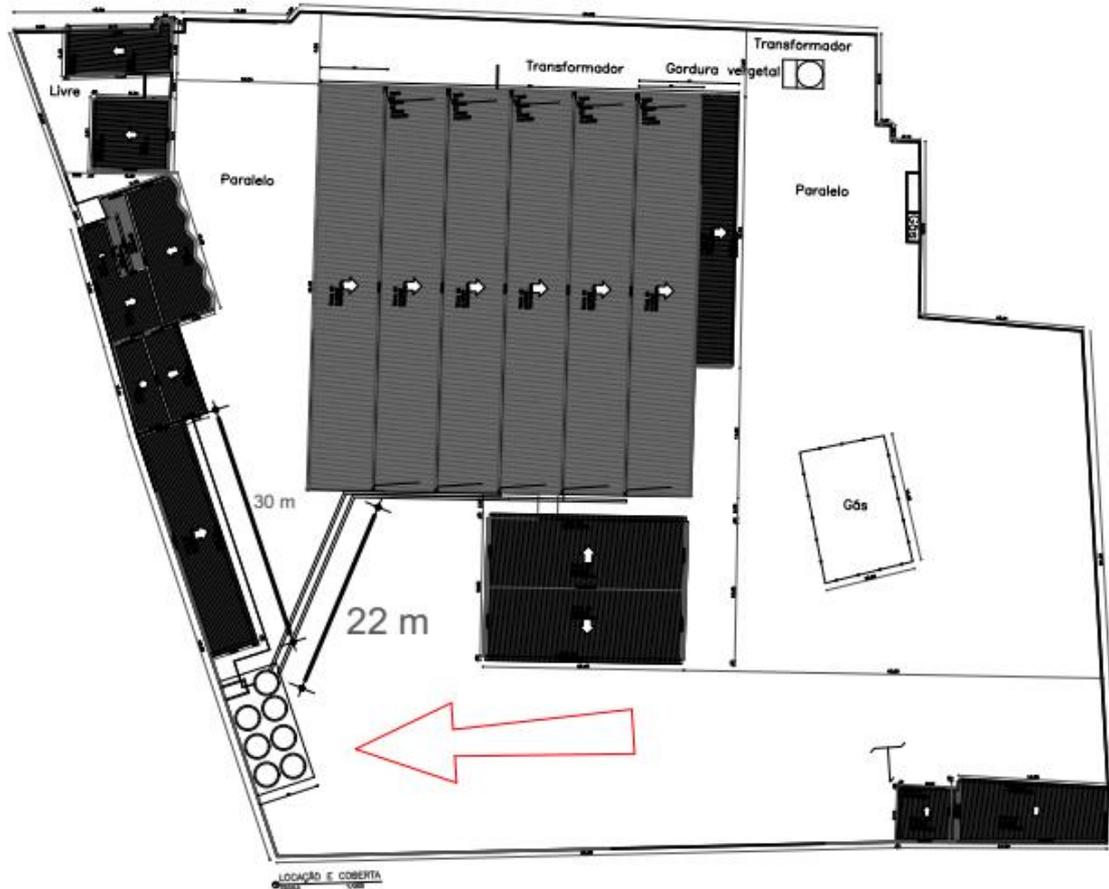


Figura 11 - Localização dos Reservatórios, (fonte: Autor, 2018).

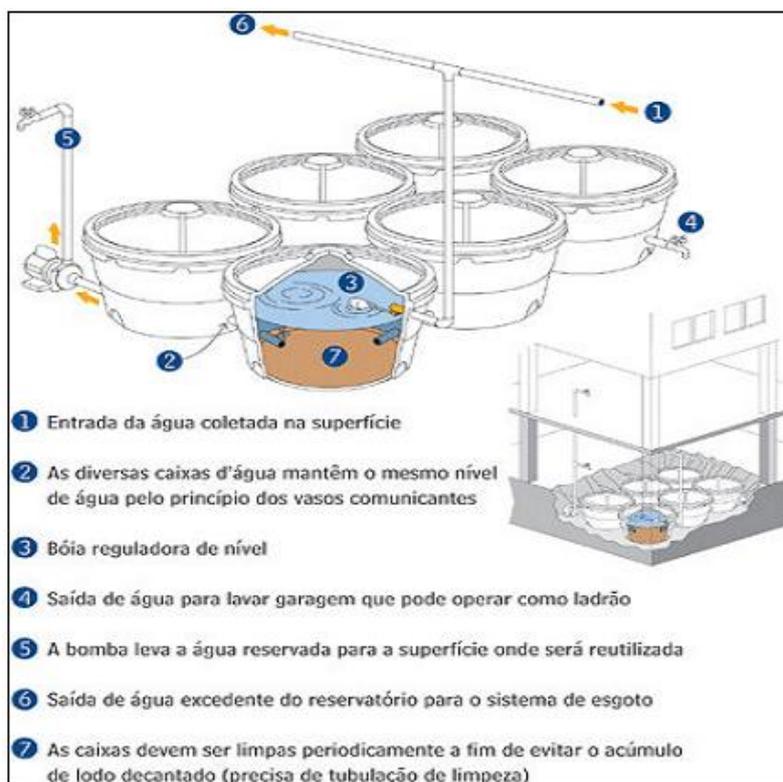


Figura 12 - Esquema de associação dos reservatórios, (fonte: SETTI, 2000)

5.3 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES

5.3.1 Calhas

Para o dimensionamento das calhas foi necessário estipular o valor da intensidade pluviométrica da região. Utilizando os dados de precipitações máximas anuais no período de 1993 a 2005, coletados no site da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac), foram obtidos os seguintes valores de média, desvio padrão, e outros fatores das equações 8 e 9:

Tabela 12 - Parâmetros de distribuição de Gumble.

Média	77.57
Desvio Padrão	19.94
α	0.064
β	68.580

Fonte: Autor (2018).

Com estes valores introduzidos na equação 7 foi possível chegar as precipitações máximas anuais para um tempo de retorno de 25 anos, seguindo as recomendações da norma NBR 10884 a intensidade pluviométrica encontrada para o tempo de retorno de 25 anos foi de 118,30 mm para o município de Tabira. No tempo de retorno de 5 minutos, que é o recomendado por a norma, foram utilizados os dados e relações de transformação da curva i-d-f presentes na tabela 4 para o cálculo de sua intensidade, e o valor obtido foi de 171,01 mm.

Com a intensidade pluviométrica para o tempo de retorno de 5 minutos foi possível calcular os valores das vazões das áreas de cobertura 1, 2, 3, 4, 5, e 6 utilizando a equação 6. As vazões obtidas estão dispostas na Tabela 13:

Tabela 13 - Dados para dimensionamento das calhas.

Áreas de Coberta			
Área	I (mm/h)	A (m²)	Q (L/mim)
A1	171,01	359,37	1.024,26
A2	171,01	367,77	1.048,23
A3	171,01	367,45	1.047,24
A4	171,01	367,45	1.047,24
A5	171,01	367,45	1.047,24
A6	171,01	397,67	1.133,43
Total :	-	2.227,17	6.347,64

Fonte: Autor (2018).

Para o dimensionamento das calhas a equação utilizada foi a 11, sendo adotado um formato de calha retangular com $b = 2a$, conforme representa a figura 11. Adicionando um valor de margem de segurança ($\frac{2}{3}a$) na altura da calha para evitar o extravasamento, os resultados de suas dimensões estão na tabela 14.

Tabela 14 - Dimensões das calhas.

Calha	a(m)	b(m)	h(m)
1	0,10	0,20	0,165
2	0,10	0,20	0,165
3	0,10	0,20	0,165
4	0,10	0,20	0,165
5	0,10	0,20	0,165
6	0,10	0,20	0,165

Fonte: Autor (2018).

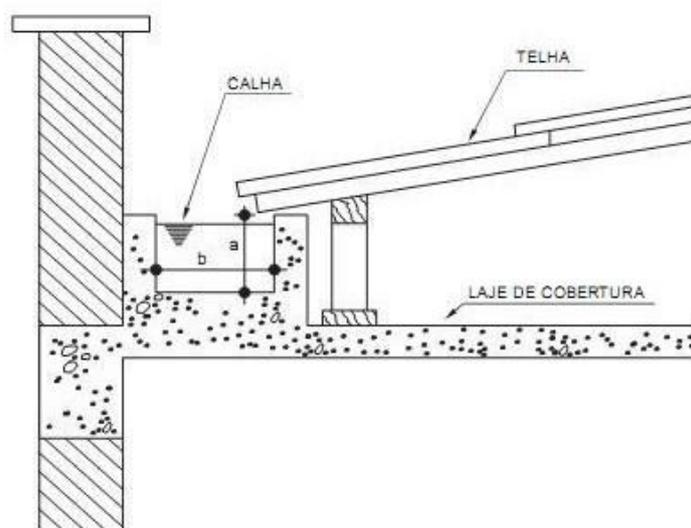


Figura 13 - Calha Retangular.

As calhas seriam instaladas com uma altura de 17 centímetros visando a praticidade, porém o telhado atual da empresa já conta com 5 calhas instaladas (representadas na figura 5) no formato triangular com angulação semelhante a do telhado. Como podemos ver na figura 14 todas as 5 calhas já existentes tem dimensões de 25 centímetros de altura e 40 centímetros de comprimento na direção do telhado. Mesmo com dimensões bem maiores do que as encontradas como suficientes neste presente trabalho, as calhas existentes foram verificadas de acordo com a norma NBR 10884 e como esperado foram aprovadas, sendo assim as calhas já existentes serão aproveitadas.

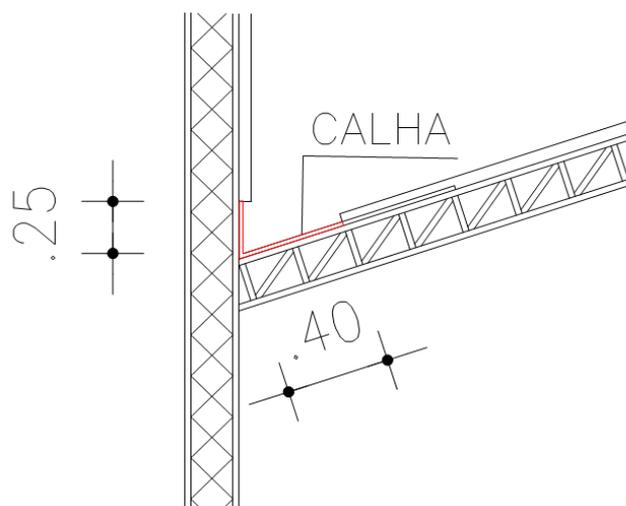


Figura 14 – Modelo das calhas existentes na indústria, (fonte: Autor, 2018).

Vale ressaltar que a área de cobertura 6 representada na figura 5 não dispõe de uma calha instalada e como as outras 5 áreas de cobertura representam uma área de captação da água pluvial considerável e já possuem calhas instaladas, como já foi dito anteriormente, considerou-se um gasto desnecessário a implantação de um calha para o telhado 6.

5.3.2 Condutores Verticais

Com os valores dispostos na tabela 15 e consultando o ábaco da figura 7, os valores obtidos para os condutores verticais foram diâmetros 80 milímetros cada um para as 5 áreas de cobertura selecionadas. A tabela a seguir demonstra as dimensões e características de cada condutor:

Tabela 15 - Condutores verticais.

Condutor vertical	Q (L/mim)	L (m)	D (mm)
1	1024,26	5	80
2	1048,23	5	80
3	1047,24	5	80
4	1047,24	5	80
5	1047,24	5	80

Fonte: Autor (2018).

5.3.3 Condutores horizontais

Adotando um declividade de 2% e uma rugosidade de $0,011 S/m^{\frac{1}{3}}$ foram dimensionados com a verificação da tabela 6 dois condutores horizontais. Um recebendo 3 condutores verticais e outro 2. A tabela a seguir demonstra as dimensões e características dos respectivos condutores:

Tabela 16 - Condutores Horizontais.

Condutor horizontal	Q (L/mim)	L (m)	D (mm)
1	3.119,73	52,5	250
2	2.094,48	39,30	200

Fonte: Autor (2018).

Como foram divididas em dois caminhos as vazões provenientes dos condutores verticais o comprimento dos condutores horizontais totalizou aproximadamente 92 metros, Sendo 39,3 de diâmetro 250 mm e 52,5 metros com o diâmetro de 200 mm.

5.3.4 Caixas de areia

Foi adotado um total de 8 caixas de areia feitas de alvenaria e com dimensões de 40 x 40 x 40 centímetros. 5 foram para a transição de condutores verticais para horizontais, 2 para mudanças de direção sofridas por os dois condutores horizontais e mais uma devido a um trecho maior que 20 metros contínuos que o condutor de diâmetro 200 mm passou.

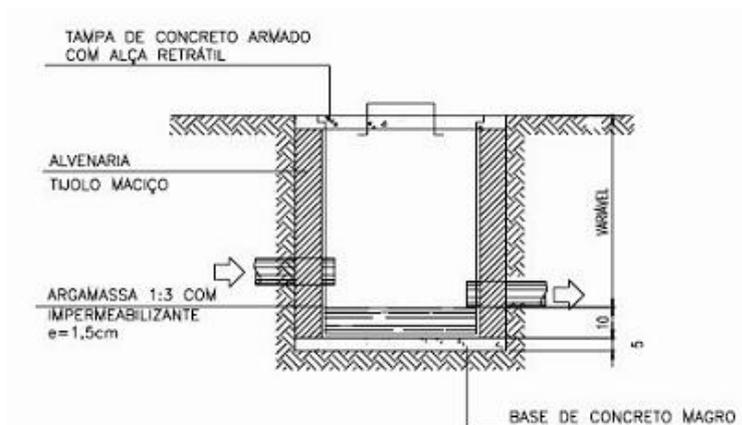


Figura 15 - Corte da caixa de areia.

5.4 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

A estação elevatória foi dimensionada conforme as equações descritas no item 4.5, foi obtido um conjunto motor bomba com potência de 1/3 cv (242,7 watts), diâmetro de sucção e recalque, respectivamente, 25 mm e 20 mm. Tendo o comprimento de recalque e sucção de 38,5 e 1,5 metros, respectivamente.

5.4.1 Análise Econômica

Conforme explicado anteriormente, a análise econômica determina os custos totais relativos à implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, levando em conta os custos com materiais, equipamentos e energia elétrica, além da economia gerada pela substituição de água potável por água pluvial.

O consumo com energia elétrica da estação elevatória foi estipulado com base no tempo de funcionamento diário. Para a determinação do custo foi obtida junto à Celpe a tarifa praticada. Aplicando estes valores foi obtido um custo mensal irrisório de R\$ 1,95. O reservatório superior adotado possui o material de revestimento constituído de fibra de vidro com capacidade de 1.000 litros, apoiado na laje do vestiário, devido ao custo e facilidade de instalação, pois já haviam reservatórios instalados nesse mesmo lugar.

A economia mensal para a demanda de água da empresa, 21,74 m³/mês, a uma taxa de R\$ 15,7/ m³, que é a faixa de pagamento que a empresa se enquadra conforme a Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), foi de R\$ 341,25. Abatendo o valor de R\$ 1,95 a ser pago por consumo de energia da estação elevatória o sistema de implantação garante uma economia geral de R\$ 339,30 por mês.

O valor do investimento necessário para a implantação do sistema de aproveitamento das águas pluviais que este presente trabalho apresenta foi orçado com os Índices do Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil (SINAPI) e está demonstrado na tabela abaixo:

Tabela 17 - Custo de implantação do sistema de captação de águas pluviais.

Item	Descrição	Unid.	Quantidade	Custo Unit. (R\$)	Custo Total (R\$)
	RESERVATÓRIO INFERIOR				
1	LIMPEZA DA CAMADA VEGETAL DO TERRENO	m ²	90.5	0.33	29.87
2	ESCAVAÇÃO VERTICAL PARA CAIXA D'ÁGUA	m ³	70	18.73	1311.10
3	CAIXA D'ÁGUA, FIBRA DE VIDRO, 10000L	unid.	7	2592.56	18147.92
4	INSTALAÇÃO - SERVENTE	h	5	17.16	85.80
	SUBTOTAL				19574.69
	RESERVATÓRIO SUPERIOR				
1	CAIXA D'ÁGUA, FIBRA DE VIDRO, 1000L	unid.	1	268.41	268.41
	SUBTOTAL				268.41
	ELEMENTOS COMPLEMENTARES				
1	TUBO DE CONCRETO, CLASSE- PS, DN 300 MM, PARA AGUAS PLUVIAIS	m	92	29.43	2707.56
2	TUBO PVC, SÉRIE R, DN 100 mm, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS	m	25	13.73	343.25
3	CAIXA DE AREIA 40X40X40 EM ALVENARIA	unid.	8	70.2	561.60
4	BOMBA CENTRIFUGA, MONOFÁSICO, 0.33 HP	unid.	1	579.82	579.82
5	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 mm	m	38.5	2.09	80.47
6	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 20 mm	m	1.5	2.09	3.14
7	TUBULAÇÕES, CONECCÇÕES, E FILTROS	-	-	10%	1984.31
8	ELETRICISTA COM ENCARGOS EXTRAS	h	10	17.42	174.20
9	ENCANADOR COM ENCARGOS EXTRAS	h	20	17.23	344.60
	SUBTOTAL				6778.94
	CUSTO TOTAL				26622.03

Fonte: Autor (2018).

Os maiores custos presentes na tabela são referentes a implantação do reservatório inferior e as encanações em geral que por motivos extras tiveram que percorrer um longo caminho até sua chegada no reservatório inferior. Vale ressaltar que algumas medidas alternativas na escolha de alguns materiais

como o tubo de 300 mm de concreto , aconteceu devido representarem uma grande diminuição de custo.

O tempo de retorno para que sistemas de aproveitamentos de águas pluviais como esse sejam classificados como viáveis economicamente é de no máximo 10 anos, que é o tempo de vida útil de um sistema de aproveitamento de águas pluviais segundo Marinovski (2007). Com uma economia de R\$ 339,30 ao mês foi possível chegar ao valor de retorno do capital em aproximadamente 93 meses ou 7,8 anos o que torna o empreendimento viável economicamente fora sua representatividade como medida de preservação a um bem tão importante para a vida como é a água.

Os dados quantitativos do sistema são apresentados na tabela 18 para permitir uma melhor visualização de seus valores:

Tabela 18 - Economia mensal gerada com o sistema de aproveitamento.

DADOS		UNIDADE	VALOR
IVESTIMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA		R\$	26.662,03
Economia	Consumo de água por mês	m ³	21,74
	Economia gerada por mês	R\$	339,30
Período de retorno do investimento		Anos	7,8

Fonte: Autor (2018).

6 CONCLUSÃO

O sistema de aproveitamento da água de chuva é uma alternativa ao atendimento das demandas não potáveis de uma edificação, principalmente em um momento que requer atenção de toda a sociedade no intuito de utilizar os poucos recursos hídricos disponíveis com responsabilidade. Através deste trabalho, foi possível estimar o impacto da implantação desse sistema em uma indústria de pipocas e salgadinhos na cidade de Tabira-PE.

A primeira etapa consistiu em coletar dados, como por exemplo, o projeto arquitetônico, dados de demanda para fins não potáveis, dados de precipitações do município. Algumas falhas foram encontradas nos dados de precipitação do posto pluviométrico utilizado, em função de possíveis erros gerados durante a coleta de dados.

A partir desses dados, aliados aos índices pluviométricos locais e à escolha da área de coleta, foi estimado o volume de reservação ideal da água pluvial, sendo o reservatório inferior de 70 m³, divididos em sete caixas d'água de 10.000 Litros, sendo esta a opção que apresentou o melhor custo-benefício, e o reservatório superior com capacidade para armazenar 1000 litros de água que é o necessário para a demanda diária dos sanitários que foi estimada em 905,66 litros.

A análise da viabilidade econômica da implantação do sistema de captação, armazenamento e distribuição de água de chuva levaram em consideração as estimativas de custo dos reservatórios, da mão de obra, da estação elevatória, e das tubulações e conexões. Esse valor foi de R\$ 26.662,03.

Com base na economia anual de água potável gerada, estimada em R\$ 4.071,60, foi definido o período de retorno do investimento na instalação do sistema em 7,8 anos, já sendo descontados os juros atuais do Banco Central do Brasil mensalmente, o que garante benefícios financeiros no médio prazo. Todavia, as vantagens trazidas pela implantação desse sistema não se limitam ao impacto financeiro, mas também tem grande destaque por possibilitar a redução dos efeitos das precipitações capazes de causar alagamentos e

enchentes no interior da edificação, já que parte desse volume será armazenada.

Além disso, os benefícios são ambientais e culturais. Com a redução do consumo de água potável, a indústria torna-se exemplo na redução da demanda sobre a rede pública de abastecimento e, conseqüentemente, nos mananciais. Finalmente, é importante que este projeto possa servir como referência para iniciativas futuras em instituições industriais de padrão semelhante.

REFERÊNCIAS

APAC. Monitoramento pluviométrico. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>

ABNT (1998). NBR 5626 – Instalação predial de água fria.

ABNT (1989). NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais.

Agência Nacional de Águas – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: 2013. Brasília: ANA, 2013. 434p.

AGUA. Associação guardiã da Água. Disponível em: http://www.agua.bio.br/botao_d_S.htm. Acessado em: 25 de Março de 2018.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. **Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

Articulação Semiárido Brasileiro – ASABRASIL. **Semiárido** – é no semiárido que a vida pulsa! Disponível em: < <http://asabrasil.org.br/semiario> > Acessado em: 26 de out de 2017.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003. 340 p.

CAHILL, R.; LUND, J. Residential water conservation in Australia and California. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 139, n. 1, 2012.

COSTA, A. R. F. D. **Limites de aplicabilidade para sistemas automáticos de descarte de água de chuva: estudo de caso**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 58. 2011.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). 2004. Conservação e reúso de água: manual de orientações para o setor industrial. v. 1.

Fiori, S.; Fernandes, V. M. C.; Pizzo, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006.

FONSECA, Yonara Daltro. **Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura**. p.11, 2010. Disponível em: <http://www.infinitaweb.com.br/albruni/artigos/a0303_CAR_AvallInvest.pdf>. Acesso em: 13 set. 2016.

GHISI, E. Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater in the Residential Sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.

GONÇALVES, O. M.; OLIVEIRA, L.H. Methodology for the development of an institutional and technological water conservation program in buildings. In **CIB - W62 SYMPOSIUM YOKOHAMA JAPAN**. Proceedings Yokohama, November 1997, 19p.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Disponível em: <http://www.ipt.br/noticia/905-passo_a_passo:_agua_de_chuva.htm>. Acessado em abril de 2018.

KETTELHUT J. T. S.; BARROS F. G. **Os avanços da Lei das Águas. Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental**. Disponível em < <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/encuen/flavia.pdf>>. Acessado em abril de 2016.

LIMA, L. C. de. **Uso doméstico da água em hospitais: estudo de caso do hospital das clínicas da UNICAMP**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2007.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 4. ed. Rio de Janeiro: GEN, v. 1, 2012.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reúso de água. São Paulo: Manole, 2003**.

MARENCO, J.A.; CUNHA, A.P.; ALVES, L.M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanálise**. 2016. Ano 3: 49-54.

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

NBR15527, A. Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.], p. 8. 2007.

Negri, J. A., & Kubota, L. C. (2006). **Estrutura e Dinâmica do Setor de Serviços no Brasil**, Ipea.

PERNAMBUCO (Estado). Lei nº 14572, de 27 de dezembro de 2011. **Estabelece Normas Para O Uso Racional e Reaproveitamento das águas nas Edificações do Estado de Pernambuco e Dá Outras Providências.** Recife, PE.

SANTANA, M. V. **Análise de Consumo de Água: Condomínio Residencial em Florianópolis.** Trabalho apresentado à disciplina de Uso Racional de Água do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 2004.

SILVA, A.R.V.; TASSI, R. (2005). **Dimensionamento e simulação do comportamento de um reservatório para aproveitamento de água da chuva: resultados preliminares.** In: *XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2005, João Pessoa/PB. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

THOMAS, T. **Escolha de cisternas para captação de água de chuva no sertão.** In: *Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Captação de água de Chuva no Semi-árido*. Campina Grande, 2001.

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

TOMAZ, P. **Previsão de Consumo de Água – Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto com os serviços Públicos.** Navegar Editora, São Paulo, 2001b.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** Navegar Editora, São Paulo, 2003.

TOMAZ, Plínio. (2005) **Aproveitamento de água da chuva:** Aproveitamento de água da chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. Editora Navegar São Paulo - SP, 180p.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2016: Água e emprego.** Resumo Executivo. Paris, UNESCO. 2016.

SETTI, 2000, A. A. Gestão de Recursos Hídricos; aspectos legais, econômicos e sociais. In: *Gestão de Recursos Hídricos*. Demétrius David da Silva, Fernando Falco Pruski.(Edit). Brasília, DF: Editora: UFV [et al.]. 2000.

APÊNDICE

A entrevista feita para ser estimada a demanda diária da indústria consistiu no levantamento de quantas vezes cada pessoa utilizava a descarga por dia. Os resultados dessa entrevista estão dispostos no histograma a seguir:

