

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO
DE ÁGUAS PLUVIAIS PELAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS NO
AGRESTE PERNAMBUCANO**

JÚLIO TENÓRIO DE OLIVEIRA

Recife, PE

Agosto, 2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

JÚLIO TENÓRIO DE OLIVEIRA

**DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO
DE ÁGUAS PLUVIAIS PELAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS NO
AGRESTE PERNAMBUCANO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, Área de Concentração: Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda

Recife, PE

Agosto, 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

O48d Oliveira, Júlio Tenório de

Diretrizes para implantação de sistema de captação de águas pluviais pelas indústrias cerâmicas no agreste pernambucano / Júlio Tenório de Oliveira. – 2017. 97 f. : il.

Orientador: Romildo Morant de Holanda.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, BR-PE, 2017.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Captação de água pluvial 2. Gestão ambiental 3. Escassez hídrica
4. Climatologia 5. Diretrizes 6. Cerâmica vermelha I. Holanda, Romildo Morant de, orient. II. Título

CDD 628

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO
DE ÁGUAS PLUVIAIS PELAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS NO
AGRESTE PERNAMBUCANO**

JÚLIO TENÓRIO DE OLIVEIRA

APROVADO EM: 23 de agosto de 2017

Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva (PPEAMB/UFCG)

Examinador Interno

Prof. Dr. Lincoln Eloi de Araújo (UFPB)

Examinador Externo

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda (PPEAMB/UFRPE)

Orientador

Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva (PPEAMB/UFRPE)

Coordenador

Dedico este trabalho a minha família pelo apoio incondicional e pela compreensão nos momentos de ausência.

Ao grande mestre e orientador Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda que sem o seu apoio, dedicação e amizade não chegaria ao término desta difícil empreitada.

A Indústria Kitambar na pessoa do Sr. Antonio Marcos Tavares Barbosa que sem o seu apoio e disponibilização de recursos e da sua empresa não haveria as condições para que este trabalho fosse executado.

A todos o meu muito obrigado!

AGRADECIMENTOS

Início meu agradecimento a **DEUS**, por ter posto na minha vida pessoas tão maravilhosas, sem elas não teria conseguido.

A minha **Família** e em especial a minha esposa **Joelma**, ao meu filho **Gabriel Felipe**, a minha filha **Juliana Patrícia** e a minha mãe **Dona Ana**, por terem acreditado em mim e me incentivado, mesmo quando eu próprio não acreditava ser possível, muito obrigado por este amor incondicional e desculpem pelos momentos de ausência, pelo desespero e por minhas enormes falhas.

Meu profundo agradecimento ao **Professor Dr. Romildo Morant** que foi muito mais que um orientador, que um mestre, um amigo. Sempre disponível a transmitir os seus conhecimentos e experiência, sem restrições. Professor gostaria de ter superado as expectativas, contudo a vida nos prega surpresas e as vezes ao se tentar melhorar acabamos por ter que superar algumas barreiras que ao apenas passar raspando já estamos realizando um grande feito. Muito obrigado por ter guiado meus passos cambaleantes, me puxado quando a beira do abismo e tudo isto sem ser complacente, mas apenas justo.

A **Indústria Cerâmica Kitambar** na pessoa do **Sr. Antonio Marcos Tavares Barbosa**, por ter possibilitado a implementação do sistema de coleta de águas pluviais em sua indústria, investindo em um período de crise econômica e em um momento de seca na região, um homem de visão e empreendedor, meu muito obrigado a toda equipe que formam a indústria Kitambar.

Aos amigos pelo apoio e incentivo e especialmente ao amigo **Rivaldo** e as amigas **Yenê, Thais, Carla e Ana Paula** que estiveram mais presentes nesta jornada.

Agradeço a **Companhia Pernambucana de Saneamento – Compesa** local onde trabalho e aos amigos pelo incentivo. Principalmente a **Gerência de Controle de Qualidade da Compesa – Laboratório Central** na pessoa do seu Gerente **Eng. Ronaldo Castro** por ter permitido a execução das análises e ao **Químico Nicácio José M. de Arruda** por tê-las executado.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental** por ter me acolhido mesmo tendo meu tempo dividido entre a pesquisa e o laboral e a todos que formam o programa: professores, administrativos e aos meus colegas.

Ao **Grupo de Pesquisa CITAR** pela convivência com tão seletivo grupo de pesquisadores.

A **Infraestrutura do Laboratório de Materiais de Construção** por dar o respaldo físico e tecnológico para o desenvolvimento da pesquisa.

A **Universidade Federal de Rural de Pernambuco – UFRPE** pelo acolhimento como aluno e por suas iniciativas no campo da educação e da pesquisa.

Desconfie do Destino e acredite em você. Gaste mais horas realizando que sonhando, fazendo que planejando, vivendo que esperando porque, embora quem quase morre esteja vivo, quem quase vive já morreu.

Sarah Westphal

Quem passou a vida em branca nuvem
E em plácido repouso adormeceu
Quem não sentiu o frio da desgraça
Quem passou pela vida e não sofreu
Foi espectro de homem, não foi homem
Só passou pela vida, não viveu.

Francisco Otaviano

RESUMO

As indústrias cerâmicas utilizam a água para umidificar a argila na linha de produção, com o déficit hídrico que ocorre no Agreste pernambucano, região que sofre com este problema a centenas de anos, torna-se imprescindível o estudo de opções que minimizem os impactos causados pelos períodos de seca. A Captação de água de pluvial para o uso na linha de produção das indústrias de cerâmica vermelha é uma forma não convencional de conservação da água. O presente trabalho visa estabelecer as diretrizes para a implementação de um sistema de captação de águas pluviais. A sua utilização traz diversas vantagens, a principal é a ambiental reduzindo o consumo da água dos mananciais, o gasto com o transporte e a redução de inundações através da diminuição da água lançada no sistema de drenagem de águas pluviais e a econômica por um consumo menor da água fornecida pelas Companhias de Saneamento e por outros fornecedores. Através de uma revisão bibliográfica, do estudo da climatologia da região e do acompanhamento do estudo de caso na Indústria de Cerâmica Vermelha Kitambar, localizada em Caruaru, onde foi implantado o sistema de captação, com aproveitamento da estrutura existente, um conjunto de diretrizes foi elaborado para a implementação do sistema. Nesta proposta de diretrizes foram avaliados o uso de estruturas existentes e o dimensionamento do sistema, o controle da qualidade da água e as formas de conscientização dos usuários e o seu envolvimento na conservação da água. Com a área do estudo dentro de uma região com uma grande vulnerabilidade e variabilidade climática, obteve-se resultados estimuladores o que leva a concluir que a utilização de água pluvial é uma prática que deve ser incentivada em todas as regiões e em atividades tanto industriais como domésticas.

Palavras-chave: captação de água pluvial; gestão ambiental; escassez hídrica; climatologia; diretrizes; cerâmica vermelha;

ABSTRACT

The ceramic industries use water to humidify and work the clay in the production line, with the water deficit that occurs in the Agreste region of Pernambuco, a region that have suffered with this problem for hundreds of years, it is imperative to study options that minimize the impacts caused by periods of drought. Rainwater harvesting for use in the production line of the red ceramic industries is an unconventional form of water conservation. The present study aims to establish the guidelines for the implementation of a rainwater harvesting system. Its use has several advantages, the main one being the environmental one, reducing the consumption of the water of the sources, the expense with the transport and the reduction of floods through the reduction of the water thrown in the system of drainage of rainwater and the economic one by a smaller consumption of water supplied by Sanitation Companies and other suppliers. In this paper, we present the results of a study of the climate of the region and the follow-up of the case study in the Red Ceramic Industry, located in Caruaru, where the capture system was implemented, using the existing structure, a set of guidelines elaborated to implement the system. In this proposed guideline, the use of existing structures and the design of the system, the control of water quality and the ways of raising awareness among users and their involvement in water conservation were evaluated. With the study area within a region with great vulnerability and climatic variability, results have been obtained which lead to the conclusion that the use of rainwater is a practice that should be encouraged in all regions and in both industrial and domestic activities.

Keywords: rainwater harvesting; environmental management; water scarcity; climatology; guidelines; red ceramics

;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 – Reservas de água na Terra	23
Figura 3.2 – Distribuição do uso da água	23
Figura 3.3 – Ciclo hidrológico.....	24
Figura 4.1 – Localização do município de Caruaru-PE.....	30
Figura 4.2 – Esquema da interceptação da água da chuva pelo telhado.....	35
Figura 4.3 – Coberta com superfície inclinada.....	36
Figura 4.4 – Tipos de calhas	37
Figura 4.5 – Ábaco para a determinação de condutos verticais em calhas com funil de saída	39
Figura 4.6 – Ábaco para a determinação de condutos verticais em calhas com aresta viva	39
Figura 4.7 – Esquema de um sistema elevatório.	40
Figura 4.8 – Coleta no reservatório de água de chuva.....	44
Figura 4.9 – Coleta no bebedouro	45
Figura 4.10 – Coleta em torneira - reservatório superior	45
Figura 5.1 – Médias mensais de precipitação e médias trimestrais de precipitação do município de Caruaru-PE	47
Figura 5.2 – Histograma da precipitação dos trimestres (a) janeiro, fevereiro e março, (b) abril, maio e junho, (c) julho, agosto e setembro, e (d) outubro, novembro e dezembro em Caruaru-PE.....	48
Figura 5.3 – Total anual de precipitação e desvio padronizado em Caruaru-PE	49
Figura 5.4 – Total de precipitação do trimestre chuvoso e desvio padronizado em Caruaru-PE	50
Figura 5.5 – Dias com chuva igual ou superior a 1mm/dia, 10 mm/dia e 20 mm/dia em Caruaru-PE	51
Figura 5.6 – Maior chuva acumulada em um dia no período de 1986 a 2015 em Caruaru-PE	52
Figura 5.7 – Áreas de consumo de água.....	55
Figura 5.8 – Imagem de satélite para visualização da área da indústria e telhado da área de produção.....	56
Figura 5.9 – Croqui das áreas do telhado	58

Figura 5.10 – Calha de beiral	59
Figura 5.11 – Detalhe da calha de agua furtada	59
Figura 5.12 – Croqui do perfil das calhas.....	60
Figura 5.13 – Tubos verticais da calha de beiral	61
Figura 5.14 – Esquema da captação pluvial	62
Figura 5.15 – Sistema de captação de água proposto no projeto a 83% de confiança. ..	68
Figura 5.16 – Projeto simplificado para minimização de custos de implantação, observando-se um cenário de baixo índice de chuvas em Caruaru-PE	71
Figura 5.17 – Reservatório de água pluvial	77
Figura 5.18 – Casa da bomba	77
Figura 5.19 – Tubulação de coleta.....	78
Figura 5.20 – Ponto de coleta	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Estimativas das Reservas de água na Terra	21
Quadro 4.1 Normais Climatológicas de Caruaru	30
Quadro 4.2 – Empresas qualificadas pelo PSQ-TC/PSQ-BC no estado de Pernambuco no ano de 2016.....	31
Quadro 4.3 – Parâmetros das Equações de Chuvas Intensas Método de Bell.....	34
Quadro 4.4 – Parâmetros das Equações de Chuvas Intensas Método das RD.	35
Quadro 4.5 – Coeficiente de Runoff médios	36
Quadro 4.6 – Coeficientes de rugosidade	38
Quadro 4.7 – Relação de Preços Unitários	43
Quadro 5.1 – Médias mensais de precipitação nos postos pluviométricas de Caruaru-PE para distintos períodos de disponibilidade de dados	46
Quadro 5.2 – Intensidade chuva com duração de 5 min para a cidade de Caruaru, Equação da curva IDF, Tucci, 2004.	52
Quadro 5.3 – Situação dos Principais Reservatórios que abastecem Caruaru.....	53
Quadro 5.4 Cálculo do volume de água acumulado.....	57
Quadro 5.5 – Vazão das calhas.....	60
Quadro 5.6 – Condutores Verticais	62
Quadro 5.7 – Condutores horizontais - Calhas.....	63
Quadro 5.8 – Detalhamentos dos custos da construção do projeto à 83% de grau de confiança.....	68
Quadro 5.9 – Cálculo simplificado do tempo de retorno do investimento.....	70
Quadro 5.10 – Custo do sistema simplificado.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Precipitações entre 2005 e 2015 do município de Caruaru-PE	63
Tabela 5.2 – Dados e resultados do método de Rippl	63
Tabela 5.3 – Cálculos e Resultados pelo Método Australiano	64
Tabela 5.4 – Cálculos e resultados pelo método australiano confiança superior a 90%	65
Tabela 5.5 – Cálculos e resultados pelo método australiano confiança superior a 99%	66
Tabela 5.6 – Coleta no ponto 1 - Reservatório de Água Pluvial	73
Tabela 5.7 – Coleta no ponto 2 - Reservatório de Água Potável - Gelágua.....	74
Tabela 5.8 – Coleta no ponto 3 - Reservatório de Superior - Mistura de Agua de Pipa com Agua de Chuva	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional das Águas

ANICER -Associação Nacional da Indústria Cerâmica

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima

CERTOHO – Certificado de Sustentabilidade de Obras Hídricas

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CPRH – Agência Pernambucana de Recursos Hídricos

SINDICER/PE – Sindicato das Indústrias de Cerâmica Vermelha para Construção Civil do estado de Pernambuco.

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

IPA – Instituto Agrônomo de Pernambuco

PSQ – Programa Setorial da Qualidade

TC – Telha cerâmico

BC – Bloco cerâmico

CV – Cavalo Vapor

HP – Horse-power

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	19
2.1	Objetivo geral	19
2.2	Objetivos específicos	19
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1	Água um recurso escasso	20
3.2	O consumo de água	23
3.3	O ciclo hidrológico	24
3.4	Variabilidade e vulnerabilidade climática do Agreste pernambucano.	25
3.5	Usos da água para processos industriais	26
3.6	Captação de águas pluviais para fins industriais	27
3.7	Qualidade das águas pluviais	28
4	MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1	Área de Estudo	29
4.2	Estudo de caso	31
4.3	Análise pluviométrica do município de Caruaru	33
4.4	Levantamentos do consumo de água da empresa	33
4.5	Avaliação da capacidade de captação de água de chuva	33
4.6	Cálculo da captação da água de chuva	33
4.7	A área de captação	35
4.8	Coeficiente de escoamento (Runoff) das cobertas, fator de captação da equação (C).	36
4.9	Determinação dos tipos de calhas	37
4.10	Dimensionamento de condutos verticais	38
4.11	Dimensionamento do sistema de recalque	40
4.12	Dimensionamento da Reservação.	41
4.13	Custos da implantação do sistema e tempo de retorno do investimento	42
4.14	Análise da qualidade das águas pluviais	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1	Análise pluviométrica do município de Caruaru	46
5.2	Consumo de água na Indústria Cerâmica	53

5.3	Avaliação da capacidade de captação da água de chuva	55
5.4	Vazão de dimensionamento das estruturas	57
5.5	Dimensionamento e avaliação dos condutores pré-existentes	59
5.5.1	Calhas	59
5.5.2	Tubos verticais	61
5.5.3	Condutos horizontais	61
5.6	Dimensionamento da reservação.	63
5.7	Dimensionamento do sistema de recalque	67
5.8	Custos da implantação do sistema e tempo de retorno do investimento	68
5.9	Validação do sistema proposto	73
5.10	Análise da qualidade das águas pluviais	73
5.11	Diretrizes para um sistema de coleta de águas pluviais'	79
6	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	82
	REFERÊNCIAS	84
	ANEXOS	89

1 INTRODUÇÃO

No Brasil a utilização dos recursos hídricos está associada a concessão de uma outorga de uso, onde as quantidades disponibilizadas para cada um dos usos são identificadas e quantificadas por um comitê gestor da bacia onde está localizado o empreendimento. No contexto da água como um recurso renovável pelo ciclo d'água, mas ao mesmo tempo escasso pela quantidade reduzida de água disponível para o consumo de forma direta, tem levado que os governos tratem o assunto com a preocupação necessária a situação atual e futura.

O Estado de Pernambuco tem cerca de 80 (oitenta) empresas de cerâmica vermelha, das quais 37 (trinta e sete) são associadas ao sindicato da Indústria Cerâmica para a Construção do Estado de Pernambuco, SINDICER/PE. As empresas associadas ao SINDICER/PE geram aproximadamente 5.000 (cinco mil) empregos diretos e 15.000 empregos indiretos (ALMEIDA, 2010).

As indústrias cerâmicas basicamente produzem tijolos, telhas e blocos. O processo de fabricação, na maioria das vezes, é simples, envolve a mistura de 2 (dois) ou mais tipos de argila mais a água. Em seguida a mistura é homogeneizada e depois passa por uma extrusora, maromba, onde é moldado, seguido do corte, secagem e queima. Este processo, na maioria das indústrias, é feito de forma empírica, sem um controle eficaz o que ocasiona imensas perdas em todas as etapas do processo produtivo.

A região Agreste do Estado de Pernambuco constitui uma região que sofre com a escassez de água, e toda e qualquer forma que acarrete uma redução do consumo de água e consequente alívio da exploração dos mananciais é bem-vinda. O abastecimento é, em grande parte, feito por caminhões pipas e quanto mais escasso o produto, mais os caminhões têm que se distanciar para conseguir e transportar água.

O aproveitamento de água é uma das alternativas que pode ter viabilidade econômica para a sua implantação, através do armazenamento da água da chuva a indústria pode chegar a ser autossuficiente no período das chuvas. Na indústria cerâmica a captação da água da chuva se dá através dos telhados e o seu armazenamento é feito em tanques fechados para a utilização no período chuvoso e em parte do período de estiagem.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo geral definir as diretrizes para implantação, compatibilização de estruturas existentes e utilização de águas pluviais na indústria de cerâmica vermelha do Agreste Pernambucano.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos consistiram em:

- i) Analisar a climatologia da precipitação do município de Caruaru;
- ii) Avaliar o consumo de água por uma indústria da cerâmica vermelha;
- iii) Estimar a capacidade de captação baseado nas áreas cobertas do sistema existente e média anual de precipitação da região em estudo;
- iv) Analisar a qualidade das águas pluviais captada e armazenada na indústria;
- v) Desenvolver um projeto de captação de águas pluviais de baixo custo que atenda às necessidades da indústria de cerâmica vermelha para funcionamento durante o período de déficit hídrico;
- vi) Desenvolver material de divulgação da captação no interior da empresa para a conscientização dos funcionários quanto ao uso das águas pluviais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Água um recurso escasso

Segundo Rebouças (2011) a água é vida, a água elemento vital, a água purificadora, a água recurso renovável são alguns significados referidos em diversas mitologias, religiões e culturas, em todas as épocas. A água é o elemento que mantém a vida em nosso planeta. As civilizações nasceram, se desenvolveram e pereceram sempre próximo das fontes de água. Na natureza a água funciona como solvente, podendo dissolver praticamente todas as substâncias. Assim a água que está disponível na natureza é uma solução e a quantidade destes materiais dissolvidos e os seus tipos é que determinam a qualidade da água. O uso da água também está relacionado a composição dessa solução aquosa. Poder-se-ia dizer que é praticamente impossível, encontrar dois mananciais em que as análises de laboratório apresentem resultados idênticos (FRONZA, 2004)

Embora todos precisemos de água, isso não nos dá o direito de acesso a toda a água que quisermos utilizar. É preciso que a sociedade comece garantindo em primeiro lugar uma priorização adequada do acesso à água, que permita atender às necessidades essenciais da humanidade, assim como dos nossos ecossistemas. (SELBORNE,2001)

Na vida moderna, a água é de grande importância para os seres humanos pois, além de sua função básica que é saciar a sede, a água também é o habitat de muitos seres vivos, desde os microscópios aos de grande porte. Alguns desses podem ser vetores de doenças para o ser humano e a sua presença impede que a água seja utilizada para o consumo humano sem o devido tratamento. Os ciclos de energia física, química e biológica que engendram ou conservam as diferentes formas de vida nos ecossistemas naturais da Terra, em geral, e nos contextos antrópicos, em particular, estão intimamente ligados ao ciclo das águas (REBOUÇAS, 2011).

O desenvolvimento harmônico de todas estas atividades só é possível quando a disponibilidade dos recursos hídricos excede, significativamente, as demandas exigidas. À medida que a relação entre disponibilidade hídrica e demanda vai diminuindo, a probabilidade do surgimento de conflitos entre os diversos usuários dos recursos hídricos, bem como o surgimento de estresse ambiental, vai se tornando mais acentuada (MIERZWA, 2002).

Segundo MIERZWA (2002) a alteração entre a disponibilidade hídrica e a demanda de água pode ocorrer por fenômenos naturais, associados às condições climáticas de cada

região, o que pode ser um fator preponderante em determinados países do mundo e pelo crescimento populacional que acaba exercendo uma pressão cada vez maior sobre os recursos hídricos, seja pela demanda ou por problemas relacionados a poluição desses recursos, devido as atividades antrópicas.

Assim, com o aumento da população pode ocorrer uma diminuição global da disponibilidade hídrica, caso não se tome medidas no sentido de gerenciar o uso, da proteção destes recursos, dos processos de poluição e da degradação dos mananciais. No Brasil, a utilização dos recursos hídricos está associada a concessão de uma outorga de uso, onde as quantidades disponibilizadas para cada um dos usos são identificadas e quantificadas por um comitê gestor da bacia onde está localizado o empreendimento. No contexto da água como um recurso renovável pelo ciclo d'água, mas ao mesmo tempo escasso pela quantidade reduzida de água disponível para o consumo de forma direta, tem levado os governos a tratar o assunto com a preocupação necessária a situação atual e futura.

A disponibilidade de água no planeta ocorre nas suas diversas formas e em grande parte não está disponível para o consumo humano.

Segundo Shiklomanov (1993) a estimativa da distribuição de água no planeta é o mostrado no Quadro 3.1 e o conhecimento da distribuição de água é importante para compreender o balanço hídrico da Terra.

Quadro 3.1 – Estimativas das Reservas de água na Terra

	Área de Distribuição	Volume	Camada	Percentual da reserva global	
	10 ³ km ²	10 ³ km ³	(m)	do Total de Água	da Água Doce
Oceanos	361.300,000	1.338.000,00	3700,00	96,5379	
Lençóis freáticos	134.800,000	23.400,00	174,00	1,6880	
Água doce		10.530,00	78,00	0,7600	30,0610
Salina		12.870,00		0,9290	
Umidade do solo		16,50	0,2	0,0010	0,0470

Continuação – Quadro 3.1

	Área de Distribuição	Volume	Camada	Percentual da reserva global	
	10 ³ km ²	10 ³ km ³	(m)	do Total de Água	da Água Doce
Geleiras e permanentemente coberto por neve	16.227,000	24.064,10	1482	1,7360	68,6970
Antártica	13.890,000	21.600,00	1555	1,5580	61,6630
Groelândia	1.802,000	2.340,00	1298	0,1690	6,6800
Ilhas Árticas	226,000	83,50	369	0,0060	0,2380
Regiões Montanhosas	224,000	40,60	181	0,0030	0,1160
Gelo no solo/Pergelissolo	21.000,000	300,00	14	0,0220	0,8560
Reserva de água nos Lagos	2.058,700	176,40	85,7	0,0130	
Doce	1.236,400	91,00	73,6	0,0070	0,2600
Salina	822,300	85,40	103,8	0,0060	
Água subterrânea	2.682,600	11,47	4,28	0,0008	0,0330
Rios	148.800,000	2,12	0,014	0,0002	0,0060
Água biológica	510.000,000	1,12	0,002	0,0001	0,0030
Água atmosférica	510.000,000	12,90	0,025	0,0010	0,0370
Reserva total de água	510.000,000	1.385.984,61	2718	100,000	
Reserva total de água doce	148.800,000	35.029,21	235	2,527	100

Fonte: Shiklomanov, 1993

Com base nos dados do Quadro 3.1 a distribuição de água na terra pode ser melhor visualizada na Figura 3.1, conforme se depreende o percentual de água doce disponível no planeta é de apenas 2,527%, entretanto na forma líquida e na superfície da terra é de apenas 0,0072%.

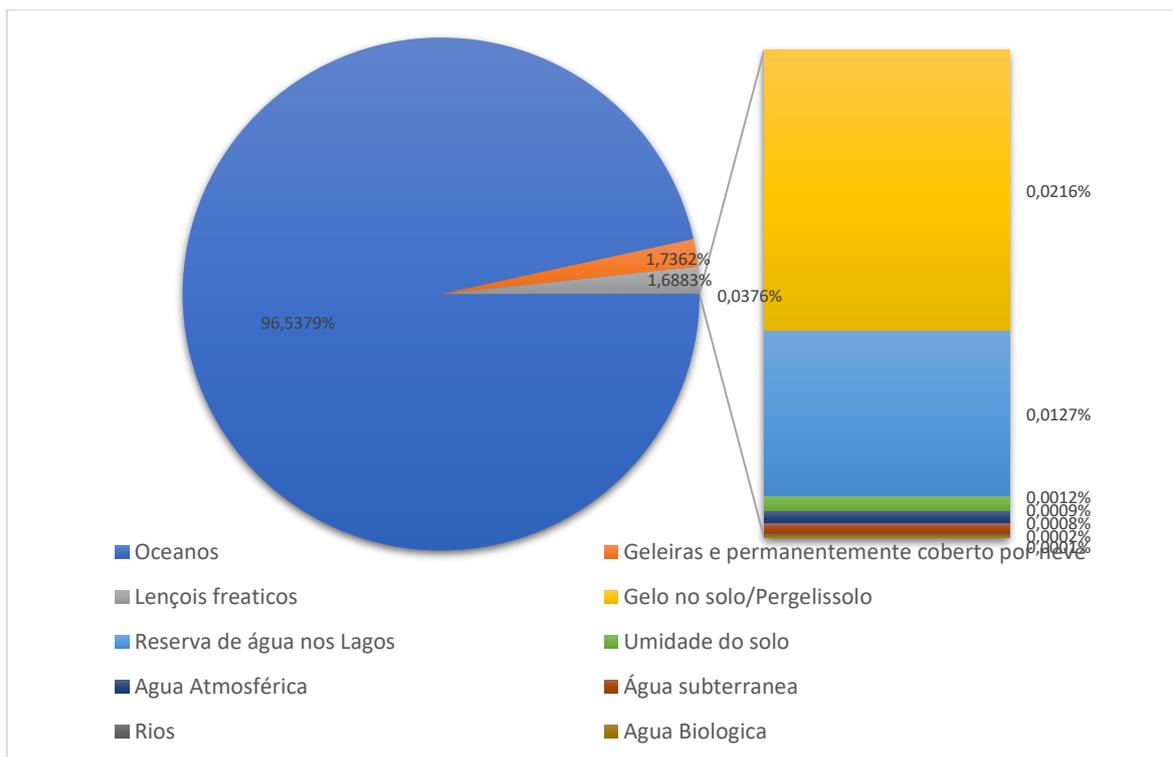


Figura 3.1 – Reservas de água na Terra

Fonte: o autor baseado em Shiklomanov,1993

3.2 O consumo de água

A distribuição aproximada do consumo de água ocorre da seguinte forma: 6% uso doméstico, 24% nas indústrias e 70% na agricultura (HÜBNER,2001). Essa distribuição pode ser melhor visualizada na Figura 3.2.

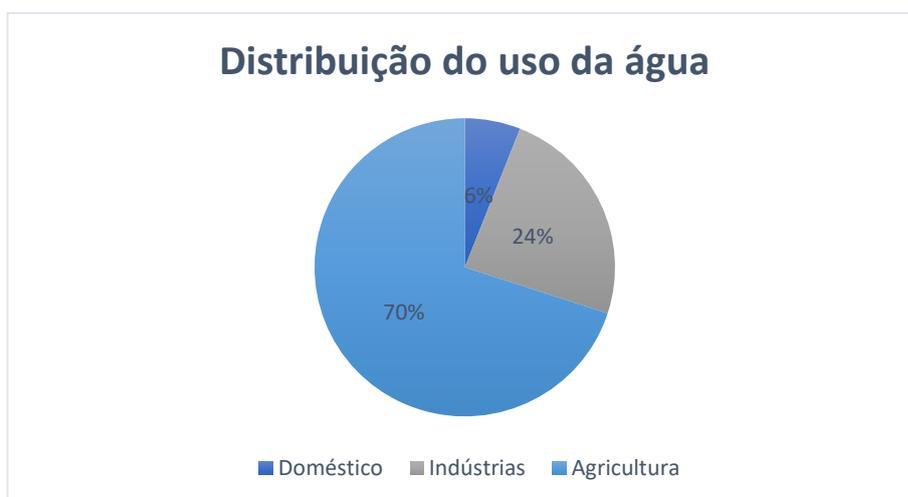


Figura 3.2 – Distribuição do uso da água

Fonte: o autor baseado em Hübner, 2001

3.3 O ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico é responsável pela movimentação da água em nosso planeta. Os fatores que impulsionam o ciclo hidrológico são a energia térmica solar, a força dos ventos, que transportam vapor d'água para os continentes, a força da gravidade responsável pelos fenômenos da precipitação, da infiltração e deslocamento das massas de água. Os principais componentes do ciclo hidrológico são a evaporação, a precipitação, a transpiração das plantas e a percolação, infiltração e a drenagem (TUNDISE,2003). O planeta tem um sistema fechado onde uma gota de água, já pode ter sido oceano, nuvem, geleira, rio, lagos e isso milhões de vezes. Segundo May (2003), o ciclo hidrológico funciona porque mais água evapora dos oceanos do que retorna a ele em forma de chuva, e esta diferença que cai nos continentes sob a forma de chuva ou neve é que torna a vida possível. A água, ao ser evaporada, não traz consigo as impurezas, mas necessita que haja alguma impureza na atmosfera para que retorne na forma de chuva. A Figura 3.3 mostra o ciclo hidrológico.

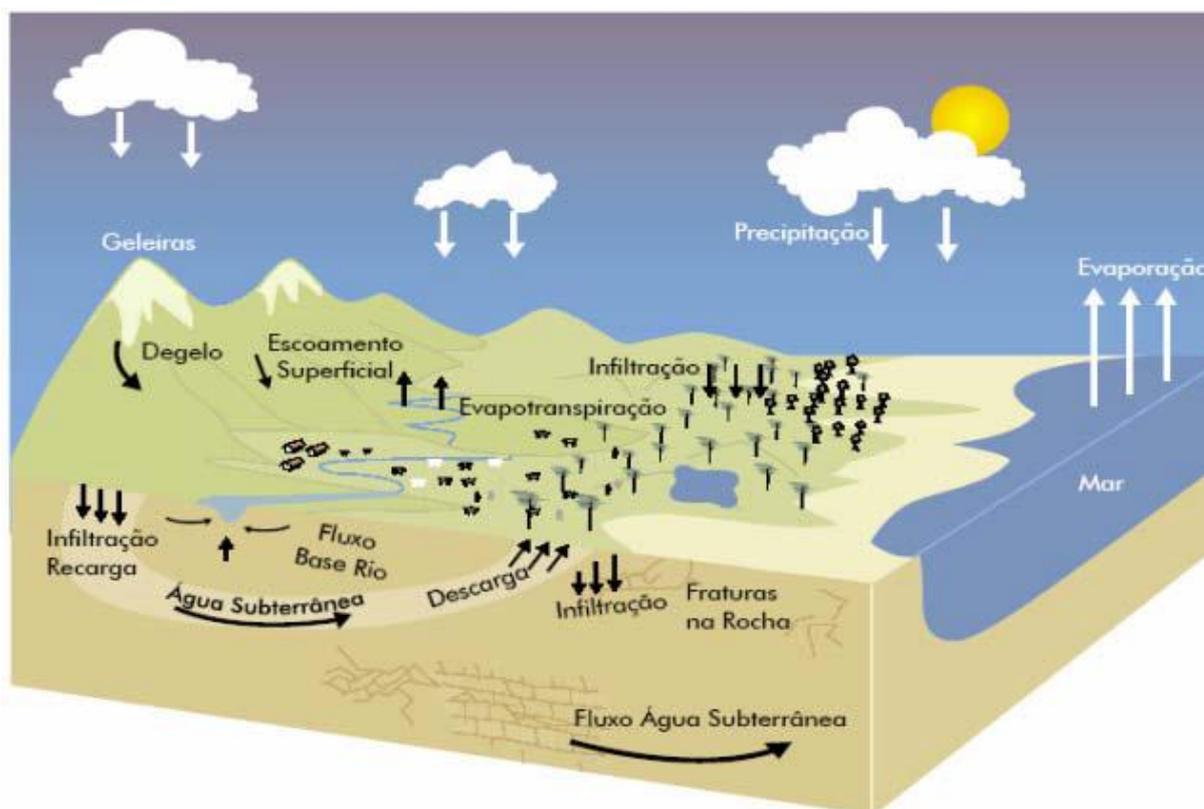


Figura 3.3 – Ciclo hidrológico

Fonte: MMA,2007 apud FREIRE e OMENA, 2009

Segundo Freire e Omena (2009) o processo desse ciclo se dá a partir da radiação solar e do metabolismo dos seres vivos (evapotranspiração), os quais fornecem energia para

elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera (evaporação). Somando-se este processo à força da gravidade, a água condensada nas nuvens se precipita (precipitação). Uma vez na superfície terrestre a água perpassa pelo solo e circula através de linhas de água que se reúnem em córregos e rios até atingir os oceanos (escoamento superficial) ou se infiltra nos solos e nas rochas entre os poros, através dos seus poros, fissuras e fraturas (escoamento subterrâneo).

Ainda segundo Freire e Omena (2009) o Ciclo Hidrológico pode ser sintetizado em:

- A evapotranspiração;
- A evaporação;
- A precipitação;
- O escoamento superficial; e
- O escoamento subterrâneo

3.4 Variabilidade e vulnerabilidade climática do Agreste pernambucano.

O clima do Agreste de Pernambuco é considerado semiárido e apresenta em média índice de precipitação acumulada inferior a 600mm/ano (MARENGO et al.,2011).

Segundo Jenkins et al. (2005) o sistema climático terrestre é bastante complexo e difícil de ser compreendido pelos cientistas que o estudam quanto a magnitude, escala de tempo e impactos das mudanças climáticas em decorrência do aquecimento global. O planeta todo sofrerá com tais mudanças, mas certamente as populações mais pobres, dos países mais vulneráveis, são as mais suscetíveis aos seus impactos negativos.

A região Agreste de Pernambuco está enquadrada nesta configuração e a história tem mostrado o quanto é vulnerável. A vulnerabilidade a que está exposto o Agreste Pernambucano em decorrência da variabilidade climática leva a um Quadro de arrasamento de lavouras, aniquilamento da pecuária, desemprego e fome. O principal problema está relacionado a distribuição irregular das chuvas do que propriamente com a falta das mesmas, e aliado a outros fatores, como baixa capacidade de retenção de água pelo solo e elevada taxa de evaporação só agravam o problema.

Segundo Marengo et al. (2011) no semiárido brasileiro essa variabilidade climática, em particular as relacionadas à seca, sempre é sinônimo de agruras para as populações rurais do interior da região e tem sido objeto de preocupação da sociedade e de setores do governo,

ao longo dos anos. Segundo o mesmo autor eventos climáticos intensos associados à degradação do solo podem levar a cenários de desertificação.

Segundo Santos e Brito (2007) no semiárido brasileiro, a precipitação é uma variável determinante das condições do clima local, bem como, da sua variabilidade e de mudança ao longo prazo.

3.5 Usos da água para processos industriais

Na indústria, segundo Hübner (2001), o consumo de água corresponde a 24% de todo o consumo global. Na maioria das indústrias apenas um pequeno percentual desse valor necessita ter padrão de potabilidade. A quantidade maior é utilizada na limpeza, no resfriamento, na rega de jardins, lavagens, descargas sanitárias, entre outros, e para esses fins não é necessário que a água apresente padrão de potabilidade.

No setor industrial a qualidade da água a ser utilizada é determinada pelo processo que será realizado, sendo comum na maioria das indústrias haver duas ou mais fontes de água com qualidades distintas. Um exemplo é a utilização de uma entrada de água bruta, não potável e uma entrada de água tratada potável.

O ramo de atividade da indústria, o qual define as atividades desenvolvidas na mesma, determina o grau de qualidade da água a ser utilizada, ressaltando-se que em uma mesma indústria podem ser utilizados vários tipos de água, com diferentes níveis de qualidade (FRONZA, 2004).

Segundo Hübner (2001), a água é um elemento fundamental para a maioria das indústrias, onde é utilizada principalmente nos processos de transferência de calor (aquecimento e resfriamento), processos de lavagem ou mesmo como matéria prima para diversos produtos como bebidas, medicamentos etc.

Na área industrial a criação de legislação específica sobre o uso da água e o tratamento dos efluentes tem se mostrado uma forma de amenizar os efeitos da disponibilidade d'água. Cada indústria tem uma necessidade de água inerente ao seu processo produtivo. As principais legislações que regulam o uso da água foram desenvolvidas a fim de possibilitar o uso múltiplo das águas.

A Lei nº 9.433/1997, BRASIL (2005), também conhecida como “Lei das Águas”, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de

Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Segundo a Lei das Águas, a Política Nacional de Recursos Hídricos tem seis fundamentos:

- A água é um bem de domínio público;
- É um recurso natural limitado;
- É um recurso dotado de valor econômico.
- A gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas, de forma descentralizada e participativa, contando com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades;
- Em situações de escassez o uso prioritário da água é para o consumo humano e para a dessedentação de animais;
- A bacia hidrográfica é a unidade de atuação do SINGREH e de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos.

A fim de regular o uso no âmbito de cada bacia foram criados os comitês de bacia e os órgãos com o poder de dar a outorga de uso da água. Para bacias sob a jurisdição da União a atribuição fiscalizadora e reguladora é da Agência Nacional de Águas (ANA).

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos e tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos. No âmbito Federal compete à ANA outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União, bem como emitir outorga preventiva. Também é competência da ANA a emissão da reserva de disponibilidade hídrica para fins de aproveitamentos hidrelétricos e parques aquícolas e sua consequente conversão em outorga de direito de uso de recursos hídricos. A ANA também faz a análise técnica de solicitações de Certificados de Sustentabilidade de Obras Hídricas – CERTOH.

No âmbito estadual a regulação, fiscalização e outorga se dá por agências estaduais. No Estado de Pernambuco, a outorga pode ser dada pela Agência Pernambucana de Recursos Hídricos - CPRH e pela Agência Pernambucana de Águas e Climas - APAC, dependendo do uso da água.

3.6 Captação de águas pluviais para fins industriais

Como primeira vantagem que se pode pensar em um sistema de aproveitamento de água de chuva é a diminuição do valor da fatura de água, seja ela bruta ou tratada, uma vez

que ocorre uma diminuição da quantidade de água utilizada da rede de água pública (BERTOLO, 2005), contribuindo assim para a sustentabilidade ambiental com uma atitude positiva e favorável em relação a escassez de água e possibilitando que a água da rede pública cumpra melhor seu papel social. Outra vantagem é o controle de inundações em ambientes urbanos diminuindo o escoamento superficial através do armazenamento das águas (BERTOLO, 2005; OLIVEIRA, 2008).

Como desvantagens, segundo Bertolo (2005), Oliveira (2008) e Tomaz (2003), está o fato do sistema de aproveitamento de água de chuva depender da variabilidade temporal das precipitações, do sistema de armazenamento necessário a dar uma segurança operacional, do tratamento a ser implementado em função do uso a que se destina, a aceitabilidade pelos usuários e no investimento, significativo, com a implantação, além do custo com a manutenção do sistema. Os critérios de qualidade para o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis são baseados em requisitos de usos específicos, em considerações estéticas e ambientais e na proteção da saúde pública (Ramos, 2005).

Fazendo-se um balanço relativo às vantagens e desvantagens do aproveitamento de água de chuva, foi possível identificar que há indicativos que o sistema possui amplas qualidades podendo ser utilizado como um meio de gerir a escassez de água, contribuindo de fato para uma redução do consumo, havendo viabilidade econômica e ambiental para a implementação do sistema de aproveitamento.

Na indústria cerâmica a água é introduzida para dar trabalhabilidade a argila e cerca de 8% do peso bruto da peça é de água e que é eliminada no processo de queima da cerâmica.

As indústrias cerâmicas geralmente estão instalados em grandes galpões e toda essa área de coberta pode ser utilizada para a captação da água das precipitações pluviométricas e utiliza-las no período das chuvas e em parte do período de estiagem.

3.7 Qualidade das águas pluviais

O padrão de qualidade da água admissível varia de acordo com o uso, a Portaria MS nº 2914 de 2011, BRASIL (2011), define os parâmetros de qualidade para o consumo humano e de potabilidade.

A Resolução 357/2005, BRASIL (2005), do CONAMA alterada pelas Resoluções 410/2009, BRASIL (2009) e 430/2011, BRASIL (2011) em seu paragrafo II – classifica os corpos de água segundo a qualidade de água e o uso a que se destinam.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para desenvolvimento inicial do trabalho, realizou-se pesquisa bibliográfica e documental (GIL, 2008) que consistiu na leitura e discussão de artigos científicos e técnicos, bem como dissertações e teses, além de normas técnicas brasileiras. Um levantamento documental também foi realizado a partir de materiais e relatórios de instituições privadas. Também foi realizado um estudo de caso de maneira a permitir o estudo detalhado de maneira aprofundada do tema.

4.1 Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em uma indústria cerâmica localizada no município de Caruaru (Figura 4.1), no Estado de Pernambuco. Esta fica localizada na mesorregião Agreste e na Microrregião do Vale do Ipojuca, limitando-se a norte com Toritama, Vertentes, Frei Miguelino e Taquaritinga do Norte; a sul com Altinho e Agrestina; a leste com Bezerros e Riacho das Almas; e a oeste com Brejo da Madre de Deus e São Caitano. A área municipal ocupa 920,611 km² e representa 0,94 % do Estado Pernambucano. A sede do município tem uma altitude aproximada de 554 metros e coordenadas geográficas de 08°17'00" de latitude sul e 35°58'34" de longitude oeste, ficando a uma distância de 140,7 km da cidade do Recife.

Localizada na bacia do rio Ipojuca, o município é o segundo maior em área (CONDEPE/FIDEM, 2005) com clima semiárido. De acordo com Silva et al. (2015) o clima pode ser caracterizado como sazonal, com precipitação média anual de 680 mm e temperatura mínima e máxima em torno de 11°C e 38 °C, respectivamente. Os autores ainda indicam a ocorrência do período chuvoso entre maio e agosto. Contudo, é importante mencionar que através de índices analisados por Nóbrega et al. (2015) ficou evidenciado que a precipitação na região do Agreste está concentrada em curto período de tempo.

O Figura 4.1 mostra a localização do município de Caruaru em relação ao Estado de Pernambuco e do Brasil.

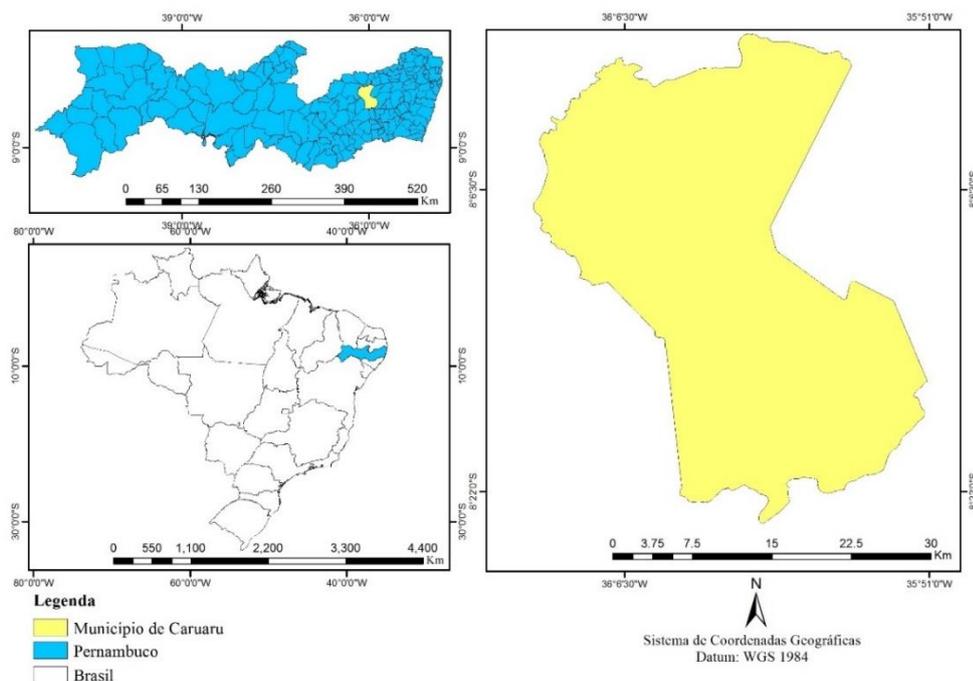


Figura 4.1 – Localização do município de Caruaru-PE

O Quadro 4.1 mostra as normais climatológicas de Caruaru para a precipitação acumulada mensal e anual, temperatura máxima, temperatura mínima e evaporação total.

Quadro 4.1 Normais Climatológicas de Caruaru

Normais Climatológicas de Caruaru 1961-1990				
Estação Caruaru - código 82895 - PE				
Mês/Ano	Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Evaporação Total - Evaporímetro de Piché (mm)
Janeiro	63,1	19,7	29,7	140,7
Fevereiro	35,0	19,8	30,0	126,0
Março	97,6	20,1	29,3	119,5
Abril	116,0	20,0	28,4	92,1
Maiο	80,2	19,3	27,1	86,4
Junho	115,7	18,4	25,4	69,1
Julho	134,7	17,3	24,4	69,7
Agosto	45,5	17,4	25,4	86,8
Setembro	25,2	17,9	26,8	110,0
Outubro	11,4	18,6	29,1	152,6
Novembro	9,6	19,3	30,1	167,3
Dezembro	30,1	19,6	30,4	172,8
Anual	764,1	17,3	30,4	1393,0

Fonte: Ramos et al., 2009.

De acordo com a Köppen-Geiger a classificação do clima de Caruaru é BSh, Clima quente de estepe. Durante o ano existe pouca pluviosidade, o mês mais chuvoso é julho e o mais seco é novembro.

4.2 Estudo de caso

Selecionou-se para a pesquisa uma indústria de cerâmica vermelha para construção civil, por esta requerer elevada quantidade de água no processo de preparação da massa de argila. O setor selecionado para estudo de viabilidade e aplicação de um projeto de captação de águas pluviais possui grande relevância para a economia de Caruaru, sendo um indicador da atividade econômica da região. Para tal foi realizado levantamento das indústrias cerâmicas de Pernambuco certificadas pelo Programa Setorial de Qualidade (PSQ) (Quadro 1), localizadas no Agreste Pernambucano. Este procedimento foi necessário visto que para a realização de um estudo dessa dimensão a empresa deveria contar com um nível de organização processual e qualidade no processo de fabricação. Além de atender a estes requisitos, buscou-se uma empresa que permitisse a realização da pesquisa científica e que aceitasse os custos da aplicação do projeto.

Quadro 4.2 – Empresas qualificadas pelo PSQ-TC/PSQ-BC no estado de Pernambuco no ano de 2016

EMPRESAS	PRODUTOS			LOCALIDADE
	BLOCO DE VEDAÇÃO	BLOCO ESTRUTURAL	TELHAS	
Agroindustrial Barro Forte	X	-	-	Belo Jardim
Cerâmica Buenos Aires	X	X	-	Buenos Aires
Cerâmica G.E. Teobaldo Mateus – ME	X	-	-	Paudalho
Cerâmica JBC	X	-	-	Paudalho
Mário Henrique de Mattos e Silva Ltda (Cerâmica Bom Jesus)	X	X	-	Paudalho
Cerâmica Nsa. Senhora de Fátima – EPP	X	-	-	Paudalho
Indústria de Cerâmica Kitambar Ltda (Cerâmica Kitambar)	X	X	X	Caruaru
Cerâmica São José LTDA – EPP	X	X	-	Paudalho
Cerâmica Araçá LTDA – EPP	X	-	-	Timbaúba

Continuação do Quadro 4.2				
Cerâmica Alto do Belém Ltda (Cabel)	X	-	-	Paudalho
Porto Seguro Produtos Cerâmicos Ltda – ME (Cerâmica Porto Seguro)	X	-	-	Paudalho
Cerâmica Elsa LTDA – ME (Cerâmica Elsa)	X	-	-	Ribeirão
Cerâmica Porto Nassau LTDA – ME	X	-	-	Rio Formoso
Cerâmica Itapuã LTDA – EPP	X	-	-	Paudalho
Cerâmica Campo Alegre LTDA	X	X	-	Lagoa Do Carro
Rosemberg de Andrade Vasconcelos – EPP	X	-	-	Nazaré Da Mata
Cerel Cerâmica Recanto LTDA – EPP	X	-	-	Nazaré Da Mata
M A de Moraes- Artefatos Cerâmicos – EPP	X	-	-	São Caitano
Cerâmica Chã de Capoeira LTDA – EPP (Cerâmica Chã de Capoeira)	X	X	-	Paudalho
Josileide Oliveira Alves – ME (Cerâmica João de Barro)	X	-	-	São Caitano
Everaldo L Silva Lajendense – ME (Cerâmica Lopes)	X	-	-	Lajedo
Oliveira Cavalcanti LTDA – EPP (Cerâmica Santa Inês)	X	-	-	Vicência

Fonte: Adaptado de Anicer (2016)

A indústria cerâmica Kitambar está em funcionamento desde 1976 e possui duas unidades de produção. Sua primeira unidade encontra-se no município de Tacaimbó, contudo houve uma ampliação em 1986 para uma outra situada em Caruaru. A indústria localizada em Caruaru possui área construída de aproximadamente 9700 m², dividida em área de produção e área administrativa. A capacidade de produção mensal da empresa é de 1.000.000 telhas e 1.500.000 blocos por mês. Em relação a sustentabilidade, a empresa já possui outras iniciativas, como a utilização de madeira de reflorestamento para queima nos fornos, projeto que garantiu a possibilidade de participar do programa de créditos de carbono da Sustainable Carbon.

A empresa é filiada à Associação Nacional das Indústrias de Cerâmica Vermelha (ANICER) e ao Sindicato da Indústria de Cerâmica Vermelha para Construção Civil do Estado de Pernambuco (SINDICER-PE), sendo certificada pelo Programa Setorial de Qualidade (PSQ). Os produtos gerados pela indústria são ensaiados com a regularidade exigida pelo programa, estes são realizados por um laboratório qualificado e acreditado.

Para a divulgação do processo de captação entre os funcionários utilizou-se de recursos comuns do cotidiano regional e para isso uma cartilha no formato de cordel foi o elemento escolhido. Segundo FARIAS (2011), a musicalidade do cordel pode ser usada como um recurso pedagógico de aprendizagem.

4.3 Análise pluviométrica do município de Caruaru

Foi realizado um levantamento e análise de dados pluviométricos a partir de estações localizadas no município de Caruaru. O levantamento foi realizado através do monitoramento pluviométrico da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). O município conta com 10 postos pluviométricos. Para análise das séries de dados de precipitação, dos meses chuvosos e tendência de aumento ou diminuição de chuvas, foi utilizado o software ClimAp de uso livre que possui interface gráfica e foi desenvolvido na linguagem Python por Salvador (2014). Dessa forma, verificou-se a média histórica mensal de chuva, além das médias trimestrais, precipitação total anual e análise de tendência.

4.4 Levantamentos do consumo de água da empresa

Foi realizado um acompanhamento do processo produtivo buscando-se identificar todas as etapas em que há consumo de água. Além disso, foi observado se havia pontos de perda de água ou uso ineficiente da água. Esse processo se deu através de um mapeamento das atividades da empresa com indicação qualitativa do uso da água em pequena, média e elevada. A medição quantitativa da água utilizada não foi possível devido a necessidade de outros instrumentos de medição. Para complementação das informações coletadas foram realizadas entrevistas junto a alta administração e gerência, buscando-se levantar um consumo hídrico histórico pela empresa.

4.5 Avaliação da capacidade de captação de água de chuva

A análise da capacidade de captação das águas pluviais pela indústria estudada ocorreu através do estudo e levantamento de algumas informações dimensionais da estrutura física e das características pluviométricas da região, previamente identificadas. Com relação a estrutura da indústria, através de medições de campo e imagens de satélite do Google Earth, foram identificadas as áreas dos telhados de interesse, declividade do terreno e tipo de telhado utilizado. Estas características influenciam na capacidade de captação de águas da chuva.

4.6 Cálculo da captação da água de chuva

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007) o cálculo da capacidade de captação é realizado através da seguinte equação.

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}}$$

Onde V (L) é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável; P (mm) é a precipitação média anual, mensal ou diária; A (m²) é a área de captação; e C é o

coeficiente de escoamento superficial da cobertura (run off); $\eta_{\text{fator de captação}}$ é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e o desvio de escoamento inicial, caso seja utilizado.

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) a vazão de dimensionamento das estruturas é dada pela seguinte equação.

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

onde: Q (L/min) é a vazão de projeto; I (mm/h) é a intensidade pluviométrica; A (m²) é a área de captação.

O valor I corresponde a uma chuva de duração de 5 minutos com um tempo de recorrência de 25 anos. Este valor pode ser obtido através da equação de chuva intensa da região onde será implantado o aproveitamento de água pluvial. Na NBR 10844 (ABNT, 1989) também é indicado os valores de chuvas intensas com duração de 5 minutos e tempo de retorno de 1, 5 e 25 anos para algumas localidades do Brasil, sendo recomendado o tempo de recorrência de 25 anos para o dimensionamento de obras de captação de água de chuva.

Para Pernambuco pode-se, para fins de projeto de dimensionamento dos elementos, utilizar a curva IDF, proposta por Tucci (2004) e com os fatores a, b, c e d determinados por Coutinho et al. (2010) segundo a seguinte equação.

$$I = \frac{a.TR^b}{(t+c)^d}$$

em que I (mm/h) é a intensidade da chuva, TR (anos) é o tempo de retorno da chuva, t (min) é a duração e a, b, c e d são fatores determinados a partir dos dados históricos das precipitações em uma determinada região.

Os Quadros 4.3 e 4.4 mostram os parâmetros obtidos por Coutinho et al.,(2010).

Quadro 4.3 – Parâmetros das Equações de Chuvas Intensas Método de Bell

Parâmetros da equação de chuvas intensas				
Estação	A	b	C	d
Vitória	244,7464	0,2129	2,830539	0,558033
Caruaru	228,02	0,2129	2,830777	0,558067
Petrolina	288,87	0,2079	3,927195	0,579933

Pesqueira	324,77	0,2131	4,099618	0,582017
Araripina	332,6376	0,2129	4,095983	0,581917
Recife	362,7199	0,2129	4,121821	0,5824

Fonte: Coutinho et al. (2010)

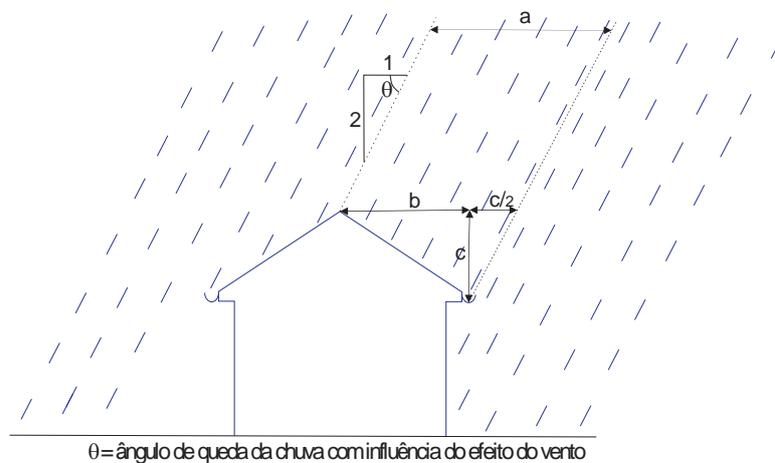
Quadro 4.4 – Parâmetros das Equações de Chuvas Intensas Método das RD.

Parâmetros da equação de chuvas intensas				
Estação	A	b	c	D
Vitória	447,3995	0,2426	3,797474	0,7483
Caruaru	445,0122	0,2586	3,797447	0,7483
Petrolina	475,18	0,2023	4,141275	0,7527
Pesqueira	497,4	0,2398	4,141274	0,7527
Araripina	550,34	0,1956	4,139872	0,752683
Recife	662,83	0,2522	3,797507	0,7483

Fonte: Coutinho et al. (2010)

4.7 A área de captação

A área de captação, no caso de cobertura é calculada conforme definido pela NBR 10844 (ABNT, 1989), onde é levado o efeito do vento de forma a maximizar a área de captação (Figura 4.2).



θ = ângulo de queda da chuva com influência do efeito do vento

Figura 4.2 – Esquema da

intercepção da água da chuva pelo telhado

Fonte: baseado na NBR 10844, ABNT (1989)

Para tal, o cálculo da área de coleta foi realizado de acordo com o formato do telhado nas diferentes áreas da indústria. A estrutura é composta por um conjunto de galpões de duas águas unidos entre si por calhas de águas furtadas.

Em cobertas com superfície inclinada (Figura 4.3) a área de captação é obtida pela seguinte equação.

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

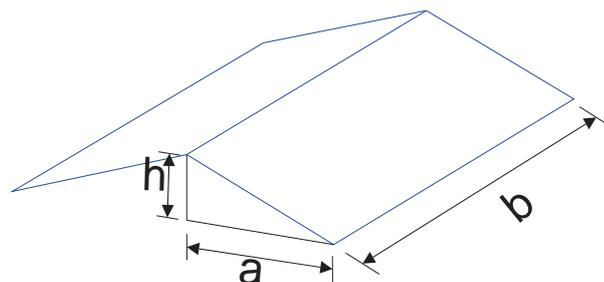


Figura 4.3 – Coberta com superfície inclinada

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

4.8 Coeficiente de escoamento (Runoff) das cobertas, fator de captação da equação (C).

Segundo a NBR 15527, ABNT (2007) o coeficiente de escoamento (Runoff) representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado e varia conforme a superfície, geralmente é designado pela letra (C).

Segundo Tomaz (2009), os coeficientes médios para os telhados são os mostrados no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Coeficiente de Runoff médios

Material	Coeficiente de Runoff
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, 2009

Para o tipo de cobertura encontrado na indústria cerâmica adotou-se o coeficiente do cimento amianto, apesar de que este tipo de material ter tido o seu uso descontinuado no Brasil as telhas de fibrocimento possuem características semelhantes.

4.9 Determinação dos tipos de calhas

Partindo do telhado e havendo uma borda, o primeiro elemento que se tem é a calha. Esta é o elemento que reúne a chuva que é interceptada pela área de coleta. Em áreas planas e onde não se possa instalar uma calha a água pode ser coletada por drenos instalados na área. Em seguida essa água é conduzida através de condutos verticais que desagüam em condutos horizontais e estes conduzem a água até o reservatório. Outros elementos também compõem o sistema de coleta como caixas de inspeção, sistema de descarte de detritos, sistema de descarte das águas de lavagem da área de captação.

As calhas podem ter o formato de U, de V, semicircular e retangular. De acordo com a sua instalação podem ser de beiral, de águas furtadas e de platibanda. Na Figura 4.4 tem-se a ilustração dos tipos encontrados na área em estudo.

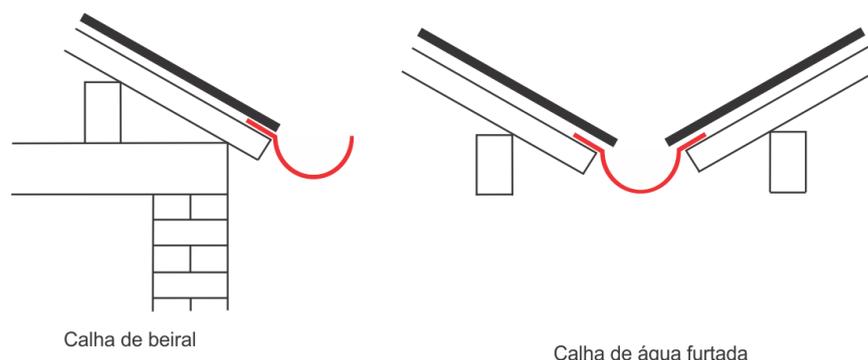


Figura 4.4 – Tipos de calhas

Fonte: o autor

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) diversos materiais podem ser utilizados para a fabricação das calhas para a condução de águas pluviais entre estes: aço galvanizado, folhas de flandres, cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria. Na indústria em estudo a estrutura das calhas foram confeccionadas de alumínio.

As calhas utilizadas no projeto foram dimensionadas pela fórmula de Manning-Strickler dada pela equação 9:

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

$$R_H = S/P ;$$

onde: Q (L/min) é vazão da calha; S (m²) é área molhada; R_H (m) é o raio hidráulico; P (m) é o perímetro molhado; i (m/m) é a declividade da calha; n é o coeficiente de rugosidade; e K é o coeficiente para transformar a vazão de m³/s para L/min, sendo portanto 60000.

A NBR 10844 (ABNT, 1989) indica os seguintes coeficientes de rugosidade indicados no Quadro 4.5.

Quadro 4.6 – Coeficientes de rugosidade

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

Materiais	Coeficiente de rugosidade (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

A declividade das calhas de beiral e de platibanda, segundo NBR 10844 (ABNT, 1989), devem ter declividade mínima de 0,5%. Já nas calhas de águas furçadas a declividade é definida pelo projeto do telhado.

4.10 Dimensionamento de condutos verticais

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) os condutos verticais podem ser montados externamente e internamente a edificação e sempre que possível o projeto deve contemplar uma única prumada. Caso não seja possível, devem ser usadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°. Nos condutos verticais deve-se sempre prever elementos para a inspeção. Nos sistemas de captação de água pluvial, principalmente quando estes estão instalados externamente à edificação, no conduto vertical deve ser instalado dispositivo automático para descartar folhas e detritos proveniente das cobertas.

Para o dimensionamento dos condutos verticais considerou-se os seguintes parâmetros:

Q (L/min) = Vazão de projeto;

H (mm) = altura da lâmina de água na calha;

L (m) = comprimento do condutor vertical;

Com os parâmetros definidos foi possível utilizar os ábacos (Figura 4.5 e 4.6), definidos na norma NBR 10844 (ABNT, 1989) para a determinação de diâmetros internos de condutores verticais.

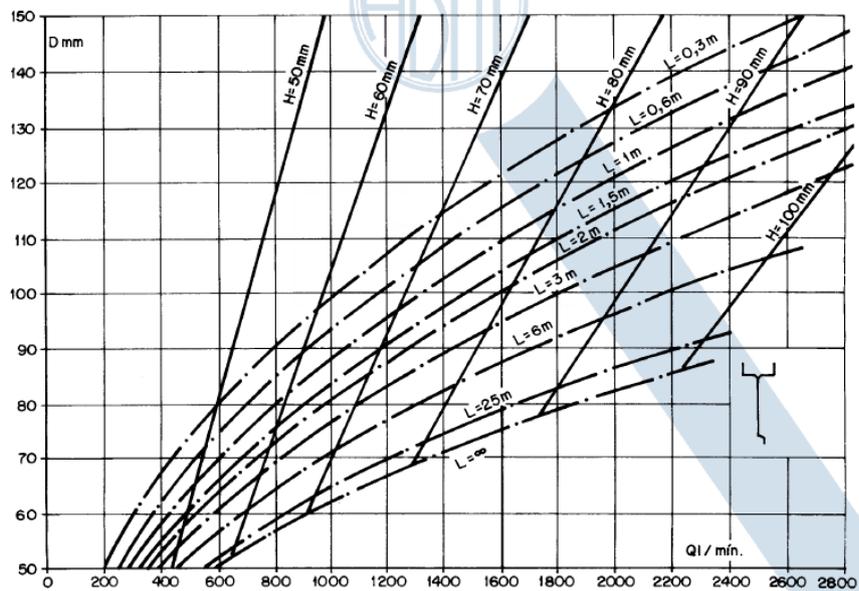


Figura 4.5 – Ábaco para a determinação de condutos verticais em calhas com funil de saída

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

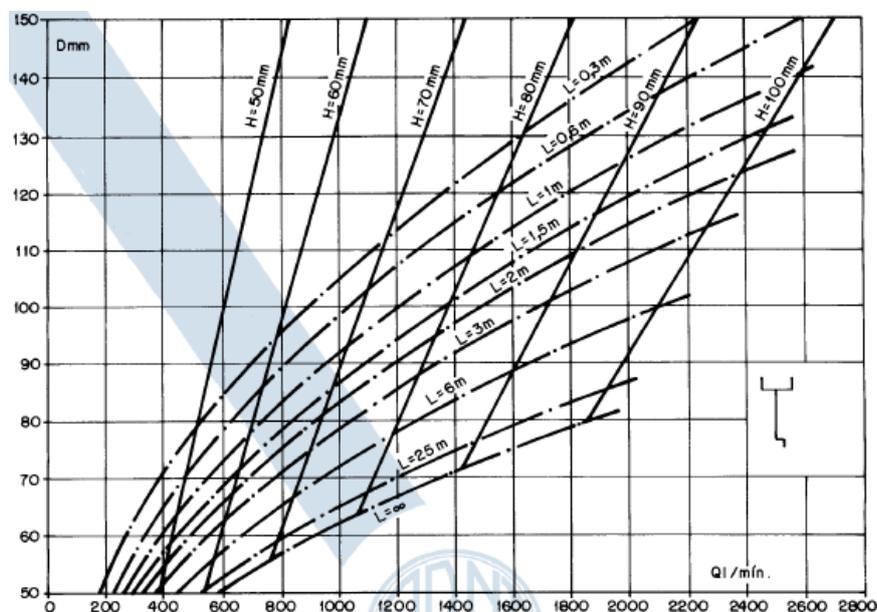


Figura 4.6 – Ábaco para a determinação de condutos verticais em calhas com aresta viva

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

4.11 Dimensionamento do sistema de recalque

Para se estimar o diâmetro da tubulação de recalque utilizou-se duas fórmulas, a fórmula de Bresser para quando o sistema funciona continuamente e a fórmula Forchheimer para o dimensionamento das linhas de recalque de bombas que funcionam apenas algumas horas por dia. A fórmula de Bresser é mostrada a seguir.

$$D = K \times \sqrt{Q}$$

Onde D é o diâmetro, dado em metros, Q é a vazão, em m³/s e K é uma constante que depende da velocidade do recalque. De um modo geral K varia de 0,7 a 1,5. Por isso, sempre que se partir de um valor médio de K, a solução obtida será aproximada (AZEVEDO NETTO, 1989).

Já a fórmula de Forchheimer é descrita pela seguinte equação:

$$D = 1,3 \times X^{\frac{1}{4}} \times \sqrt{Q}$$

onde: X é a relação entre o número de horas de funcionamento diário do conjunto elevatório e 24 horas e Q é a vazão em m³/s.

Um esquema geral de um sistema elevatório pode ser observado na Figura 4.7.

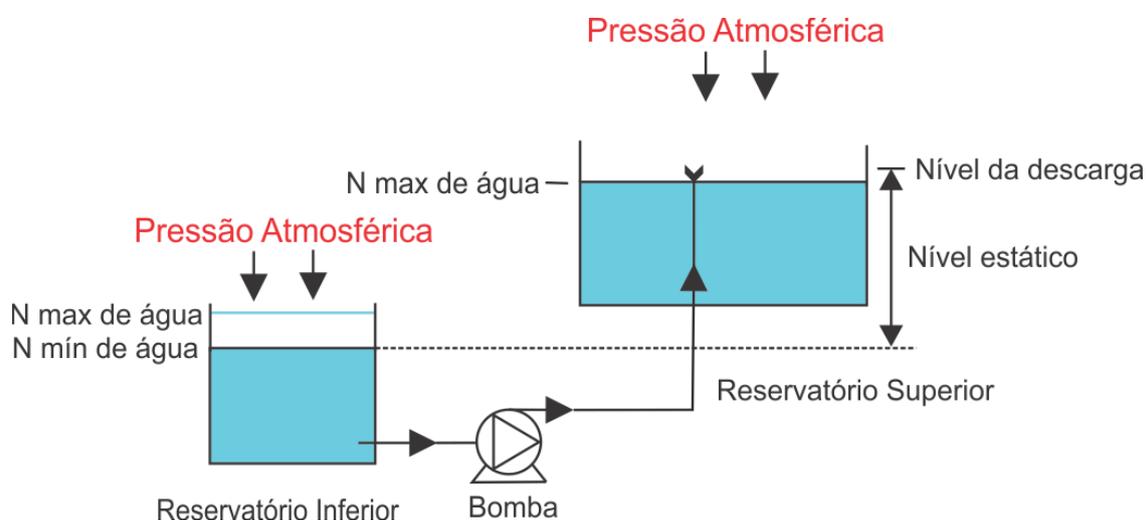


Figura 4.7 – Esquema de um sistema elevatório.

Fonte: adaptado de MILNES, 2017

A curva característica de uma adutora relaciona vazão e altura manométrica e facilita a solução de grande número de problemas de recalque.

$$H_{man} = H_g + h_f \rightarrow h_f = JL + \sum \Delta h$$

Expressando em função da vazão:

$$H_{man} = H_g + rQ^n$$

onde: H_{man} (m) é a altura manométrica; H_g (m) é a altura geométrica total ; H_f (m) é a perda de carga total; r é a constante para cada adutora (varia com o envelhecimento da tubulação); Q é a vazão; e n é o coeficiente (atribui-se 2 caso a fórmula para a determinação da perda de carga seja a universal ou 1,85 quando se utiliza Hazen-Williams).

4.12 Dimensionamento da Reservação.

Para que o sistema tivesse um funcionamento com segurança foi necessário projetar uma área de reservação para suprir os dias com a falta de chuva. Para o cálculo da reservação necessária foram utilizados dados de chuva dos últimos 10 anos (2005 a 2015) da estação pluviométrica do IPA, situada em Caruaru. Para o cálculo do volume de reservação foi utilizado o Método de Rippl, conforme faculta a NBR 15527 (ABNT, 2007), estimando-se o volume de água no reservatório e o volume de chuva aproveitável para um determinado tempo. Neste método podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias e foram utilizadas as equações descritas a seguir:

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

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

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0$$

Sendo que:

$$\sum D < \sum Q$$

onde $S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t ; $Q(t)$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ; D é a demanda ou consumo no tempo t ; $P(t)$ é a precipitação no tempo t ; C é o coeficiente de escoamento superficial; A é a área de captação; e V é o volume do reservatório; C é o coeficiente de escoamento superficial.

Para determinar a confiança do sistema utilizou o método prático australiano também constante na NBR 15527 (ABNT, 2007). Em que o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I)$$

onde: C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80; P é a precipitação média mensal; I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente utiliza-se 2 mm; A é a área de coleta; e Q é o volume mensal produzido pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório, utilizando-se a equação abaixo:

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

onde: Q_t (L) é o volume mensal produzido pela chuva no mês t; V_t (L) é o volume de água que está no tanque no fim do mês t; V_{t-1} (L) é o volume de água que está no tanque no início do mês t; e D (L) é a demanda mensal.

Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando $V_{t-1} + Q_t - D < 0$, então o $V_t = 0$

O volume do tanque (T) escolhido será o somatório de V_t . Conforme equação abaixo.

$$T = \sum V_t$$

Verifica-se a necessidade de se conhecer o nível de confiança ou de falha de um sistema. Sabendo-que o custo de construção também tem relação com a confiança do sistema. Deve-se encontrar um nível adequado que garanta segurança, atenda às necessidades do sistema e tenha um custo-benefício de acordo com a aplicação para a atividade fim. Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90 % e 99 %. Assim, para estimativa do grau de confiança do sistema a ser dimensionado utilizou-se as equações abaixo:

$$Pr = Nr / N$$

$$\text{Confiança} = (1 - Pr)$$

onde: Pr, é a falha; Nr, é o número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda (isto é, quando $V_t = 0$); e N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses.

4.13 Custos da implantação do sistema e tempo de retorno do investimento

Visando identificar o custo individual de todos os itens necessários para a execução do projeto, foi realizado uma coleta com os valores dos serviços praticados em Pernambuco no ano de 2016, o que possibilitou realizar um orçamento estimativo de custo, conforme Quadro 4.7.

Quadro 4.7 – Relação de Preços Unitários

Item – descrição	Unidade	Preço Unitário
Limpeza Manual	m ²	2,80
Locação da Obra	m ²	6,66
Sondagens	m	48,42
Escavação mecânica	m ³	8,85
Aterro Compactado	m ³	36,71
Carga e Transporte de terra	m ³	2,96
Momento de transporte	m ³ xkm	1,88
Lastro de concreto magro	m ³	363,49
Continuação do Quadro 4.7		
Item – descrição	Unidade	Preço Unitário
Concreto Usinado fck= 25 MPA c/ lançamento	m ³	426,01
Ferro CA- 50	kg	5,79
Forma de tabua	m ²	47,22
Emboço	m ²	39,78
Tubo concreto 0,40 descarga fornecimento e assentamento	m	43,58
Tubos de descida 100mm	m	12,75
Escavação mecânica de vala	m ³	8,85
Tubos PVC DEFOFO 100mm	m	25,67
Tubos PVC 400mm	m	174,76
Impermeabilização com membrana asfalto	m ²	8,80
Bomba centrífuga até 10HP	und	4.790,00
Instalação elétrica verba	und	3.000,00
Tanques de 20.000 l fornecimento e instalação	und	3.950,00

Fonte: o autor

Para verificar o tempo de retorno para o investimento usou-se como base de cálculo o valor da tarifa cobrada pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) para as indústrias e a demanda da indústria, que foi obtida através de entrevistas com a direção e a operação da empresa e utilizada uma taxa de aumento de 8% ao ano, inferior aos aumentos praticados pela companhia. Dessa maneira, foram identificados gastos para diferentes consumos, assim como taxa básica e custos anuais para os anos subsequentes a instalação do projeto.

4.14 Análise da qualidade das águas pluviais

Foram realizadas coletas de água da chuva proveniente dos telhados para análise da qualidade. A data de realização das coletas ocorreu em 25 de julho de 2016. O primeiro ponto de coleta foi do reservatório de água da chuva. Em seguida foi coletada uma amostra de água no bebedouro que é considerado potável e a última amostra foi em um ponto que recebe a água vinda do reservatório superior, cuja água encontrava-se misturada com água proveniente de carros pipas e água de chuva em uma proporção indefinida. As Figuras 4.8, 4.9 e 4.10 mostram o momento da coleta das amostras.



Figura 4.8 – Coleta no reservatório de água de chuva

Fonte: o autor



Figura 4.9 – Coleta no bebedouro

Fonte: o autor



Figura 4.10 – Coleta em torneira - reservatório superior

Fonte: o autor

As amostras foram enviadas para o Laboratório Central da Gerência de Controle da Qualidade da Água da Compesa, situado no bairro de Dois Irmãos, na cidade do Recife e procedido uma avaliação da qualidade da água. Foram realizados ensaios de laboratório para os seguintes parâmetros: pH, condutividade, turbidez, cor, alcalinidade, dureza, cálcio, magnésio, cloretos, sulfato, amônia, nitrito, nitrato, carbonato e fluoreto. Os resultados foram analisados a partir da Resolução Conama 357/2005 (BRASIL, 2005) e da Portaria do MS 2914/2011 (BRASIL, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise pluviométrica do município de Caruaru

Baseado no percentual de falhas das estações pluviométricas de Caruaru, a média mensal e anual apenas foi analisada para as quatro estações com menor percentual de falhas. Considerou-se apenas a Estação Pluviométrica 24 para as análises climatológicas devido os 30 anos de dados de chuva. Apesar dos períodos das estações pluviométricas trabalhados possuírem séries de dados com períodos distintos e das médias serem baseadas em períodos de trinta, vinte, dezoito e doze anos, percebeu-se um padrão de chuvas no município de Caruaru. Contudo, com base no estudo da climatologia da precipitação consegue-se inferir maiores considerações, assim como visualizar o período chuvoso e seco da localidade. O Quadro 5.1 mostra os principais postos pluviométricos na área de Caruaru.

Quadro 5.1 – Médias mensais de precipitação nos postos pluviométricas de Caruaru-PE para distintos períodos de disponibilidade de dados

		Estação Pluviométrica			
		24	211	484	85
Médias mensais de precipitação (mm)	Jan	57.02	46.07	51.64	46.07
	Fev	50.65	57.48	68.73	57.48
	Mar	51.67	67.23	43.72	67.23
	Abr	64.50	66.32	57.03	66.32
	Mai	67.90	82.12	66.28	82.12
	Jun	99.18	107.60	97.03	107.60
	Jul	69.92	82.33	70.39	82.33
	Ago	39.34	51.71	41.55	51.71
	Set	20.26	21.49	17.13	21.49
	Out	10.09	13.97	20.73	13.97
	Nov	13.90	11.84	13.64	11.84
Dez	26.69	14.76	19.14	14.76	
Média Anual (mm)		655.20	553.46	604.12	496.15
Período		1986 -2015 30 anos	1996 – 2015 20 anos	1998 – 2015 18 anos	1993 -2004 12 anos

Fonte: o autor

O trimestre mais chuvoso (Figura 5.1) corresponde ao período maio, junho e julho, onde há uma concentração de 42,87% das chuvas anuais. Já o trimestre mais seco se refere a outubro, novembro e dezembro o qual o percentual de chuvas em relação ao total anual é de apenas 8,17%. Com uma média anual de precipitação de 655,2 mm, a Figura 5.1 ainda ilustra períodos de secas que a localidade sofre anualmente, verificando-se médias de 14mm para os meses de outubro e novembro (PAIVA, 2013).

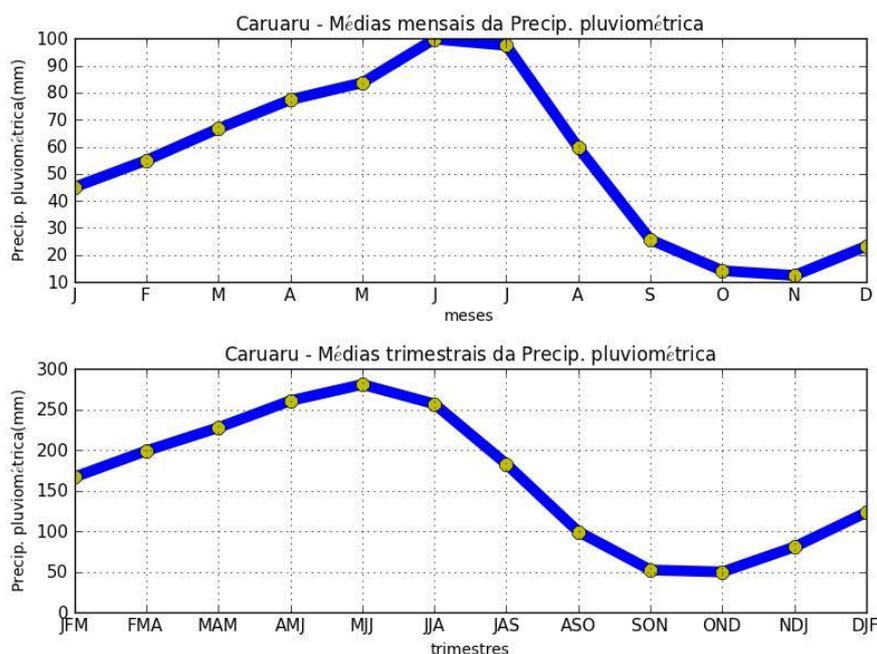
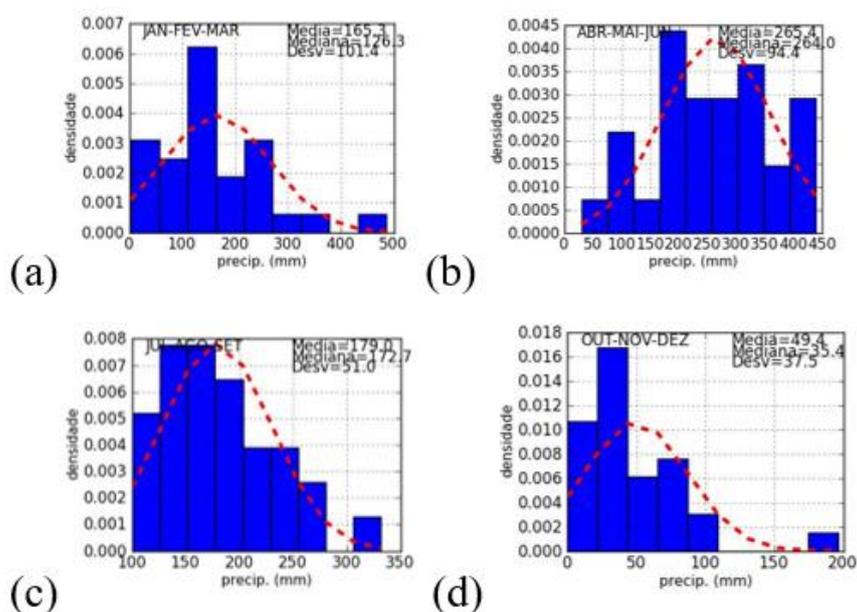


Figura 5.1 – Médias mensais de precipitação e médias trimestrais de precipitação do município de Caruaru-PE

Como verificado através da climatologia das séries e da Figura 5.1, o trimestre mais chuvoso se refere a maio, junho e julho. Observando-se os histogramas abaixo (Figura 5.2), que foram produzidos a partir de uma divisão igualitária dos meses do ano em quatro partes, verifica-se que o trimestre referente a abril, maio e junho apresentou incidência de maiores concentrações de chuvas em relação aos outros trimestres do ano. A média observada é de 265,4 mm, com desvio padrão de 94,4 mm sendo justificado devido a conter dois dos meses mais chuvosos. Contudo os meses de julho, agosto e setembro também apresentaram uma média de 179,0 mm, com desvio padrão de 51,0 mm. Estes resultados mostram que as chuvas de julho têm influência para elevar a média geral deste semestre, visto que em agosto a incidência de chuvas inicia sua redução.

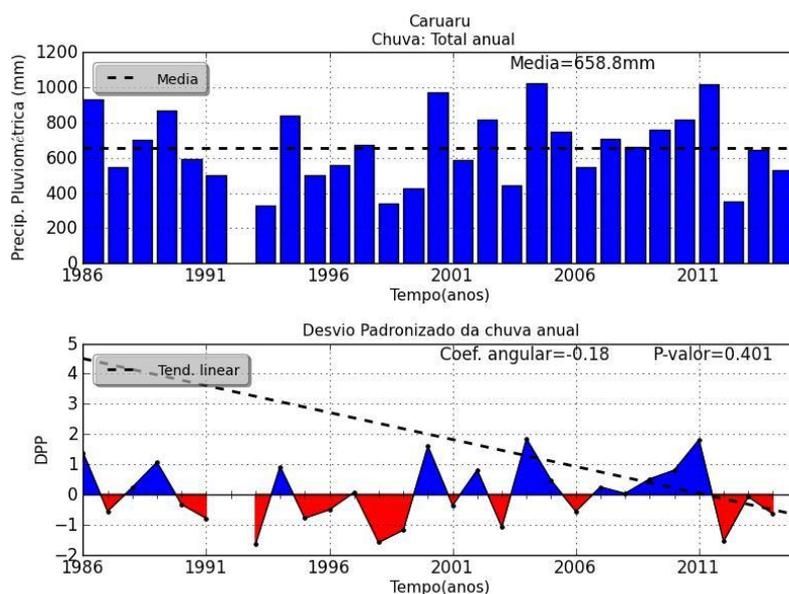
Segundo Dos Santos (2012) a variação da pluviosidade média mensal resulta da heterogeneidade temporal da distribuição da precipitação na região semiárida de Pernambuco.

Figura 5.2 – Histograma da precipitação dos trimestres (a) janeiro, fevereiro e março, (b) abril, maio e junho, (c) julho, agosto e setembro, e (d) outubro, novembro e dezembro em Caruaru-PE.



Através da série histórica de precipitação, percebe-se uma elevada variabilidade em relação ao total anual. Verifica-se falhas na apresentação do gráfico de barras que descreve o total anual, isso se deu às falhas encontradas na estação e que não foram preenchidas para minimização de erros na análise dos dados. Dos anos representados na Figura 5.3, observa-se que houveram 50% dos anos com chuva acima da média e 50% com chuvas abaixo da média. A média anual observada no gráfico difere um pouco da apresentada no Quadro 5.1, com 655,2 mm. Isso se deu pela retirada de dois anos com maior percentual de falhas, visto que poderiam influenciar na análise do quantitativo total de chuvas.

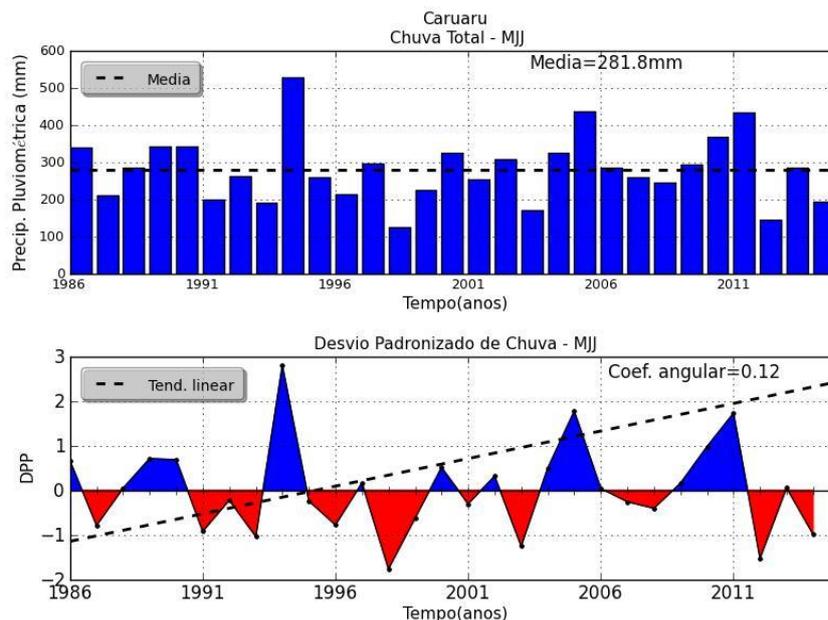
Figura 5.3 – Total anual de precipitação e desvio padronizado em Caruaru-PE



Apesar de verificar que a distribuição de anos secos e chuvosos em relação à média anual foi igual, dado o percentual encontrado, verifica-se através da análise do desvio padronizado que a linha que apresenta a tendência da precipitação é negativa, com um valor de $-0,18$. Contudo essa tendência não foi significativa ao nível de 5%, dado o p-valor ser superior a 0,05.

Para análise do trimestre mais chuvoso, foram inseridos todos os anos da série devido o percentual de falhas não ser significativo para esse período. Com 14 anos abaixo da média (46,7%) para o período e 16 anos (53,3%) acima da média, observa-se um coeficiente angular que difere do apresentado para o total anual. Para o trimestre a tendência foi positiva, com um coeficiente angular de 0,12, contudo sem significância estatística. Além disso, pode-se perceber também que no trimestre de maio, junho e julho de 1995 o total de precipitação ultrapassou a média histórica dos 281,8mm, passando dos 500mm. Isso pode ser observado também no gráfico do desvio padronizado, que gerou valores bem próximos a 3DPP.

Figura 5.4 – Total de precipitação do trimestre chuvoso e desvio padronizado em Caruaru-PE

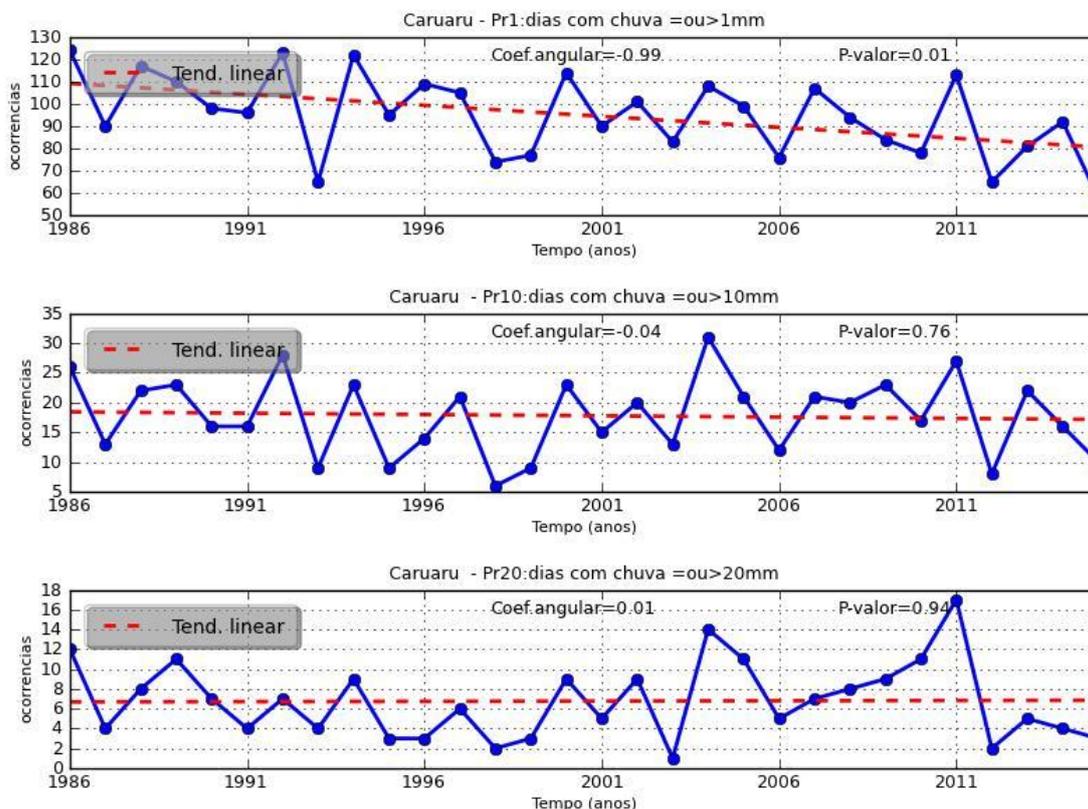


Em relação aos dias com chuva igual ou superior a 1 mm/dia, 10 mm/dia e 20mm/dia durante os anos, foi constatado que a tendência nas chuvas menores de 1mm e 10 mm foi de decréscimo. Contudo, apenas em relação a chuvas iguais ou maiores que 1mm houve significância estatística, com p-valor de 0,1. Nesse caso, observa-se no primeiro gráfico (Figura 5.5) que o número de ocorrências, apesar de oscilar durante o período analisado, decresceu de 130 ocorrências para 50 no final do período, tendo um coeficiente angular de -0,99, o que indica uma redução de 0,99 ocorrências por ano.

Para chuvas maiores ou iguais a 10mm/dia, a variação de ocorrências durante os anos foi inferior, apresentando um intervalo de variação de 30 a 5 (cinco) ocorrências, o que trouxe um coeficiente angular menor com -0,04. Contudo, apesar de apresentar esta tendência de redução, como mencionado acima, não houve tendência estatisticamente significativa.

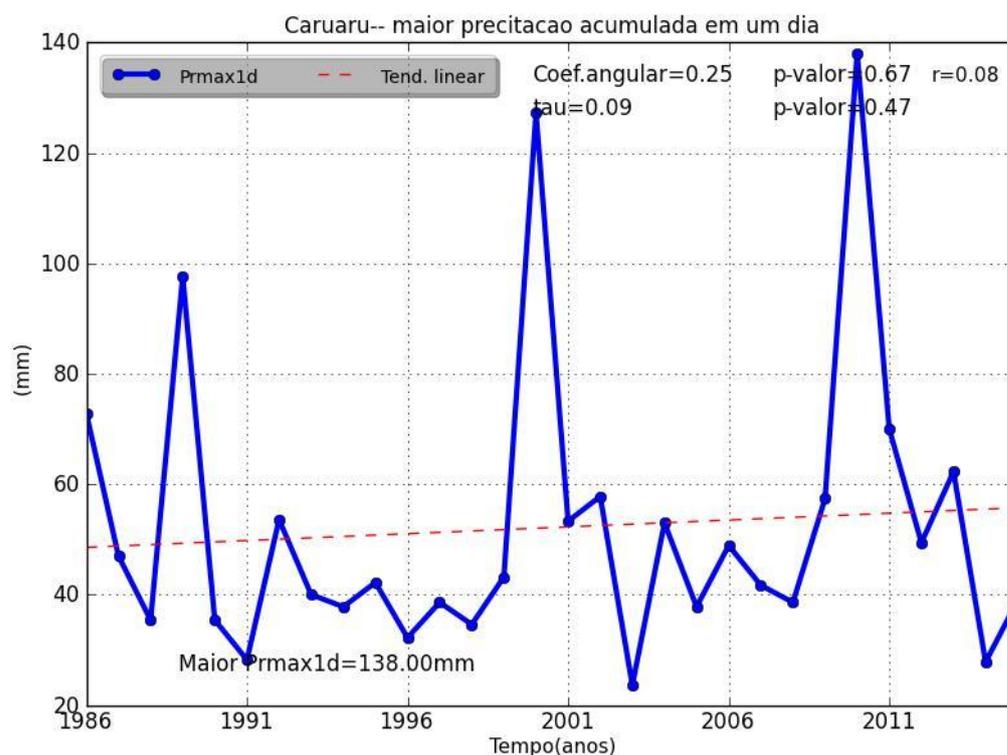
Para chuvas iguais ou superiores a 20mm/dia, o intervalo de ocorrências foi ainda menor. Variando-se entre 18 e 0 (zero) ocorrências, o que produziu um coeficiente angular ainda menor, porém positivo, de 0,01. O que indica uma tendência no incremento de chuvas dessa magnitude, mas os valores não foram estatisticamente significativos.

Figura 5.5 – Dias com chuva igual ou superior a 1mm/dia, 10 mm/dia e 20 mm/dia em Caruaru-PE



Tendo em vista que eventos extremos de precipitação provocam sérios impactos a sociedade, é importante a sua análise e verificação da existência de tendências de ocorrências. Visto que, apesar de trazer danos para a vida em sociedade, pode acarretar em benefícios para projetos de armazenamento de água e abastecimentos público e privado. Dessa forma, verifica-se que os três maiores eventos extremos (Figura 5.6) da série histórica foram de 138 mm em junho de 2010, 127,3 mm em fevereiro de 2000 e 97,6 mm em dezembro de 1989. Dos três maiores valores de toda a série, verifica-se que apenas a ocorrência do ano de 2010 foi durante o trimestre mais chuvoso do ano, as demais ocorrências foram de períodos onde historicamente não se verificaram valores elevados de precipitação. Pois como verificado, de todos os eventos que apresentaram um total igual ou superior a 50mm em um único dia, ocorrências que totalizam 19 dias distintos, os meses de fevereiro, abril e maio obtiveram o maior número de eventos com (21,1%). Os demais meses do ano, ficaram em ordem decrescente: janeiro, março e junho (10,5%) e dezembro (5,3%).

Figura 5.6 – Maior chuva acumulada em um dia no período de 1986 a 2015 em Caruaru-PE



Utilizando-se a equação de chuva IDF proposta por Tucci e utilizando os parâmetros obtidos por Coutinho et al., 2010 para os períodos de retorno de 1, 5 e 25 anos e uma chuva com duração de 5 min calculou-se as intensidades de chuva apresentados no Quadro 5.2.

Quadro 5.2 – Intensidade chuva com duração de 5 min para a cidade de Caruaru, Equação da curva IDF, Tucci, 2004.

Método	Tempo de retorno (anos)		
	1	5	25
Bell (mm/h)	72,31	101,85	143,48
RD (mm/h)	87,44	132,58	201,01

Fonte: o autor

Vivendo períodos de estiagem prolongados, a região necessita de estratégias para a convivência com o problema da escassez hídrica. Dessa maneira, como formas de armazenamento e abastecimento de água, Caruaru possui como fontes principais de abastecimento alguns mananciais cujos volumes disponíveis estão detalhados na Quadro 5.3. Conforme pode-se também constatar através de informações alguns dos volumes registram valores abaixo dos 10%, como Eng. Gercino Pontes, Jaime Nejaim, Jucazinho, Serra dos cavalos e Taquara.

Quadro 5.3 – Situação dos Principais Reservatórios que abastecem Caruaru

Reservatório	Município	Cap. Máx. (hm ³)	Data	Vol. (hm ³)	%
Eng. Gercino Pontes	Caruaru	13.600	16/12/2015	0	0
Jaime Nejaim	Caruaru	600	12/11/2015	22	4
Jucazinho	Surubim	327.036	25/02/2016	4.849	1
Serra dos Cavalos	Caruaru	613	10/11/2015	47	8
Taquara	Caruaru	1.347	16/02/2016	67	5
Guilherme Azevedo	Caruaru	786	11/11/2015	487	62
Prata	Bonito	42.147	25/02/2016	24.923	59

Fonte: APAC (2016)

Com o colapso do principal manancial, a Barragem de Jucazinho, a situação de Caruaru com relação a disponibilidade hídrica fica muito restrita, sendo basicamente alimentado pela Barragem do Prata. Segundo a Compesa (2015) intervenções emergenciais nas Estações de Tratamento de Água (ETA) foram necessárias para amenizar a situação de escassez em Caruaru, através da inversão do fluxo de água na ETA Petrópolis para a ETA Salgado, situadas em bairros de mesmo nome, que apenas recebia água do Sistema Jucazinho. Esta inversão ainda que não solucione o problema de desabastecimento ameniza a situação.

5.2 Consumo de água na Indústria Cerâmica

Por estar situada numa região de escassez hídrica e curto período de chuvas durante o ano, a indústria cerâmica estudada apresenta um histórico de economia dos recursos hídricos.

Segundo informação da empresa, para manter a produção são comprados mensalmente cerca de 50.000 litros de água por semana, o que totaliza 200.000 litros por mês. Essa água é adquirida através de caminhões pipas. Contudo também há o fornecimento pela concessionária de água e esgoto de Pernambuco na cidade que se dá em forma de rodízio com o intervalo diferenciado nos bairros. A região onde se situa a empresa conta com um rodízio de quatro dias com água e oito dias sem abastecimento.

Visto que a água é fundamental para as etapas do processo de produção cerâmico, a indústria não consegue realizar sua produção caso o quantitativo de água não seja suficiente para a realização das etapas fabris. A disponibilidade de argila e de água são fatores limitantes para a produção das peças cerâmicas, sabendo-se que a quantidade e a qualidade da matéria-prima e a quantidade adequada deste insumo são importantes para a qualidade do

produto final. Paz (2015) destaca a importância de estudos voltados a esses recursos naturais devido ao seu elevado consumo, como também apresentado por Maciel e Freitas (2013).

Conforme destacado, a qualidade da argila influencia diretamente nos tipos de produtos cerâmicos que poderão ser fabricados, pois há distintos tipos que garantem uma capacidade superior ou inferior de moldar os produtos devido a sua plasticidade. Conforme descrito por Holanda e Silva (2011), estas argilas são consideradas “gordas” ou “magras”. Contudo, a água não é estudada ao ponto de análise de qualidade para verificação de sua influência na conformação dos produtos cerâmicos. Todavia, conforme conversas informais com os gerentes de produção e o diretor da empresa, é necessário para o uso da água que esta contenha minerais e impurezas de tal maneira que não comprometa os processos, as atividades dos trabalhadores ou o meio ambiente. Pois, conforme observado, a indústria não faz nenhum uso de matéria-prima ou insumo que seja considerado potencialmente poluente, sendo utilizadas no processo e podendo ser descartados adequadamente ou reutilizados em alguma das etapas (PAZ; MORAIS; HOLANDA, 2013).

Conforme FIEMG/FEAM (2013), a água entra no fluxograma do processo produtivo em duas etapas, na de preparação da massa e na laminação. Conforme Paz (2015), na preparação da massa é através dos misturadores que a água é liberada para a massa de argila, regulando-se a quantidade água de acordo com a umidade necessária a ser obtida. E quando da incorporação de resíduos, segundo a fonte, dependendo da granulometria poder haver uma dificuldade na absorção de água pela massa, o que poderia influenciar num aumento do quantitativo de água utilizado no processo. No processo da indústria estudada não é utilizado nenhum resíduo adicional na massa cerâmica, apenas produtos defeituosos são reinseridos, caso não tenham passado pela etapa de queima, o que não altera as características da massa e da argila (PAZ; MORAIS; HOLANDA, 2013).

Apesar do maior volume de água utilizada se concentrar no processo de produção, a água também é utilizada no escritório, limpeza, na manutenção, no estoque de argila durante o sazonalamento (GAIDZINSKI et al., 2005). Como a etapa de sazonalamento requer o umedecimento da argila, esse é realizado durante eventos de chuva no ambiente externo na maior parte do tempo, podendo também ocorrer a rega através de mangueiras em eventos esporádicos. Segundo Wiecka e Fhb (2014), para que a argilas tenha uma boa qualidade:

O ideal é que a mesma seja extraída e deixada descansando por um longo período ao ar livre, fase que é chamada de pré-preparo, sazonalamento ou apodrecimento. Esta prática ocasiona a desagregação das partículas argilosas e

permite que durante a preparação a água envolva estas partículas, ocorrendo também outros fenômenos como “reações químicas” e “ataques bacteriológicos”. As alterações que ocorrem durante o descanso conferem melhorias significativas na plasticidade da massa e uma maior homogeneização na umidade da mesma (2014,).

Já a manutenção da umidade do material após o destorramento é garantida num estoque na área coberta da indústria cerâmica e com a rega periódica.

O consumo de água na indústria cerâmica é variável em sua linha de produção havendo um consumo maior na área de preparação, a Figura 5.7 mostra as áreas onde a água é consumida.

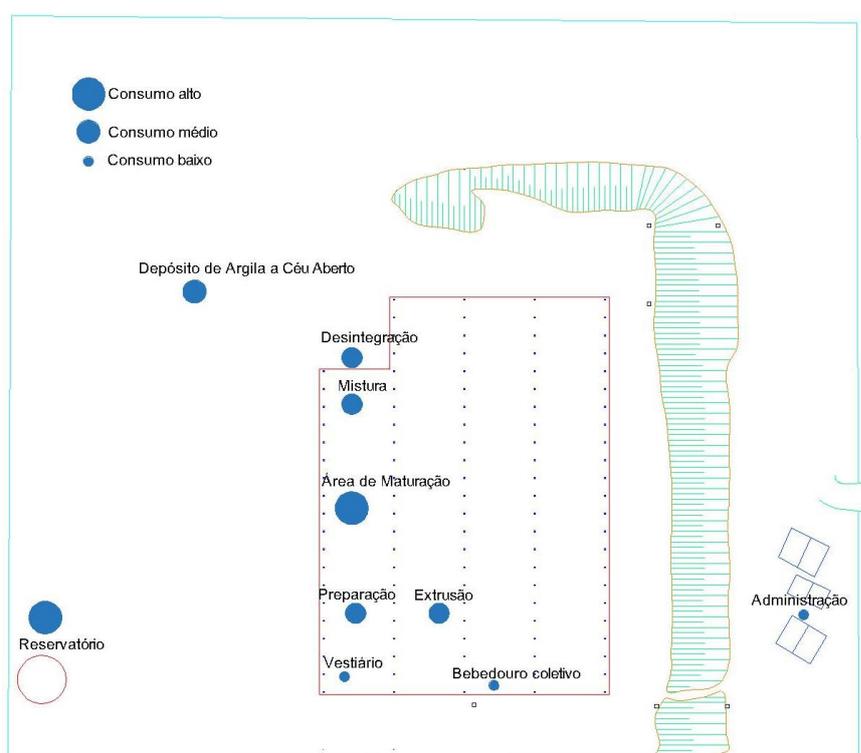


Figura 5.7 – Áreas de consumo de água

Fonte: o autor

5.3 Avaliação da capacidade de captação da água de chuva

Através de uma avaliação preliminar das condições da indústria em realizar a captação das águas pluviais, foi verificado por uma imagem de satélite disponível no Google Earth (Figura 5.8) que a área de produção era completamente coberta, o que contribui para uma maior eficiência na captação pluvial, visto que o volume é influenciado pela área coberta.

Através das visitas técnicas foi verificado que o telhado se encontrava em condições satisfatórias e a existência de calhas inseridas previamente pela diretoria da empresa com a finalidade de drenagem, contudo sem planejamento adequado ou com qualquer outra estrutura para captação e armazenamento. O material do telhado é de fibrocimento e a área total é de 9.500 m² e toda sua área foi avaliada para o projeto.

A empresa conta com um reservatório com possibilidade de acumular cerca de 200 m³ de água, mas não há conexão existente entre as calhas e este. Não existe qualquer outra fonte de abastecimento como poço, barreiro ou mesmo um rio próximo.

Foi verificado que o terreno conta com uma declividade natural acentuada o que levou a que se construísse a área de produção em um corte no terreno executado na cota 561 m e a área administrativa foi construída em uma cota 557 m, as calhas foram construídas com uma declividade 0,5% na direção leste e oeste com coletores verticais ao longo de seu comprimento, desaguando em calhas ao nível do piso com declividade de 0,5% para leste e para oeste estas calhas desaguam em uma calha maior com declividade de 1% e aproveita também a declividade do terreno que permite que a água percorra as calhas na direção norte do terreno. Com isso as estruturas poderão ser dimensionadas de modo a requerer o mínimo de energia elétrica para que o projeto fosse sustentável tanto ambientalmente, quanto economicamente.



Figura 5.8 – Imagem de satélite para visualização da área da indústria e telhado da área de produção

Fonte: Google Earth (2016)

Baseando-se na ABNT 15527 (2007) o cálculo da capacidade de captação e nas informações de precipitação média anual de 658,80 mm/ano, área de coleta e coeficiente de Runoff para o tipo de telha existente de 0,8 e coeficiente de eficiência de 0,95, verificou-se a capacidade de captação na indústria cerâmica, que totaliza 4.756,54 m³ por ano, conforme demonstrado no Quadro 5.4.

Quadro 5.4 Cálculo do volume de água acumulado

Cálculo do volume de água acumulado				
Área (m ²)	I (mm/ano)	C	η	V (m ³)
9500	658,8	0,8	0,95	4.756,536

Fonte: o autor

Ou seja, uma capacidade de captação muito superior ao consumo anual da empresa que foi estimado em 2.400m³ por ano, correspondente ao consumo mensal de 200m³ por 12 meses.

5.4 Vazão de dimensionamento das estruturas

A vazão de dimensionamento das estruturas foi obtida através do levantamento da precipitação para uma chuva de 5 min de duração e tempo de retorno de 25 anos através da equação de chuva intensa para os valores obtidos pelo método de Bell e da RD, optou-se por utilizar o valor do método das RD, onde $I = 201,01$ mm/h uma vez que levará a um dimensionamento a favor da segurança.

Para a obtenção da área de contribuição cada água do telhado foi considerada individualmente, sendo obtidas Quadro áreas:

$$A1 = 1300,03 \text{ m}^2$$

$$A2 = 1189,03 \text{ m}^2 - 5x,$$

$$A3 = 1081,91 \text{ m}^2$$

$$A4 = 1182,91 \text{ m}^2$$

$$AT = 9500 \text{ m}^2$$

A Figura 5.9 mostra o esquema das áreas obtidas na cobertura da indústria:

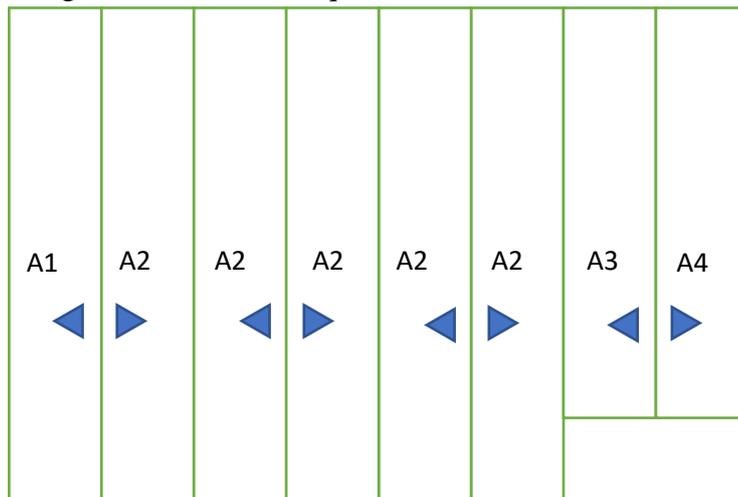


Figura 5.9 – Croqui das áreas do telhado

Fonte: o autor

Para o dimensionamento necessita-se não só das vazões totais como das vazões parciais para cada uma de forma a permitir se utilizar estruturas de custo menor, as vazões obtidas são:

$$Q_{A1} = 3485,81 \text{ L/min}$$

$$Q_{A2*2} = 6376,37 \text{ L/min}$$

$$Q_{A2+ A3} = 6089,15 \text{ L/min}$$

$$Q_{A4} = 3171,78 \text{ L/min}$$

Como observado as vazões são elevadas e levariam a estruturas com dimensões maiores e conseqüentemente de custo mais elevado desta forma cada área de captação foi dividida em duas escoando as águas para a extremidade dos telhados, o que levou a que também as vazões fossem divididas resultando em:

$$Q_{A1} = 1742,91 \text{ L/min}$$

$$Q_{A2*2} = 3188,19 \text{ L/min}$$

$$Q_{A2+ A3} = 3044,58 \text{ L/min}$$

$$Q_{A4} = 1585,89 \text{ L/min}$$

Levou-se também em consideração áreas menores como áreas de contribuição para os condutores verticais com isso define-se o número de condutores verticais necessários para conduzir a vazão total, a área de contribuição foi definida como corresponde a uma faixa de 10 m de telhado, com essa configuração obteve-se duas vazões que serão utilizadas no dimensionamento e verificação do sistema de coleta de água com relação aos tubos verticais.

$$Q_1 = 314,04 \text{ L/min}$$

$$Q_2 = 574,44 \text{ L/min}$$

5.5 Dimensionamento e avaliação dos condutores pré-existent

5.5.1 Calhas

Como todo o sistema de calhas já havia sido anteriormente construído procedeu-se apenas a avaliação de se as calhas foram dimensionadas de forma a comportar a vazão de dimensionamento; A Figura 5.10 e a 5.11 mostram detalhe das calhas de beiral e das de águas furtadas, respectivamente, existente na indústria.

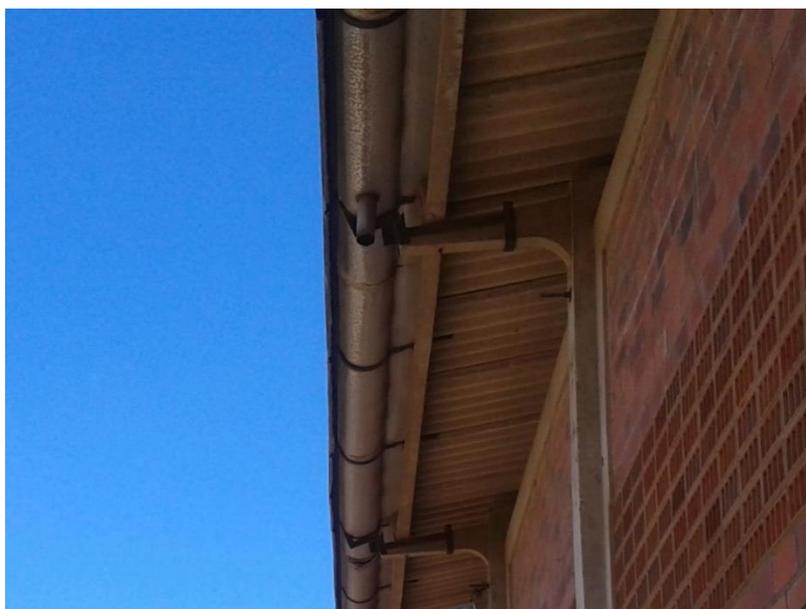


Figura 5.10 – Calha de beiral

Fonte: o autor



Figura 5.11 – Detalhe da calha de água furtada

Fonte: o autor, 2016

As calhas existentes são calhas tipo semicirculares utilizadas como calhas de beiral e de águas furtadas. O diâmetro das calhas são: Calhas de beiral, diâmetro de 30cm e as calhas de águas furtadas, diâmetro de 40 cm. A declividade utilizada é de 0,5%.

O Quadro 5.5 mostra as vazões admissíveis para as calhas existentes.

Quadro 5.5 – Vazão das calhas

Cálculo da vazão das calhas a meia seção						
D(m)	K	S(m ²)	RH (m)	i (m/m)	n	Q (L/min)
0,3	60000	0,01382	0,3142	0,005	0,011	2.463,16
0,4	60000	0,02457	0,4189	0,005	0,011	5.304,71

Comparando com as vazões máximas encontradas no dimensionamento do telhado verificou-se que as calhas foram projetadas para suportar a vazão fornecida por 50% do telhado, assim as calhas de canto podem vir a receber uma vazão máxima de 1.742,91L/min e tem capacidade de conduzir 2.463,16L/min, possui uma folga de 41%, a calha de água furtada pode vir a receber uma vazão máxima de 3.188,19L/min e tem capacidade de conduzir 5.304,71L/min, possui uma folga de 66%.

No sentido de evitar uma diferença de nível acentuada na calha e reduzir o custo com a instalação foram colocados tubos verticais a cada 10 m de calha no centro da faixa, a Figura 5.12 mostra a configuração adotada nos dois tipos de calhas existentes, apenas para efeito de visualização a Figura é apresentada sem de escala de forma a permitir a visualização das inclinações.

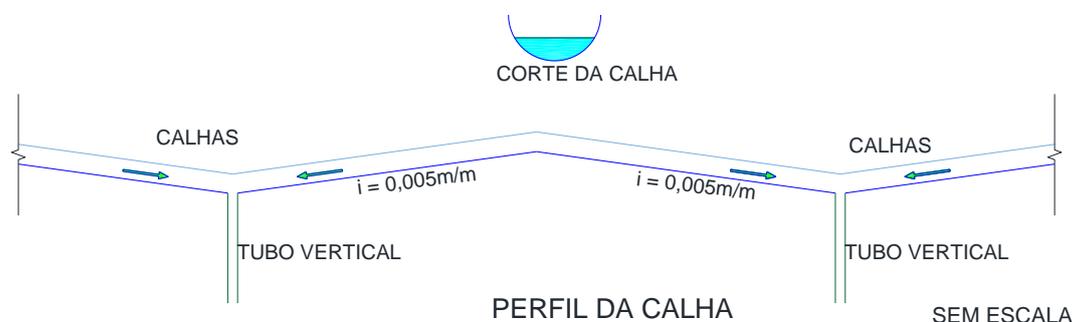


Figura 5.12 – Croqui do perfil das calhas

Fonte: o autor

5.5.2 Tubos verticais

Os tubos verticais segundo ABNT (1989) são dimensionados através do uso do ábaco, para a vazão máxima da calha para cada trecho temos 544.74 L/min, entrando com os dados de vazão, lâmina de água máxima 15cm e comprimento do tubo vertical encontra-se um ponto fora da escala, entretanto o diâmetro adotado para os tubos de descida de 150mm são capazes de conduzir nas condições apresentadas vazões superiores a 2800L/min, logo mostrando que as águas serão bem conduzidas mesmo que alguns dos tubos de verticais sofram algum tipo de entupimento. Na Figura 5.13 se mostra ao fundo os tubos verticais da calha de beiral na parte frontal da área de produção.



Figura 5.13 – Tubos verticais da calha de beiral

Fonte: o autor

5.5.3 Conduitos horizontais

Para o dimensionamento e verificação dos conduitos horizontais foram utilizados como base a norma NBR 10844 ABNT,1996 os conduitos horizontais utilizados na coleta de água de chuva são de dois tipos calhas retangulares em concreto, com seção interna de 38 cm de largura e profundidade iniciando em 30 cm no ponto médio da área de produção e seguindo para as direções leste e oeste com declividade de 0,8%, a calha horizontal foi avaliada em três pontos de sua trajetória, no ponto inicial, no intermediário e no ponto anterior a sua descarga nas calhas na direção norte. O Quadro 5.6 mostra os resultados do levantamento e a vazão máxima conduzida para uma lâmina de 50% da altura da seção.

Quadro 5.6 – Condutores Verticais

Cálculo da vazão condutor horizontal - a meia seção na direção Leste e oeste								
Seção	K	Dimensões (m)		S (m ²)	RH (m)	i (m/m)	N	Q (L/min)
		b	h					
1	60.000	0,38	0,30	0,11	0,17	0,008	0,014	2.572,88
2	60.000	0,38	0,50	0,095	0,11	0,008	0,012	9.632,36
3	60.000	0,38	0,70	0,133	0,12	0,008	0,012	14.722,62

Fonte; o autor

Esses condutores desaguam em um condutor maior que acompanha a declividade do terreno na direção Norte, a Figura 5.14 mostra o esquema existente.

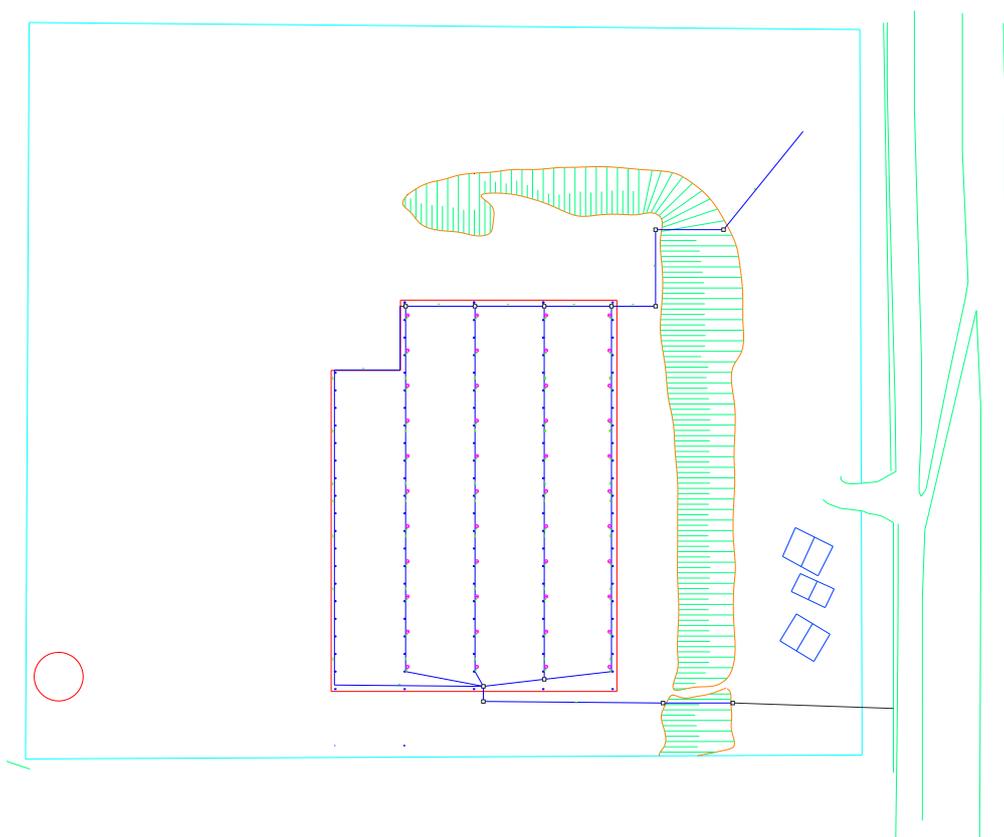


Figura 5.14 – Esquema da captação pluvial

Fonte: o autor.

Os condutores na direção Norte são de seção constante e acompanham a declividade natural do terreno e o seu dimensionamento é demonstrado no Quadro 5.7.

Quadro 5.7 – Condutores horizontais - Calhas

Cálculo da vazão condutor horizontal - a meia seção direção Norte								
Seção	K	Dimensões (m)		S (m ²)	RH (m)	i (m/m)	N	Q (L/min)
		b	h					
1	60000	1,00	1,00	1,00	0,50	0,010	0,014	269.983,08

Fonte: o autor

5.6 Dimensionamento da reservação.

Para o cálculo da precipitação mensal foram utilizados os dados dos acumulados mensais dos últimos 10 anos da estação 24, conforme Tabela 5.1. As falhas apresentadas em 2011 não foram corrigidas, por ocasionar uma situação mais desfavorável.

Tabela 5.1 – Precipitações entre 2005 e 2015 do município de Caruaru-PE

Mês	Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Média	Desvio Padrão
JAN		6,2	10,2	23,2	50,8	44,2	48,1	154,7	55,5	12,8	10,6	3,2	38,1	41,4
FEV		16,9	50,6	108,2	34	85,2	84,2	75,6	60,1	16	52,5	5,5	53,5	31,5
MAR		92,2	25,7	88,1	144,3	47,3	114,7	40,3	6,2	35,1	51,8	44,1	62,7	39,8
ABR		41,5	95,8	70	85,6	107,8	104,4	-	21,3	144,3	44	9,8	72,5	40,6
MAI		173,6	88,2	67,2	84,9	138	8,7	-	33,2	42,1	81,4	19,5	73,7	49,3
JUN		203,8	123,3	142,5	59,3	70,7	314,1	-	62,8	122,3	54,3	0	115,3	85,5
JUL		61	73,9	49,4	102	86,8	45,2	-	51,1	122,2	58,8	136,2	78,7	30,5
AGO		75,5	31,3	81,3	75,3	102,3	35,2	-	45,7	58,6	44,5	128,6	67,8	29,5
SET		11,8	15,1	42,3	10	5,7	40,8	-	3,7	9,7	51,3	0	19,0	17,5
OUT		4,6	2,4	3,2	2,3	1,7	4,1	-	3,2	29,8	52,1	0	10,3	16,1
NOV		1,4	17,4	7,7	0	17,6	0	-	1,8	40,1	25,1	0	11,1	13,0
DEZ		61,5	13,2	23,6	15,4	52	17,7	-	5,8	10,5	4,5	0	20,4	19,4
Acumulado		750	547,1	706,7	663,9	759,3	817,2	270,6	350,4	643,5	530,9	346,9	623,2	

Fonte: APAC

Pelo o método de Rippl estimou-se um volume de reservação de 279,3 m³ conforme Tabela 5.2. Como já existe na empresa um reservatório de 200 m³ se faz necessário apenas a complementação da reservação, com o projeto e construção de um sistema de bombeamento e de um reservatório de 80 m³.

Tabela 5.2 – Dados e resultados do método de Rippl

Média	Q(t) (L)	D(t) (L)	S(t) = D(t) - Q(t)
2005/2015			

JAN - 38,1	326.065,9	200.000,0	-126.065,9
FEV -53,5	457.658,2	200.000,0	-257.658,2
MAR - 62,7	536.162,7	200.000,0	-336.162,7
ABR - 72,5	619.447,5	200.000,0	-419.447,5
MAI - 73,7	629.964,0	200.000,0	-429.964,0
JUN - 115,3	985.900,5	200.000,0	-785.900,5
JUL - 78,7	672.543,0	200.000,0	-472.543,0
AGO - 67,8	579.946,5	200.000,0	-379.946,5
SET - 19,0	162.792,0	200.000,0	37,208,0
OUT - 10,3	88.407,0	200.000,0	111.593,0
NOV - 11,1	94.990,5	200.000,0	105.009,5
DEZ - 20,4	174.591,0	200.000,0	25.409,0
		Volume (L)	279.219,5

Fonte: o autor

Verificou-se a confiabilidade do sistema obtido com o volume de reservação calculado acima e na Tabela 5.3 através de processo iterativo, foi verificado o grau de confiança para o volume proposto na Tabela 5.2, bem como a reservação necessária para um grau de confiança superior a 90% (Tabela 5.4) e para um grau de confiança superior a 99% (Tabela 5.5).

Tabela 5.3 – Cálculos e Resultados pelo Método Australiano

Cálculo para o Volume obtido no método de Rippl				
Área	9500,0 m ²		VT (L)	27.9219,5
C=	0,8		Confiança	83%
I =	2,0 mm		$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$	
Média 2005/2015	$Q=AxCX(P-I)$	Demanda Mensal	Vt	V t-1
JAN - 38,1	274.636,4	200.000,0	74.636,4	0,0
FEV -53,5	391.607,3	200.000,0	266.243,6	74.636,4
MAR - 62,7	461.389,1	200.000,0	527.632,7	266.243,6
ABR - 72,5	535.420,0	200.000,0	614.639,5	279.219,5
MAI - 73,7	544.768,0	200.000,0	623.987,5	279.219,5
JUN - 115,3	861.156,0	200.000,0	940.375,5	279.219,5
JUL - 78,7	582.616,0	200.000,0	661.835,5	279.219,5

Continuação Tabela 5.3

Média 2005/2015	Q=AxCX(P-I)	Demanda Mensal	Vt	V t-1
AGO - 67,8	500.308,0	200.000,0	579.527,5	279.219,5
SET - 19,0	129.504,0	200.000,0	208.723,5	279.219,5
OUT - 10,3	63.384,0	200.000,0	72.107,5	208.723,5
NOV - 11,1	69.236,0	200.000,0	0,0	72.107,5
DEZ - 20,4	139.992,0	200.000,0	0,0	0,0
		Nr	2,0	

Fonte: o autor

Verifica-se que o grau de confiabilidade para o sistema é de 83%, o que é bastante favorável em relação ao volume de reservação que será acrescido ao sistema. Para se atingir um grau de confiabilidade de 90% será necessário se ter uma reservação conforme mostrada na tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Cálculos e resultados pelo método australiano confiança superior a 90%

Cálculo para um grau de confiança superior a 90%				
Área	9500,0 m ²		Vt (L)	348.000,0
C=	0,8		Confiança	92%
I =	2,0 mm		Vt = Vt-1 + Qt - Dt	
Média	Q=AxCX(P-I)	Demanda Mensal	Vt	V t-1
JAN - 38,1	274.636,4	200.000,0	74636,4	0,0
FEV -53,5	391.607,3	200.000,0	266243,6	74.636,4
MAR - 62,7	461.389,1	200.000,0	527632,7	266.243,6
ABR - 72,5	535.420,0	200.000,0	683420,0	348.000,0
MAI - 73,7	544.768,0	200.000,0	692768,0	348.000,0
JUN - 115,3	861.156,0	200.000,0	1009156,0	348.000,0
JUL - 78,7	58.2616,0	200.000,0	730616,0	348.000,0
AGO - 67,8	500.308,0	200.000,0	648308,0	348.000,0
SET - 19,0	129.504,0	200.000,0	277504,0	348.000,0
OUT - 10,3	63.384,0	200.000,0	140888,0	277.504,0

Continuação Tabela 5.4

Média	$Q=AxCX(P-I)$	Demanda Mensal	Vt	V t-1
NOV - 11,1	69.236,0	200.000,0	10124,0	140.888,0
DEZ - 20,4	139.992,0	200.000,0	0,0	10.124,0
		Nr	1,0	

Fonte: o autor

Para se atingir um grau de confiança de 90% precisa-se de um reservatório de 348 m³ (Tabela 5.4), com a reservação existente de 200 m³ seria necessário construir um segundo reservatório com capacidade de 148 m³ e um sistema de bombeamento entre os reservatórios. A NBR 15527, ABNT (2007) sugere que o sistema tenha grau de confiança de 99%, contudo não leva em conta o regime hídrico da região o que pode encarecer bastante o custo de implantação do sistema. A Tabela 5.5 mostra o cálculo da reservação para esse grau de confiança.

Tabela 5.5 – Cálculos e resultados pelo método australiano confiança superior a 99%

Cálculo para um grau de confiança superior a 99%				
Área	9500,0 m ²		VT (L)	457.919,98
C=	0,8		Confiança	100%
I =	2,0 mm		$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$	
Média	$Q=AxCX(P-I)$	Demanda Mensal	Vt	V t-1
JAN - 38,1	274.636,4	200.000,0	74.636,4	0,0
FEV -53,5	391.607,3	200.000,0	266.243,6	74.636,4
MAR - 62,7	461.389,1	200.000,0	527.632,7	266.243,6
ABR - 72,5	535.420,0	200.000,0	793.340,0	457.920,0
MAI - 73,7	544.768,0	200.000,0	802.688,0	457.920,0
JUN - 115,3	861.156,0	200.000,0	1.119.076,0	457.920,0
JUL - 78,7	582.616,0	200.000,0	840.536,0	457.920,0
AGO - 67,8	500.308,0	200.000,0	758.228,0	457.920,0
SET - 19,0	129.504,0	200.000,0	387.424,0	457.920,0
OUT - 10,3	63.384,0	200.000,0	250.808,0	387.424,0
NOV - 11,1	69.236,0	200.000,0	120.044,0	250.808,0
DEZ - 20,4	139.992,0	200.000,0	60.036,0	120.044,0
		Nr	0,0	

Para se atingir um grau de confiança superior a 99% se faz necessário ter uma reservação de 457 m³ (Tabela 15), com uma reservação existente de 200 m³ teria de se construir um reservatório com capacidade próxima a 260 m³ além do sistema de bombeamento para interligar com o reservatório já existente.

Avaliando-se os métodos e o regime pluviométrico da região tem-se como tendência natural escolher a reservação que dê o maior grau de confiança possível, contudo o custo inicial pode muitas das vezes inviabilizar o investimento.

5.7 Dimensionamento do sistema de recalque

Para o dimensionamento do sistema de recalque foi tomado como premissa que o sistema deveria ser capaz de recalcar 40 m³ em no máximo 2 horas, o desnível geométrico de 13 metros.

$$Q = 40 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D_{\text{recalque}} = 100\text{mm}$$

$$\text{Cota da bomba} - 559 \text{ m}$$

$$\text{Cota máx. do reservatório} - 572 \text{ m}$$

$$\text{Desnível geométrico} - 13\text{m.}$$

$$\text{Extensão da adutora} = 350\text{m}$$

$$\text{Perda de carga localizada} - 0,772\text{m}$$

$$\text{Perda de carga na tubulação} - 8,841 \text{ m}$$

$$H_{\text{man}} - 21,84\text{m}$$

Com os dados acima foi escolhida uma bomba que atende aos parâmetros acima com uma potência de motor de 7,5 CV.

O croqui apresentado na Figura 5.5 ilustra o sistema proposto que é composto de reservatórios de 20.000 L em fibras de vidro, sendo as bases de concreto, uma elevatória e as conexões de adução por gravidade e recalque. No sistema proposto a captação ocorre nos tubos de queda das calhas do telhado e conduzidas para uma caixa de reunião, partindo daí para os reservatórios que são ligados em série e recebem a água da chuva enchendo por igual.

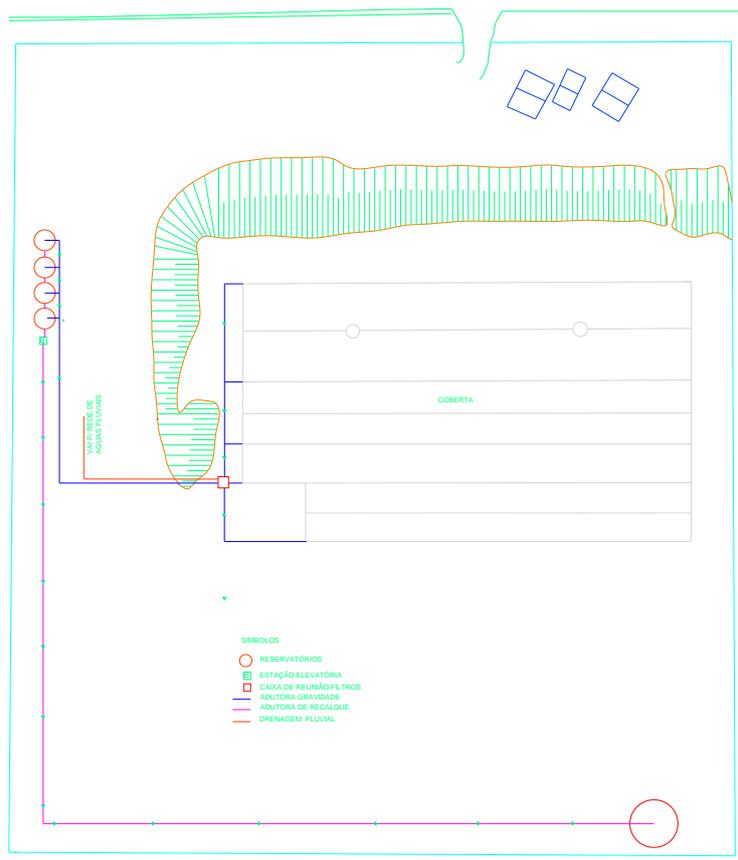


Figura 5.15 – Sistema de captação de água proposto no projeto a 83% de confiança.

Fonte: o autor

5.8 Custos da implantação do sistema e tempo de retorno do investimento

Para se determinar o tempo de retorno do investimento foram levantados os custos conforme mostrado no Quadro 5.8

Quadro 5.8 – Detalhamentos dos custos da construção do projeto à 83% de grau de confiança

Item – discriminação	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Limpeza Manual	m ²	68	2,80	190,40
Locação da Obra	m ²	68	6,66	452,88
Sondagens	m	20	48,42	968,40
Escavação mecânica	m ³	33,6	8,85	297,36
Aterro Compactado	m ³	6,72	36,71	246,69
Carga e Transporte de terra	m ³	26,88	2,96	79,56

Continuação Quadro 5.8				
Item – descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Momento de transporte	m ³ x km	537,6	1,88	1.010,69
Lastro de concreto magro	m ³	3,4	363,49	1.235,87
Concreto Usinado fck= 25 MPA c/ lançamento	m ³	27,2	426,01	11.587,47
Ferro CA- 50	kg	2176	5,79	12.599,04
Forma de tabua	m ²	17,6	47,22	831,07
Emboço	m ²	16	39,78	636,48
Tubo concreto 0,40 descarga fornecimento e assentamento	m	50	43,58	2.179,00
Tubos de descida 100mm	m	70	12,75	892,50
escavação mecânica de vala	m ³	260,96	8,85	2.309,50
Tubos PVC DEFOFO 100mm	m	350	25,67	8.984,50
Tubos PVC 400mm	m	116	174,76	20.272,16
Impermeabilização com membrana asfalto	m ²	16	8,80	140,80
Bomba centrífuga até 10HP	und	2	4.790,00	9.580,00
Instalação elétrica verba	und	1	3.000,00	3.000,00
Tanques de 20.000 l fornecimento e instalação	und	4	3.950,00	15.800,00
Total				74.494,37
BDI 25%				18.623,59
Total geral				93.117,96

Fonte: o autor

Os cálculos para o tempo de retorno do projeto foram realizados e estão descritos no Quadro 5.9.

Quadro 5.9 – Cálculo simplificado do tempo de retorno do investimento

Itens	Unid.	Valor
Até 10.000 litros/mês	R\$	62,03
10.001 a 999999.000 litros	R\$	13,15
Estimativa de gasto com água	m ³	2.400
Taxa básica	R\$	62,03
Consumo (190 m ³)	m ³	2.498,50
Custo Mensal	R\$	2.560,53
Custo Anual - 2016	R\$	30.726,36
Custo Anual – 2017	R\$	33.184,47
Custo Anual – 2018	R\$	35.839,23
Custo Previsto para 3 anos	R\$	99.750,06
Valor presente em 2016	R\$	92.179,08
Tempo de retorno do investimento	Anos	3,03

Fonte: o autor

Verifica-se que o investimento seria pago em 3 anos, ou seja, o investimento é factível de ser realizado com êxito conforme demonstrado.

No entanto como a região sofre com uma seca a cerca de 5 anos e o regime hídrico, pelas conjunturas climáticas tem grande tendência de permanecer o mesmo no ano de 2016 a direção da empresa optou por fazer o projeto simplificado do sistema conforme mostrado na Figura 5.16.

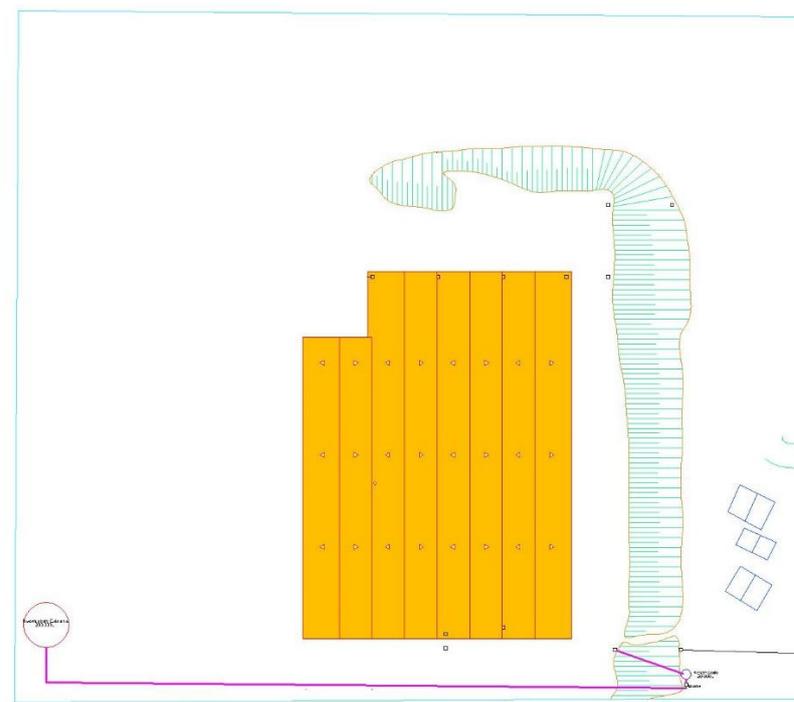


Figura 5.16 – Projeto simplificado para minimização de custos de implantação, observando-se um cenário de baixo índice de chuvas em Caruaru-PE

Fonte: o autor

Para a solução de utilizar apenas um reservatório de 20.000L e 50% da área total de captação, com uma área próxima de 4.250,00 m² haverá capacidade de captar 2.378,27 m³ por ano o que equivaleria a 99 % do consumo total da empresa por ano, contudo o acréscimo de reservação de 20.000L é pequena para o funcionamento do sistema com um grau de confiabilidade adequado, a Tabela 5.6 demonstra que o grau de confiabilidade do sistema com o acréscimo de reservação de 20.000 litros e utilizando 50% da área disponível é de 58%. O sistema implantado por etapas tem como vantagem levar a um aprendizado e a economia gerada pelo mesmo pode ser reinvestida no próprio sistema até que o mesmo esteja completo.

Tabela 5.6 - Cálculo com acréscimo de reservação de 20.000 L e 50% da área de captação

Cálculo para acréscimo da reservação de 20.000 litros				
Área	4750,0	m ²	VT (L)	220.000,00
C=	0,8		confiança	58%
I =	2,0	mm	$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$	
Média	$Q = A \times C \times (P - I)$	Demanda Mensal	Vt	V t-1
JAN - 38,1	137.318,2	200.000,0	0,0	0,0

FEV -53,5	195.803,6	200.000,0	0,0	0,0
Continuação Tabela 5.6				
Média	Q=AxCX(P-I)	Demanda Mensal	Vt	V t-1
MAR - 62,7	230.694,5	200.000,0	30.694,5	0,0
ABR - 72,5	267.710,0	200.000,0	98.404,5	30.694,5
MAI - 73,7	272.384,0	200.000,0	170.788,5	98.404,5
JUN - 115,3	430.578,0	200.000,0	401.366,5	170.788,5
JUL - 78,7	291.308,0	200.000,0	311.308,0	220.000,0
AGO - 67,8	250.154,0	200.000,0	270.154,0	220000,0
SET - 19,0	64.752,0	200.000,0	84.752,0	220.000,0
OUT -10,3	31.692,0	200.000,0	0,0	84.752,0
NOV -11,1	34.618,0	200.000,0	0,0	0,0
DEZ -20,4	69.996,0	200.000,0	0,0	0,0
Nr			5,0	

Fonte: o autor

O projeto simplificado ou parcial tem os seus custos através demonstrados no quadro 5.11.

Quadro 5.10 – Custo do sistema simplificado

Custo para implementação do sistema de coleta pluvial					
Itens	Descrição	Unidade	Quant	Preço Unitário	Preço Total
1	Limpeza Manual	m ²	68	2,80	190,40
2	Locação da Obra	m ²	68	6,66	452,88
3	Sondagens	m	20	48,42	968,40
4	Escavação mecânica	m ³	40	8,85	354,00
5	Aterro Compactado	m ³	8	36,71	293,68
6	Carga e Transporte de terra	m ³	49	2,96	145,04
7	Momento de transporte	m3xkm	980	1,88	1.842,40
8	Lastro de concreto magro	m ³	3,4	363,49	1.235,87
9	Concreto Usinado fck= 25 MPA c/ lançamento	m ³	6,4	426,01	2.726,46
10	Ferro CA- 50	kg	512	5,79	2.964,48
11	Forma de tábua	m ²	3,2	47,22	151,10
14	Tubos de descida PVC 100mm	m	170	12,75	2.167,50
21	Tanques de 20.000 l fornecimento e instalação	und	1	3.950,00	3.950,00
22	Filtros e drenos	cj	1	700,00	700,00
Total					13.492,21
BDI 25%					3.373,05
Total geral					16.865,27

Fonte: o autor

O sistema de bombeamento não pode ter o seu custo avaliado por ter sido utilizado uma bomba usada que estava sem uso, a tubulação de recalque também foi o aproveitado de um sistema de irrigação do proprietário, a instalação das bombas e a energização foram realizadas pelos funcionários da manutenção com materiais disponíveis na indústria e reciclados.

5.9 Validação do sistema proposto

No período de 20 de junho a 04 de julho de 2016 houveram precipitações na região de Caruaru com um acumulado de 21,6 mm, a maior precipitação ocorreu no dia 22/6/2016 e correspondeu a 1,6 mm.

Neste período foram captadas 6 (seis) caixas de água de 20.000 L, e o bombeamento destas se deu sempre após o enchimento das mesmas. Um dos motivos para isto ter ocorrido foi o controle da quantidade de água que era aduzida a caixa d'água superior. A captação neste período correspondeu a 120.000 L, havendo uma economia no período da compra de 8 caminhões pipas de 15.000 litros. Sabendo-se que o custo individual do abastecimento de um caminhão pipa é de R\$140,00, foi economizado R\$ 1.120,00 neste período. O sistema de bombeamento para a altura manométrica da caixa d'água superior é capaz de transportar uma vazão de 12,82 L/s que foram determinados experimentalmente uma vez que não foi possível identificar as curvas das bombas.

5.10 Análise da qualidade das águas pluviais

Com o acúmulo de água de chuva foram realizadas coletas de amostras cujos resultados estão descritos nas tabelas 5.6, 5.7 e 5.8.

Tabela 5.7 – Coleta no ponto 1 - Reservatório de Água Pluvial

Parâmetros	Valor Padrão Conama 357/05	Valor Padrão MS 2914/11	Resultados
pH	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	7,2
Condutividade umho/cm	-	-	214
Turbidez Ut	≤ 5	≤ 5	2,3
Cor uH (Pt/Co)	≤ 15	≤ 15	13,6
Alcalinidade mg/L de CaCO ₃	-	-	50,95

Continuação Tabela 5.7

Parâmetros	Valor Padrão Conama 357/05	Valor Padrão MS 2914/11	Resultados
Dureza Total mg/L de CaCO ₃	≤ 500	≤ 500	78,09
Cálcio mg/L de CaCO ₃	-	-	27,17
Magnésio mg/L de CaCO ₃	-	-	2,49
Cloretos mg/L de Cl	≤ 250	≤ 250	23,69
Sulfato mg/L de SO ₄	≤ 250	≤ 250	7,8
Amônia (como NH ₃) mg/L de N	≤ 1,5	≤ 1,5	0,04
N. Nitrito mg/L de N	≤ 1,0	≤ 1,0	0,003
N. Nitrato mg/L de N	≤ 10,0	≤ 10,0	1,3
Carbonato mg/L de CaCO ₄	-	-	0
Fluoreto mg/L de F	≤ 1,5	≤ 1,5	0,62

Fonte: Compesa

Tabela 5.8 – Coleta no ponto 2 - Reservatório de Água Potável - Gelágua

Parâmetros	Valor Padrão Conama 357/05	Valor Padrão MS 2914/11	Resultados
pH	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	7,1
Condutividade umho/cm	-	-	90,7
Turbidez Ut	≤ 5	≤ 5	1,57
Cor uH (Pt/Co)	≤ 15	≤ 15	4,1
Alcalinidade mg/L de CaCO ₃	-	-	5,02
Dureza Total mg/L de CaCO ₃	≤ 500	≤ 500	10,66

Continuação Tabela 5.8

Parâmetros	Valor Padrão Conama 357/05	Valor Padrão MS 2914/11	Resultados
Cálcio mg/L de CaCO ₃	-	-	4,15
Magnésio mg/L de CaCO ₃	-	-	0,07
Cloretos mg/L de Cl	≤ 250	≤ 250	19,2
Sulfato mg/L de SO ₄	≤ 250	≤ 250	4
Amônia (como NH ₃) mg/L de N	≤ 1,5	≤ 1,5	0,03
N. Nitrito mg/L de N	≤ 1,0	≤ 1,0	0,002
N. Nitrato mg/L de N	≤ 10,0	≤ 10,0	0,7
Carbonato mg/L de CaCO ₄	-	-	0
Fluoreto mg/L de F	≤ 1,5	≤ 1,5	0,09

Fonte: Compesa

Tabela 5.9 – Coleta no ponto 3 - Reservatório de Superior - Mistura de Agua de Pipa com Agua de Chuva

Parâmetros	Valor Padrão Conama 357/05	Valor Padrão MS 2914/11	Resultados
pH	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	7,5
Condutividade umho/cm	-	-	232
Turbidez Ut	≤ 5	≤ 5	2,49
Cor uH (Pt/Co)	≤ 15	≤ 15	9,1
Alcalinidade mg/L de CaCO ₃	-	-	25,2
Dureza Total mg/L de CaCO ₃	≤ 500	≤ 500	62,65

Continuação Tabela 5.9

Parâmetros	Valor Padrão Conama 357/05	Valor Padrão MS 2914/11	Resultados
Cálcio mg/L de CaCO ₃	-	-	19,48
Magnésio mg/L de CaCO ₃	-	-	3,39
Cloretos mg/L de Cl	≤ 250	≤ 250	39,24
Sulfato mg/L de SO ₄	≤ 250	≤ 250	18,3
Amônia (como NH ₃) mg/L de N	≤ 1,5	≤ 1,5	0,06
N. Nitrito mg/L de N	≤ 1,0	≤ 1,0	0,004
N. Nitrato mg/L de N	≤ 10,0	≤ 10,0	1,5
Carbonato mg/L de CaCO ₄	-	-	0
Fluoreto mg/L de F	≤ 1,5	≤ 1,5	0,9

Fonte: Compesa

Com o resultado das análises verifica-se que a água de chuva captada pelo sistema atende aos parâmetros físico químicos para o seu uso na linha de produção da indústria, O conhecimento da qualidade da água é essencial para a definição do tratamento mais adequado e da viabilidade de seu uso (MAY.2004)

As Figuras 5.17 a 5.20 mostram o sistema de coleta que foi construído na indústria.



Figura 5.17 – Reservatório de água pluvial

Fonte: o autor



Figura 5.18 – Casa da bomba

Fonte: o autor



Figura 5.19 – Tubulação de coleta

Fonte: o autor



Figura 5.20 – Ponto de coleta

Fonte: o autor

5.11 Diretrizes para um sistema de coleta de águas pluviais'

Com base nas observações do sistema de captação implantado na indústria cerâmica, uma proposta de diretrizes foi elaborada na forma de tópicos a serem estudados e orientações para o projeto e gerenciamento do Sistema de Captação de Águas Pluviais

- Deverá se ter o conhecimento do regime hídrico através do estudo da climatologia da região do empreendimento.
- Em projetos novos, o projeto de aproveitamento de água de chuva este deve ser concebido junto com o Projeto da edificação, em adequações deverá ser verificado todos os elementos do sistema existente, deverão ser utilizadas as normas da ABNT para o perfeito dimensionamento e ou verificação de cada elemento. Deve ser considerado o atendimento no mínimo das seguintes normas:
 - Projeto dos Elementos da Captação
 - NBR 1084 - Instalações Prediais de Águas Pluviais,
 - Determinação da Capacidade dos Reservatórios
 - NBR 15527 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos
 - Reservatórios
 - NBR 12217 Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público
 - Sistema de Bombeamento
 - NBR 12214 - Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público
 - Desinfecção
 - NBR 10156 Desinfecção de tubulações de sistema público de abastecimento de água
 - ,NBR 15527- Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos
 - Portaria MS 2914/2011 - Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

- O sistema de captação de água deve ser isolado dos demais sistemas, não deve haver contaminação cruzada com o sistema de água potável, exceto quando o sistema de tratamento garantir a sua potabilidade.
- Deverá ter dispositivo que permita descartar as primeiras águas.
- Deverá ter dispositivo de descarte das impurezas, as impurezas devem ser tratadas como resíduos sólidos.
- O excesso de água deve ser direcionado para rede de drenagem, este lançamento deve ser feito de forma controlada.
- O sistema deverá ser devidamente sinalizado quando ao uso potável e não potável, as tubulações e torneiras que utilizam água não potável devem ter sinalização clara e de fácil entendimento.
- As águas do sistema de captação só devem ser usadas para fins potáveis quando:
 - For a única fonte de água disponível.
 - Tiver o tratamento de água adequado composto de no mínimo, decantação, filtração e desinfecção.
- O armazenamento deverá ser feito em tanques fechados, que impeçam que haja incidência direta dos raios solares na água.
- Deverá ser feita campanhas educativas junto aos usuários do sistema para dar conhecimento e tirar dúvidas.
- Deverão ser implantados na indústria os planos de manutenção e de plano de qualidade da água. O plano de manutenção, deverá ser criado com ações de manutenção mensal e trimestral para os diversos elementos do sistema, devendo ser previstas no mínimo as seguintes ações:
 - Plano de Manutenção
 - Mensal
 - Sistemas de desinfecção.
 - Sistema de bombeamentos
 - Tubulações
 - Trimestral
 - Calhas
 - Condutores verticais e horizontais
 - Dispositivos de descartes
 - Áreas de captação

- O plano de controle de qualidade da água
 - Semanal
 - Controle do cloro livre
 - Semestral
 - Análise Físico química
 - Análise Bacteriológicas

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Com a análise dos dados pluviométricos do município de Caruaru, constatou-se que o clima da região Agreste possui uma variabilidade e que esta leva a que a região e o moradores sofram momentos de grande vulnerabilidade, tanto hídrica como econômica. O regime pluviométrico do município de Caruaru pode ser avaliado e determinada a quantidade pluviométrica média/mês e a média anual permitindo traçar planos de uso do recurso.

O consumo de água pela Indústria da Cerâmica Vermelha se dá principalmente na preparação da massa de argila e na extrusão das peças cerâmicas, não existe na Indústria estudada um controle pontual do consumo, sendo controlado apenas o consumo global.

A captação de águas pluviais pode ser implementada com facilidade em qualquer empresa de qualquer ramo de atividade. O sistema de drenagem de águas pluviais existente pode ser aproveitado e adaptado as exigências de um sistema de captação. Os reservatórios são os elementos chaves do sistema e a sua capacidade de reservação é inversamente proporcional a disponibilidade pluviométrica da região e diretamente proporcional a demanda.

As amostras de água pluviais coletadas e analisadas atendem os requisitos necessários para o uso na indústria da cerâmica vermelha em todas as etapas da sua linha de produção.

O engajamento dos usuários e a quebra dos paradigmas deve iniciar junto ao projeto e ter ações permanente, através da divulgação em linguagem que seja facilmente assimilada pelo público alvo. Divulgação dos ensaios de qualidade de água e implantação de um programa de conservação da água são necessários para elevar a confiança no sistema.

As diretrizes para a implantação do sistema de captação permitem que desde o projeto o mesmo seja concebido para atender aos requisitos das normas e ao uso que se dará a água captada, além de indicar as medidas necessárias ao controle da qualidade e gestão da utilização da água pluvial.

O uso de sistemas de captação de água de chuva e a sua aplicação na indústria cerâmica vermelha ou em outros ramos industriais e domésticos é uma solução viável economicamente, contribui com a redução de alagamentos e permite que os mananciais sejam utilizados para fins mais nobres.

As áreas de captação, principalmente os telhados, podem ser usados, sem prejuízo da captação, para a instalação de coletores solares principalmente na região Agreste onde há grande disponibilidade de luz solar durante a maior parte do ano, a união destes sistemas deve permitir a diminuição dos custos de manutenção dos dois sistemas.

É necessário aprofundar o estudo para criar diretrizes em nível nacional e gerais para a captação de águas pluviais e o seu consorcio com coletores solares. A proposta de diretrizes para captação de águas pluviais em uma indústria cerâmica apresentada neste trabalho pode contribuir, junto com outros trabalhos realizados, a aperfeiçoar as normas e a legislação de forma a expandir o seu uso.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844:2007** – Instalações de Águas Pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13p

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

ALMEIDA, Marcos Antonio Ferreira de, **Diagnóstico da indústria cerâmica vermelha, do município do Paudalho, no Estado de Pernambuco**, 109p, 2010 Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

ANICER. Programa Setorial da Qualidade dos Blocos Cerâmicos PSQ-BC. **Relatório Setorial n° 002/2017**. Disponível em: <http://anicer.com.br/wp-content/uploads/2017/05/Lista_PSQ_2017_05_24_Bloco.pdf> Acesso em: 31 mai. 2017.

APAC. Monitoramento hidrológico. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/monitoramento/>>. Acesso em: 08 mar.2016

AZEVEDO NETTO, J. M, FERNANDEZ, M. F, ARAUJO, R, ITO, A. E.. Manual de hidráulica, 8ª edição – São Paulo: Blucher, 1998.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações. Dissertação de mestrado, Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Porto, 2006, 204p

BRASIL. Lei n° 9.433 de 08 de janeiro de 1997. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Seção 1, p. 470.

BRASIL. Portaria n° 2914, de 11 de dezembro de 2011, Ministério da Saúde, **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Seção 1, p. 39.

BRASIL. Resolução n° 357, de 17 de Março de 2005, CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58.63.

BRASIL. Resolução nº 410, de 04 de maio de 2009, CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 05 mai. 2009. Seção 1, p. 106.

COMPESA. Abastecimento de água em Caruaru agora é feito exclusivamente pelo Sistema do Prata. **Diário de Pernambuco**. Recife. 28 ago. 2015. Disponível em: <http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/vida-urbana/2015/08/28/interna_vidaurbana,595118/abastecimento-de-agua-em-caruaru-agora-e-feito-exclusivamente-pelo-sistema-do-prata.shtml> Acesso em: 20 set. 2015.

CONDEPE/FIDEM. **Rio Ipojuca**. Recife, 2005. 64p. (Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco, 1.)

DOS SANTOS, THAIS E.M.; MONTENEGRO, ABELARDO A.A.. "Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano." *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 16, no. 8, 2012, p. 871- 880.

FARIAS, Monica Isabel S. A Literatura de Cordel como um Recurso Pedagógico para Inclusão e Construção do Conhecimento no Ensino da Morfologia. Disponível em: <https://www.inesul.edu.br/revista/arquivos/arq-idvol__1381074009.pdf > Acesso em: 20 jul. 2017.

FIEMG/FEAM. Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais/ Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Vermelha**. Belo Horizonte, 2013. 59p.

FREIRE, Cleuda Custódio, OMENA, Sylvia Paes Farias de. Princípios de hidrologia ambiental. Disponível em:

http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Editais_Anexos/Attachments/23/03.PHidrologiaAmb-GRH-220909.pdf. Acesso em: 10 fev. 2016.

FRONZA, Ney. **Estudos das potencialidades do reuso de água em uma indústria frigorífica** – Florianópolis, 2004, 82p

GAIDZINSKI, R.; DUAILIBI FILHO, J.; TAVARES, L. M. M. Sazonamento e Homogeneização de Argilas em Pilhas. **Cerâmica Industrial**, v. 10, n. 5/6, p. 19.22, 2005.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HOLANDA, R. M.; SILVA, B. B. Cerâmica vermelha – desperdício na construção versus recurso natural não renovável: estudo de caso nos Municípios de Paudalho/PE e Recife/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 4, n. 4, p. 872. 890, 2011.

HÜBNER, Ricardo. **Análise do uso de água em um abatedouro de aves**. Dissertação de mestrado, curso de pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

JENKINS, G; B, R.; C. M.; G.D; L. J; W. R. **Stabilising climate to avoid dangerous climate change - a summary of relevant research at the Hadley Centre**. Hadley Centre, January 2005.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. “Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes”. Wall-map 150cmx200cm. 1928.

MACIEL, D. S. C. M.; FREITAS, L. S. Análise do processo produtivo de uma empresa do segmento de cerâmica vermelha à luz da produção mais limpa. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v.13, n. 4, p. 1355.1380, 2013.

MARENGO, José A., ALVES Lincoln M., BESERRA, Elder A., LACERDA, Francinete F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas **Instituto Nacional do Semiárido Campina Grande – PB**, 2011 Disponível em:
<http://plutao.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/plutao/2011/09.22.18.52.30/doc/Marengo_Variabilidade.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2017

MAY, Simone, **Estudo da Viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. São Paulo. 2004. 159p. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Construção Civil.

MILNES, Mathew. **The Mathematics of Pumping Water AECOM Design Build**. The Royal Academy of Engineering Disponível em:
<<http://www.raeng.org.uk/publications/other/17.pumping-water>> Acesso em: 15 mai. 2017.

MIERZWA, J. C., **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria: Estudo de caso da KODAK Brasileira**. 2002. 401f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

NÓBREGA, R. S.; FARIAS, R. F. L.; SANTOS, C. A. C. Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.30, n.2, p. 171 – 180, 2015.

OLIVEIRA, Frederico Moyle Baeta de. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto** – Ouro Preto, Minas Gerais - 2008. 97f - Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Ouro Preto.

PAZ, Y. M. **Sistema de gestão da qualidade na indústria de cerâmica vermelha: modelo metodológico para eficácia no uso da argila**. 2015. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.

RAMOS, Andrea Malheiros, SANTOS, Luiz André Rodrigues, FORTES Lauro Tadeu Guimarães, **Normais Climatológicas do Brasil, 1961-1990**, Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, 2009 - 465 p

RAMOS, Manoel Henrique. Desenvolvimento de Alternativas para a Reutilização da Água no Serviço Público Municipal. Disponível em:

<http://www.semase.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_55.pdf> Acesso em: 20 fev. 2016.

PAZ, Y. M.; MORAIS, M. M.; HOLANDA, R. M. Desenvolvimento Econômico Regional e o Aproveitamento de Resíduos Sólidos no Polo da Indústria da Cerâmica Vermelha do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 06, n.06, p. 1682.1704, 2013.

SALVADOR, M. A. **Análise da variabilidade climática na nova fronteira agrícola do Brasil: região do Matopiba**. Tese (Doutorado em Meteorologia), Universidade Federal de Campina Grande, 2014.

SANTIAGO, Gabriela Ayane Chagas Felipe. Impactos de cenários climáticos futuros na aptidão agroclimática da cana-de-açúcar na Zona da Mata de Pernambuco. / Gabriela Ayane Chagas Felipe Santiago. - Recife: O Autor, 2015. 95 f. : il., gráfs., tabs. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2015.

SANTOS, Carlos Antonio Costa dos, BRITO, José Ivaldo Barbosa de. Análise dos índices de extremos para o semi-árido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.3, 303-312, 2007

SHIKLOMANOV, Igor A. World Fresh Water Resources in **Water in Crisis** – A Guide to the World's Fresh Water Resources edited by Peter H. Gleick – OXFORD UNIVERSITY PRESS – 1993.

SILVA, K. A. et al. Effect of temporal variation in precipitation on the demography of four herbaceous populations in a tropical dry forest area in Northeastern Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, v. 63, n. 4, p. 903-914, 2015.

TOMAZ, Plinio. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. Guarulhos, SP, Fev. 2009. Disponível em: < <http://ftp-acd.puccampinas.edu.br/pub/professores/ceatec/lorenzino/Util/aguadechuva.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2015.

TOMAZ, Plinio. Aproveitamento de água de chuva. São Paulo, Navegar, 2003, 180p.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 31-33, Dez. 2003. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400018&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 24 ago. 2017.

WIECKA, Rogerio, FHB, Jamil Duailibi. Extrusão em Cerâmica Vermelha: Princípios Básicos, Problemas e Soluções Rogerio Cerâmica Industrial (18) 3 – Maio/Junho – 2013

ANEXOS

CORDEL



No agreste de Pernambuco
É seca atrás de seca
E água é um bem precioso
Que nem pra todo mundo chega.

A água serve primeiro para a sede matar
Esse é o uso mais nobre não se pode contestar
Os outros usos também são de grande
importância
Porque só com água no bucho, ninguém há de
se sustentar

1

A chuva quando vem
Lava a terra, lava a alma
Cria esperança nova
Mas que logo vai embora

A chuva por pequena que seja
Pode grande estrago causar
Alaga rua, arrasta a terra
Se não tiver cuidado pode até matar

2

O ciclo é sempre o mesmo
A água evapora no mar
Lá em cima se condensa
Se encontra condição ela logo precipita

Cai em forma de chuva, neve ou granizo.
Corre nos leitos dos rios, infiltra na terra
Acaba voltando para o mar
E o ciclo recomeça

3



No agreste já chove pouco
 E isso não é novidade
 Mas piora quando a seca
 Dura mais que de costume

Os açudes secam todos
 As barragens não pegam água
 E o pouco que sobra tem que dar
 Para matar a sede do povo

5

A Kitambar em sua existência

Muita chuva viu passar
 Lavando os seus telhados
 Sem nada deixar.

E nesse tempo todo
 Nenhuma gota aproveitou
 Tudo ia para sarjeta
 Era tudo um choro só

Ai o seu Antônio
 Que é muito do esperto
 Pensou, deve ter um jeito
 E deve ser um caso para doutor

Chamou logo um professor doutor
 Da UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE
 PERNAMBUCO
 Acostumado a tratar
 Das coisas ambientais

6

7



Romildo Morant é o nome dele
 Que disse logo tem jeito
 Vou deixar na mão de um aprendiz meu
 E vou mostrando o caminho certo

No Programa de Pós-Graduação em Engenharia
 Ambiental

Procurou um Engenheiro, que trabalha na
 Compesa.

Acostumado com água

Daria logo a resposta

9

Julio Tenorio de Oliveira é o nome
 Desse seu aprendiz
 Fez logo o projeto, com diversas opções
 Do mais completo ao mais simples.

Dinheiro é coisa que não se acha em árvore
 E num momento de crise
 Tem que se fazer o que pode
 Foi feito um negócio simples, mas que desse
 resultado

10

Hoje agora é diferente
 A água que chove é captada
 E do sistema de drenagem
 Vai direto para a caixa

As primeiras chuvas servem
 Para o telhado limpar
 Mas depois tudo é guardado
 E é fácil de usar.

11

Mas para usar direito
 Não é só capturar
 É preciso definir o uso
 Para adequadamente tratar

Com ela se faz tijolo e telha
 E o custo reduzindo
 Esse custo que se fala
 Não é só de dinheiro não

Na kitambar essa água
 É usada no processo
 Misturada com a terra
 Cria a tal da argamassa

A redução mais importante
 É a do custo Ambiental.
 Pois guardando a água da chuva
 E usando no processo

12

13

A Kitambar vai deixando
 De comprar água a pipeiro
 É menos água do Pipa chegando
 É mais água sobrando no barreiro

E a natureza agradece
 A essa iniciativa
 Pois sobra mais água para o povo
 Sua sede saciar

Com menos Pipa rodando
 Menos Petróleo se queima
 Menos CO2 é jogado
 Direto na atmosfera

Com o tempo a Kitambar
 Que aprendeu bem a lição, agora quer ensinar
 E espera que todo o mundo
 Não deixe de aproveitar

14

15

Essa estória inspiradora
Serve muito de lição
Pois usar bem água
Não é mais que obrigação.

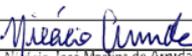
Se cada um fizer sua parte
Por menor que seja ela
Esse é o caminho certo
Para tudo melhorar.



PROGRAMA DE PÓSGRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA AMBIENTAL
(PPEAMB/UFRPE)

CARUARU - 2016

ENSAIOS

 Companhia Pernambucana de Saneamento GEAM - Sistema de Gerenciamento de Amostras			
Análise Físico-Química de Água			
Certificado : 2585 / 2016	Coletor : Júlio Tenório	Interessado :	
Tipo de Amostra : Tratada		Data Coleta : 11/08/2016	
Ponto de Coleta : Indústria Cerâmica de Caruaru – Ponto 2 – Gelágua			
Procedência : Cerâmica Kitambar – BR 232 – Caixa D'Água			
Chuvas nas 24 Horas :			
Cloro Residual Total (mg/Cl) :	Temperatura:	Profundidade:	Hora :
Regional :	Sistema :		
Mananciais :			
Parâmetros	Valor Padrão	Resultados	
pH	6,0 a 9,5	7,1	
Condutividade umho/cm	-	90,7	
Turbidez uT	≤ 5	1,57	
Cor uH (Pt/Co)	≤ 15	4,1	
Alcalinidade mg/L de CaCO ₃	-	5,02	
Dureza Total mg/L de CaCO ₃	≤ 500	10,66	
Cálcio mg/L de CaCO ₃	-	4,15	
Magnésio mg/L de CaCO ₃	-	0,07	
Cloretos mg/L de Cl	≤ 250	19,20	
Sulfato mg/L de SO ₄	≤ 250	4,0	
Amônia (como NH ₃) mg/L de N	≤ 1,5	0,03	
N. Nitrito mg/L de N	≤ 1,0	0,002	
N. Nitrato mg/L de N	≤ 10,0	0,7	
Carbonato mg/L de CaCO ₄	-	0,0	
Fluoreto mg/L de F	≤ 1,5	0,09	
Observação :			
Valor padrão conforme limites estabelecidos pela Portaria 2914/11 Ministério da Saúde.			
Data: 22 / 08 / 2016		Responsável: 	

Mirácio José Martins de Arruda
 CRQ - 01 102 063 - Mat. 8043-8
 Químico LPQ / CLQ
 COMPESA



Companhia Pernambucana de Saneamento
GEAM - Sistema de Gerenciamento de Amostras

Análise Físico-Química de Água

Certificado : 2583/2016	Coletor : Júlio Tenório	Interessado :
Tipo de Amostra : Bruta (Clorada) Data Coleta : 11/08/2016		
Ponto de Coleta : Indústria Cerâmica de Caruaru – Ponto 3 – Reservatório Superior		
Procedência : Cerâmica Kiambar – BR 232 – Água de Chuva / Carro Pipa		
Chuvas nas 24 Horas :		
Cloro Residual Total (mg/Cl) :	Temperatura:	Profundidade: Hora :
Regional :	Sistema :	
Mananciais :		
Parâmetros	Valor Padrão	Resultados
pH	6,0 a 9,5	7,5
Condutividade umho/cm	-	232,0
Turbidez uT	≤ 5	2,49
Cor uH (Pt/Co)	≤ 15	9,1
Alcalinidade mg/L de CaCO ₃	-	25,2
Dureza Total mg/L de CaCO ₃	≤ 500	62,65
Cálcio mg/L de CaCO ₃	-	19,48
Magnésio mg/L de CaCO ₃	-	3,39
Cloretos mg/L de Cl	≤ 250	39,24
Sulfato mg/L de SO ₄	≤ 250	18,30
Amônia (como NH ₃) mg/L de N	≤ 1,5	0,06
N. Nitrito mg/L de N	≤ 1,0	0,004
N. Nitrato mg/L de N	≤ 10,0	1,5
Carbonato mg/L de CaCO ₄	-	0,0
Fluoreto mg/L de F	≤ 1,5	0,90

Observação :

Valor padrão conforme limites estabelecidos pelo Conama 357/05.

Data: 22 / 08 / 2016

Responsável:

Milão Amde
Nivaldo José Martins de Arruda
CRQ - 01.102.063 - Mat. 8043-8
Químico LPQ / CLQ
COMPESA



Companhia Pernambucana de Saneamento
GEAM - Sistema de Gerenciamento de Amostras

Análise Físico-Química de Água

Certificado : 2584 / 2016	Coletor : Júlio Tenório	Interessado :
Tipo de Amostra : Bruta	Data Coleta : 11/08/2016	
Ponto de Coleta : Indústria Cerâmica de Caruaru – Ponto 1 – Reservatório de Água de Chuva		
Procedência : Cerâmica Kitambar – BR 232 – Caruaru		
Chuvas nas 24 Horas :		
Cloro Residual Total (mg/Cl) :	Temperatura:	Profundidade: Hora :
Regional :	Sistema :	
Mananciais :		
Parâmetros	Valor Padrão	Resultados
pH	6,0 a 9,5	7,2
Condutividade umho/cm	-	214,0
Turbidez uT	≤ 5	2,30
Cor uH (Pt/Co)	≤ 15	13,6
Alcalinidade mg/L de CaCO ₃	-	50,95
Dureza Total mg/L de CaCO ₃	≤ 500	78,09
Cálcio mg/L de CaCO ₃	-	27,17
Magnésio mg/L de CaCO ₃	-	2,49
Cloretos mg/L de Cl	≤ 250	23,69
Sulfato mg/L de SO ₄	≤ 250	7,80
Amônia (como NH ₃) mg/L de N	≤ 1,5	0,04
N. Nitrito mg/L de N	≤ 1,0	0,003
N. Nitrato mg/L de N	≤ 10,0	1,3
Carbonato mg/L de CaCO ₄	-	0,0
Fluoreto mg/L de F	≤ 1,5	0,62

Observação :

Valor padrão conforme limites estabelecidos pelo Conama 357/05.

Data: 22 / 08 / 2016

Responsável:

Niácio Almeida
Niácio José Martins de Arruda
CRQ - 01.102.063 - Mat. 8043-8
Químico LPQ / CLQ
COMPESA