

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PAULO SANDRO GOMES DE LACERDA FILHO

**AVALIAÇÃO DE CISTERNAS NA REGIÃO PARAIBANA DA BACIA DO
PIANCÓ PIRANHAS-AÇU**

JOÃO PESSOA – PB
2020

PAULO SANDRO GOMES DE LACERDA FILHO

**AVALIAÇÃO DE CISTERNAS NA REGIÃO PARAIBANA DA BACIA DO PIANCÓ
PIRANHAS-AÇU**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal da
Paraíba – PB, como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Karine Cristiane de Oliveira Souza

João Pessoa – PB

2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F481a Filho, Paulo Sandro Gomes de Lacerda.

Avaliação de cisternas na região paraibana da bacia do
Piancó Piranhas-Açu / Paulo Sandro Gomes de Lacerda
Filho. - João Pessoa, 2020.

69 f. : il.

Orientação: Karine Souza.

Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Piancó-Piranhas-Açu. 2. Cisternas. 3. Vantagens. 4.
Desvantagens. I. Souza, Karine. II. Título.

UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

PAULO SANDRO GOMES DE LACERDA FILHO

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE CISTERNAS NA REGIÃO PARAIBANA DA BACIA DO PIANCÓ PIRANHAS-AÇU

Trabalho de Conclusão de Curso em 04/04/2020 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Karine Cristiane de Oliveira Souza

Aprovado

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do
CT/UEPB



Gilson Barbosa Athayde Júnior

Aprovado

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do
CT/UEPB



Claudino Lins Nóbrega Júnior

Aprovado

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do
CT/UEPB



Prof.ª. Andrea Brasiliano Silva

Matrícula Siape: 1549557

Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu avô Sebastião que, mesmo de longe, se fez presente na minha memória e no meu coração.

“Se uma pessoa não tem mais sonhos, perde o sentido de viver. Sonhar é preciso.”

Ayrton Senna

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família que me deu suporte para concluir essa tão importante caminhada. Agradeço aos meus pais por todo o amor que me deram durante toda a minha vida. Agradeço à minha irmã que nunca deixou de estar ao meu lado. Agradeço à Maria, uma pessoa que dedicou a vida por mim. Agradeço ao meu primo Rafael, um irmão de outra mãe.

Sou grato também a todos os profissionais que fizeram parte, direta ou indiretamente, do meu processo de graduação. Agradeço à banca examinadora deste trabalho pela aceitação do convite. Em especial, agradeço à minha professora orientadora pelo apoio e pela atenção ao longo de todo o processo de elaboração deste trabalho.

À Natuê Jardinaria, Construtora Massai e Sanccol, agradeço pelas oportunidades de estágio fornecidas, sendo de extrema importância para minha formação como profissional.

Aos meus amigos da escola, muitos estando presentes ao longo de toda minha vida, agradeço por todo o suporte fornecido. Em especial, agradeço ao meu amigo Lucas, irmão que a vida me deu.

Aos meus colegas de curso, agradeço por todo o apoio ao longo de toda a graduação. Em especial, agradeço a dois grandes amigos que fiz na Universidade, Wilian e João Luiz, pois sem eles o caminho teria sido muito mais árduo.

À minha namorada, Bruna, agradeço por todo o apoio e carinho que me dera ao longo de todo esse tempo e por ter mudado minha forma de lidar com a vida.

RESUMO

A falta de água é um problema que afeta periodicamente o semiárido nordestino, onde situa-se a bacia do Piancó-Piranhas-Açu, gerando consequências severas a população residente em tal região. A captação e o armazenamento de águas pluviais surgem como uma medida para minimizar os problemas gerados por esse fenômeno. Porém, esse tipo de intervenção requer cuidados para que seja implantada, a fim de evitar que surjam novos problemas. Os sistemas de captação pluvial são divididos em três componentes: a captação, a condução e a reservação. O último é composto por reservatórios, popularmente chamados de cisternas. Eles podem ser de vários tamanhos e constituídos de diferentes tipos de materiais. Alguns apresentam vantagens e desvantagens, quando comparados aos outros, sendo de interesse o estudo acerca de suas características e de seus custos. Assim, foram levantados parâmetros necessários para compará-los. Neste trabalho foi abordado três tipos de reservatórios, sendo: de placas de cimento, de tijolos e pré-fabricado. Foi feita uma análise das características de cada um e um detalhamento do processo construtivo de cada um, levando em considerações os seus custos de produção, chegando a valores que variam de R\$ 2000,00 até R\$ 4000,00. Ao fim do trabalho foi feita uma avaliação com intuito de detalhar qual dos reservatórios é melhor para determinadas situações.

Palavras-chave: Piancó-Piranhas-Açu, cisternas, vantagens, desvantagens, custos.

ABSTRACT

The lack of water is a problem that periodically affects the northeastern semiarid, where the Piancó-Piranhas-Açu basin is located, generating severe consequences for the population in that region. The capture and storage of rainwater appears as a measure to minimize the problems generated by this phenomenon. However, this type of intervention requires care to be implemented, in order to prevent new problems from arising. The rain catchment systems are divided into three components, a catchment, a conduction and a reserve. The latter consists of reservoirs, popularly used by cisterns. They can come in various sizes and can be made up of different types of materials. Some advantages and disadvantages, when compared to others, being of interest or study on its characteristics and costs. Thus, necessary parameters for comparison were raised. In this work, three types of reservoirs were addressed, namely: cement slabs, bricks and prefabricated ones. An analysis of the characteristics of each one was carried out and details of the construction process of each one, taking into account their production costs, reaching values ranging from R\$ 2000,00 to R\$ 4000,00. At the end of the work, an evaluation was made in order to identify which of the reservoirs is best for the situations below.

Keywords: Piancó-Piranhas-Açu, cisterns, advantages, disadvantages, costs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Bacia do Piancó-Piranhas-Açu.....	19
Figura 2: Isoietas das precipitações médias da bacia do Piancó-Piranhas-Açu.....	20
Figura 3: Funcionamento de uma cisterna.	24
Figura 4: Construção de uma cisterna de placas de cimento.....	27
Figura 5: Cisterna de placas de cimento concluída.....	28
Figura 6: Cisterna de tijolos em fase de construção.....	30
Figura 7: Cisterna de tijolos sem o telhado e em fase de acabamento.....	30
Figura 8: Cisterna de Fibra de Vidro	32
Figura 9: Cisterna de manta de PEAD.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros para o dimensionamento do sistema	36
Tabela 2: Dimensionamento do volume das cisternas	45
Tabela 3: Dimensões da cisterna de placas.....	46
Tabela 4: Quantitativos dos materiais que compõem a base da cisterna.	47
Tabela 5: Quantitativos dos materiais que compõem as placas de cimento.	47
Tabela 6: Quantitativos que compõem o acabamento das paredes da cisterna.	48
Tabela 7: Dimensões da cisterna de tijolos.....	49
Tabela 8: Quantitativos dos materiais que compõem a base da cisterna.	50
Tabela 9: Quantitativos dos materiais que compõem a parede da cisterna.....	51
Tabela 10: Quantitativos dos materiais que compõem a tampa da cisterna	51
Tabela 11: Quantitativos que compõem o acabamento das paredes da cisterna.	52
Tabela 12: Quantitativos dos materiais que compõem a base da cisterna.	53
Tabela 13: Quantitativo do sistema de captação pluvial.	54
Tabela 14: Composição para execução da base	54
Tabela 15: Composição para execução das paredes e da tampa.....	55
Tabela 16: Composição para execução dos rebocos interno e externos	56
Tabela 17: Composição para execução da base	57
Tabela 18: Composição para execução das paredes	58
Tabela 19: Composição da execução da tampa	59
Tabela 20: Composição para a execução dos rebocos internos e externos	60
Tabela 21: Composição para compra e locação do reservatório de fibra de vidro....	61
Tabela 22: Composição para execução da base	62
Tabela 23: Composição para execução dos sistemas de captação.....	63
Tabela 24: Custo total da cisterna de placas.....	65

SUMÁRIO

1. Introdução	14
2. Objetivos	17
2.1. Objetivo geral	17
2.2. Objetivos específicos	17
3. Revisão bibliográfica	18
3.1. Situação da água no Nordeste e no Brasil	18
3.2. Bacia do Piancó Piranhas-Açu	18
3.3. A água na região paraibana da bacia do Piancó-Piranhas-Açu	20
3.4. A cisterna como medida de intervenção para a seca.....	21
3.5. A eficácia da cisterna como solução para o abastecimento de água	22
3.6. Programa cisternas	23
3.7. Funcionamento de uma cisterna	24
3.8. Qualidade da água de cisternas.....	25
3.9. Cisternas	26
3.9.1. Cisternas de placas de cimento	27
3.9.2. Cisterna de tijolos	29
3.9.3. Cisterna pré-fabricada.....	31
3.10. Critérios para dimensionamento de uma cisterna.....	33
4. Metodologia	35
4.1. Dimensionamento do sistema	35
4.2. Escolha do material da cisterna pré-fabricada	36
4.3. Dimensões das cisternas	37
4.4. Tampas das cisternas	37
4.5. Determinação dos quantitativos	38
4.5.1. Base das cisternas.....	38

4.5.2.	Placas de cimento.....	39
4.5.3.	Parede de tijolos	39
4.5.4.	Acabamento das paredes	41
4.6.	Sistema de captação pluvial.....	42
4.7.	Composições de custo	42
4.7.1.	Critérios para determinação da mão de obra.....	43
4.7.2.	Algumas observações com relação às composições.....	43
5.	Resultados	45
5.1.	Dimensionamento do volume das cisternas.....	45
5.2.	Dimensionamento da cisterna de placas.....	45
5.2.1.	Dimensões	45
5.2.2.	Quantitativos	46
5.2.2.1.	Base da cisterna.....	46
5.2.2.2.	Parede de placas de cimento	47
5.2.2.3.	Acabamento das paredes.....	47
5.3.	Dimensionamento da cisterna de tijolos.....	49
5.3.1.	Dimensões	49
5.3.2.	Quantitativos	49
5.3.2.1.	Base da cisterna.....	49
5.3.2.2.	Parede de tijolos.....	50
5.3.2.3.	Tampa da cisterna.....	51
5.3.2.4.	Acabamento das paredes.....	51
5.4.	Dimensionamento da cisterna pré-fabricada.....	52
5.4.1.	Dimensões	52
5.4.2.	Quantitativos	53
5.4.2.1.	Base da cisterna.....	53
5.5.	Dimensionamento do sistema de captação.....	53

5.5.1.	Quantitativos do sistema de captação pluvial	53
5.6.	Composições de custo	54
5.6.1.	Composições da cisterna de Placas de Cimento.....	54
5.6.2.	Composições da cisterna de Tijolos	57
5.6.3.	Composições da cisterna de fibra de vidro	61
5.6.4.	Composição do sistema de captação	63
5.7.	Custo total de cada cisterna.....	64
6.	Considerações finais.....	66
7.	Referências	68

1. INTRODUÇÃO

Não é de hoje a problemática da escassez de água na sub-região nordestina chamada sertão, onde se encontra a Bacia do Piancó Piranhas-Açu. Esse fenômeno, conhecido como Seca, afeta periodicamente as pessoas residentes em tal espaço desde a época do período colonial, de quando se passou a ter os registros, até dias atuais.

A água é uma substância vital para os seres vivos. Sem ela não há vida, por isso é tão importante a sua disponibilidade em quantidade e qualidade. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2001), o ser humano, independentemente de sua característica socioeconômica, tem direito a um adequado sistema de abastecimento de água.

Existem inúmeros relatos de períodos de seca ao longo da história, sendo o de maior destaque o que ocorreu entre os anos de 1877 a 1878, no qual, segundo Campos (1997) apud Lisboa (1913), vitimou 500 mil pessoas que viviam na região do Ceará e vizinhança, ou seja, o equivalente a 50% da população da época.

Assim, pode-se notar que esse período é extremamente maléfico a todos os setores da sociedade que estão inseridos nessa situação, afetando a indústria, a agropecuária e outros dependentes, e principalmente atingindo a qualidade de vida das pessoas, que em determinadas situações tem o seu abastecimento de água cessado.

Uma forma de amenizar os danos causados pela seca é o armazenamento de água, por meio da captação de águas pluviais, muito utilizado em regiões com clima semiárido. Segundo Tavares (2009), a construção de sistemas de captação de água caseiros tem se revelado como uma boa alternativa para disponibilizar água para consumo humano na região do semiárido brasileiro, sendo uma opção barata, que consegue produzir resultados mais imediatos e que tem uma execução simples.

O funcionamento de um sistema de captação de águas pluviais consiste na utilização dos telhados das casas, e até mesmo o solo, como área de captação, das calhas e dos condutos verticais como sistema de condução e das cisternas como meio

de armazenamento. Existem diversos tipos de cisternas para armazenar água, variando com relação a sua forma e capacidade, tendo diferentes modelos adequados a diferentes situações (GRINGS E OLIVEIRA, 2005).

Porém, existem fatores que limitam a utilização dessa solução. Um deles está no fato de a água armazenada nem sempre ser realmente potável para o consumo humano, pois existem alguns casos em que a água da cisterna passa por um processo de contaminação e deixa de ser adequada para suprir a necessidade fisiológica do ser humano. Segundo Amorim e Porto (2003), os riscos à saúde pública existem, ou por falta de um sistema de abastecimento de água, ou por um fornecimento inadequado dela.

Outro fator que influencia no sucesso da implementação desse tipo de sistema é a capacidade de armazenamento da cisterna, e para quantas famílias ela será utilizada, tendo que ser dimensionada de acordo com o que chove na região, para não ocorrer problemas de a cisterna não conseguir captar toda a água necessária para suprir a necessidade de uma ou mais casas, ou a cisterna captar água demais, dificultando a sua manutenção.

Mas o critério mais relevante para determinar se a implementação desse tipo de solução é viável ou não é o do custo atrelado a execução de cada sistema, sendo necessário um levantamento bem elaborado dos serviços que compõem todo o processo executivo.

Devido a periodicidade do fenômeno já citado e a sua gravidade, a adoção de medidas de intervenção faz-se necessário para prevenir a falta de água causada por ele.

Para isso, a adoção de cisternas para o armazenamento de água mostra-se bastante eficaz, tendo o seu grande diferencial no fato de sua construção ser *in loco*, ou em qualquer outra propriedade do consumidor, sendo mais barata e mais eficaz que, por exemplo, grandes reservatórios. Segundo Campos (1997), as barragens a céu aberto podem apresentar índices de evaporação anual de cerca de 3000mm/ano, enquanto as cisternas apresentam valores insignificantes.

Entretanto, é necessário tomar certas precauções, como o tratamento da água armazenada, e cuidados na elaboração dos projetos e das comparações de custo que compõem o processo executivo, com o objetivo de sempre escolher a melhor cisterna para a região estudada.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral fazer uma comparação de custos de cisternas que serão implementadas na região paraibana da bacia do Piancó-Piranhas-Açu.

2.2. Objetivos específicos

Descrever as cisternas de placas de cimento, tijolos e as pré-fabricadas.

Dimensionar os volumes e descrever os processos construtivos das respectivas cisternas para a região paraibana da bacia do Piancó-Piranhas-Açu.

Orçar cada tipo de cisterna, a partir dos preços obtidos das composições de custo e dos quantitativos levantados.

Comparar as cisternas escolhidas para o estudo considerando suas características físicas e os custos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Situação da água no Nordeste e no Brasil

A água doce é um elemento fundamental para que haja vida. Sua escassez é uma ameaça à sobrevivência das populações e do ambiente favorável à vida na terra (BRAGA et al, 2006).

O Brasil é um dos países do mundo com maior reserva de água doce, mas que devido a sua elevada extensão territorial apresenta uma heterogeneidade com relação às suas características climáticas, tendo a região Norte, a menor em população do país, apresentando cerca de 70% das reservas hídricas do Estado Brasileiro, e outras regiões como a região Nordeste com apenas 3% (GONDIM, 2001).

No território brasileiro existem quatro tipos de clima predominantes, sendo: equatorial úmido, tropical, subtropical e semiárido, tendo o último a participação territorial de apenas 10% em relação ao total brasileiro (VIEIRA e JOAQUIM, 2006).

Com relação as precipitações, cerca de 90% da extensão territorial do Brasil apresenta média pluviométricas que variam de 1000 a 3000 mm/ano. Já a região central do Nordeste, na qual contempla o semiárido, apresenta média pluviométrica de 500 a 800 mm/ano (VIEIRA e JOAQUIM, 2006).

É notório que as condições que o semiárido brasileiro apresenta podem dificultar a vida humana que habita tal região, fazendo-se necessário um maior empenho e uma maior racionalidade do uso dos recursos naturais (TAVARES, 2009).

3.2. Bacia do Piancó Piranhas-Açu

Região localizada nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte que apresenta área de drenagem de 43.683 km², sendo 60% em solo paraibano e 40% em solo potiguar, comportando ao todo 147 municípios. Sua delimitação está representada na figura 1. De acordo com o censo de 2010 (IBGE, 2010), a bacia estudada apresenta 1.406.808 habitantes, sendo 69% da população vivendo em meio urbano e 31% em meio rural (ANA, 2008).

Figura 1: Bacia do Piancó-Piranhas-Açu



Fonte: ANA (2008).

Com base em critérios como: hidrografia, presença de reservatórios de grande porte e unidades de gestão adotadas pelos Estados, a bacia foi subdividida em 11 unidades de planejamento hidrológico, sendo: Piancó, Alto Piranhas, Peixe, Espinharas, Médio Piranhas Paraibano, Seridó, Médio Piranhas Paraíba/Potiguar, Médio Piranhas Potiguar, Paraú, Paxató e Bacias Difusas do Baixo Açu (ANA, 2008).

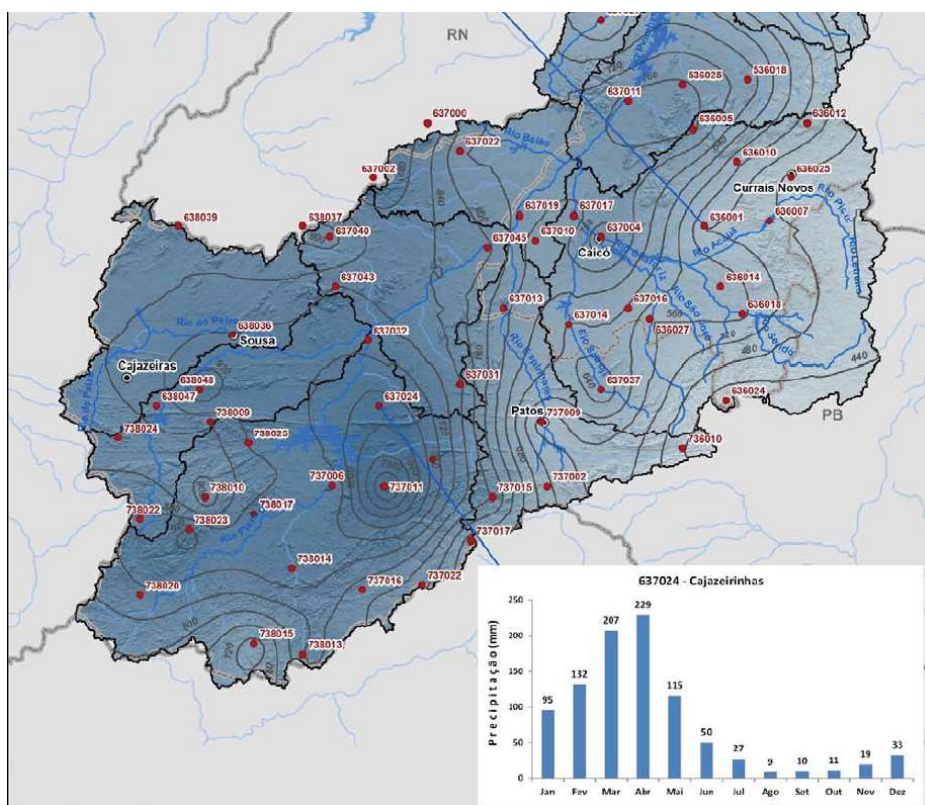
O principal curso d'água da bacia é formado pelos rios Piancó, Piranhas e Açu, tendo o primeiro sua nascente coincidindo com o início da bacia, na cidade de Santa Inês – PB, seguindo até o encontro do rio Piranhas, que também nasce no estado da Paraíba, após a confluência o seu nome continua sendo Piranhas e ele segue em direção ao Rio Grande do Norte. Ao chegar ao reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, maior reservatório da bacia, ele passa a se chamar de rio Açu, continuando com esse nome até o deságue no mar na cidade de Macau – RN (ANA, 2008).

3.3. A água na região paraibana da bacia do Piancó-Piranhas-Açu

O estado da Paraíba detém 36 reservatórios que estão localizados na bacia em estudo, somando 2.398,6 hm³ de capacidade total (cerca de 44,8% de toda a bacia). O maior reservatório da região em solo paraibano é o Coremas/Mãe-D'água com uma capacidade para armazenar 1.159,0 hm³ (ANA, 2008).

A região apresenta um clima semiárido, no qual detém médias pluviométricas, em torno, de 900 mm/ano e que apresenta boa parte dessa precipitação nos quatro primeiros meses do ano, como demonstra a figura 2.

Figura 2: Isoietas das precipitações médias da bacia do Piancó-Piranhas-Açu



Fonte: ANA (2008).

Por conta da baixa precipitação anual e da concentração de chuvas em um período curto, a adoção de intervenções, como as cisternas, faz-se necessário para que a população detenha de alternativas de abastecimento de água.

3.4. A cisterna como medida de intervenção para a seca

A captação de água da chuva de forma individual parece ter surgido há muitos anos, sendo usada e popularizada em regiões que apresentavam clima semiárido, que apresenta a característica de que as chuvas ocorrem durante poucos meses no ano (GNADLINGER, 2000, ANDRADE NETO, 2004 apud TAVARES, 2009).

O sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisternas pode ser considerado uma solução individual de abastecimento de água. É uma forma simples de obtenção de água, que tem sido adotada há vários séculos. Consegue-se, mesmo com o baixo índice pluviométrico típico de regiões semiáridas, uma quantidade de água capaz de suprir as necessidades básicas de uma família, para beber e cozinhar (FUNASA, 2013, p. 100).

A coleta e o aproveitamento de águas pluviais perderam força ao longo dos anos devido ao surgimento de novas tecnologias, como a construção de grandes barragens, aproveitamento de águas subterrâneas, entre outras (GNADLINGER, 2000 apud TAVARES, 2009).

Nos dias atuais, se tem feito sistemas de captação de água pluviais aos moldes do que era feito antigamente, mas com base em critérios mais atuais de construção, manejo e preservação da água (GNADLINGER, 2000, ANDRADE NETO, 2004 apud TAVARES, 2009).

Assim, a utilização de águas advindas de captação pluvial voltou a ganhar destaque, sendo uma forma moderna de gerir os recursos hídricos tanto para fins potáveis e não potáveis (GNADLINGER, 2000 apud TAVARES, 2009).

Segundo a FUNASA (2013), as vantagens mais relevantes da implantação de sistemas de captação de águas pluviais são:

- O reservatório pode ser vedado, diminuindo a perda de água por evaporação;
- Consegue armazenar água durante todo o período de seca, devendo a cisterna estar bem conservada;
- Sua construção é nos arredores da residência, evitando que o consumidor necessite se deslocar por longos caminhos para ter acesso à água;

- A água pluvial pode ser consumida pelo ser humano se apresentar os cuidados necessários.

Assim, inúmeros países desenvolvidos, como Alemanha, Austrália, Japão, Estados Unidos, estão se comprometendo com o aproveitamento de águas pluviais e o desenvolvimento de tecnologias que auxiliem na manutenção da sua qualidade, garantindo seu uso (TAVARES, 2009).

3.5. A eficácia da cisterna como solução para o abastecimento de água

Do ponto de vista de eficiência da implementação de sistemas de abastecimento de água advindas de captação pluvial, um programa de construção de cisternas só é aconselhável quando todas as casas de uma comunidade são atendidas, assim evita-se a situação de que em algumas casas haverá cisterna e em outras não (GNADLINGER, 1999).

Com isso não tem chance a hipótese de que outros moradores, que não tem cisternas em suas propriedades, vão atrás da água dos moradores, que detém do sistema de captação, no período seco, fazendo com que o reservatório esvazie antes do previsto, transmitindo um descrédito aos detentores da tecnologia de que ela não é útil (GNADLINGER, 1999).

Para evitar esse possível problema, o abastecimento por meio de água de chuva deve ser feito de forma individual. Aconselha-se a adoção de cisternas de no máximo 20 m³, pois o risco de rachaduras é mínimo, mesmo utilizando materiais de baixo custo. Além de que a construção de cisterna comunitárias necessitam de maiores volumes e de maiores áreas de captação para garantir o seu abastecimento, se tornando, muitas vezes, inviável (GNADLINGER, 1999).

3.6. Programa cisternas

O Brasil vem se desenvolvendo com relação à implantação de sistemas de captação de águas pluviais. Atualmente, o Estado Brasileiro tem um Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais, conhecido como Programa Cisternas, o qual é financiado pelo Ministério do Desenvolvimento Social desde o ano de 2003, com o objetivo de implantar soluções simples e de baixo custo para promover o acesso à água para consumo humano e para produção de alimentos (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL).

O público alvo do programa são famílias que apresentem baixa renda e que vivam em regiões rurais que sofram com a falta de água. O semiárido é a região de maior prioridade do programa, tendo o objetivo de promover à população que vive nesta região estruturação para que consigam conviver com a falta de água característica da região (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL).

O objetivo é alcançado a partir da construção de cisternas de placas e de outras tecnologias de captação de águas pluviais, que apresentam características de serem baratas e de fácil implantação. A metodologia de implementação desse programa consiste na interação direta com a população que vai ser beneficiada, envolvendo técnicas e procedimentos apropriados. Para isso essa implantação é dividida em 3 etapas (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL).

A primeira etapa é a mobilização social, que trata da escolha de qual comunidade será beneficiada e da mobilização das famílias que gozarão dos benefícios do projeto. A segunda etapa é a de capacitação, sendo a fase que trata das tecnologias implementadas pelo programa como “tecnologias sociais”, devido ao fato de que se deve estimular o envolvimento da população beneficiada por meio de capacitações. A terceira, e última, etapa é a implementação, que consiste na construção das tecnologias, escolhendo pessoas da própria comunidade para compor a mão de obra, barateando os custos e gerando oportunidades de trabalho (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL).

Ao longo de todo o processo existe uma cooperação entre o Programa e a comunidade beneficiada, pois ao longo do processo construtivo as famílias

beneficiadas e os trabalhadores envolvidos são capacitados pelo Programa, gerando um certo sentimento de pertencimento que pode promover uma maior sustentabilidade ao equipamento instalado (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL).

3.7. Funcionamento de uma cisterna

Uma cisterna é formada por um sistema de captação, sistema de filtragem e um reservatório. O primeiro é constituído de uma área que tem por objetivo captar a água da chuva, podendo ser formada por telhados ou áreas cimentadas, e por calhas e dutos que transportam a água obtida até os filtros. O segundo tem a função de retirar os elementos que se encontram em suspensão na água captada. Já o último tem como objetivo o armazenamento adequado da água captada. Na figura 3 é possível observar cada parte desse sistema, sendo (1) o sistema de captação, (2) o sistema de condução e (3) o reservatório.

Figura 3: Funcionamento de uma cisterna.



Fonte: Adaptado, EBC (2015).

Vale ressaltar, que caso a cisterna tenha o objetivo de atender ao consumo humano, é prudente apresentar filtros com uma capacidade de retenção maiores e sistemas que descartem as primeiras águas oriundas das precipitações, pois estas

são as que limpam as áreas de contribuição e tem a característica de apresentar muita matéria orgânica.

O abastecimento da cisterna pode ser feito por meio da captação de águas pluviais ou por meio de elementos capazes de transportar água de outras localidades até ela, como é o caso do caminhão pipa¹.

3.8. Qualidade da água de cisternas

É importante construir cisternas, mas é preciso garantir a qualidade da água armazenada por ela. Para conseguir tal feito, faz-se necessário a adoção de medidas que tem como finalidade criar barreiras que impeçam uma possível contaminação da água e medidas para seu tratamento (AMORIM e PORTO, 2003).

Para águas advindas de captação pluvial e de caminhões pipa, faz-se necessário a adoção de medidas que criem uma barreira física aos contaminantes e que proporcionem manutenções aos reservatórios, geralmente, são capazes de manter a qualidade da água armazenada (AMORIM e PORTO, 2003).

Segundo Amorim e Porto (2003), são exemplos de medidas que contribuem para garantir a qualidade da água:

- Manutenção do sistema de coleta;
- Limpeza anual da cisterna;
- Utilização de acessórios que elimine as primeiras águas;
- Sempre observar a existência de rachaduras;
- Sempre verificar a tampa da cisterna;
- Cuidados com a retirada da água da cisterna, não sendo prudente utilizar cordas e baldes.

Mesmo com a adoção desses procedimentos, é aconselhável o tratamento da água armazenada pela cisterna, adotando a filtração e a desinfecção como medidas principais para tal procedimento (AMORIM e PORTO, 2003).

¹ caminhão equipado com um reservatório para transporte de líquidos ou materiais pulverulentos.

O processo de filtração consiste na colocação de filtros na entrada da cisterna com o objetivo de remover partículas sólidas em suspensão na água. Já a desinfecção, segundo Amorim e Porto (2003), é um processo que tem como objetivo destruir os microrganismos presentes na água, que mesmo que tenha passado por um processo de filtração, pode não ser suficiente para sua total limpeza. O procedimento mais comum é o tratamento da água com cloro, podendo ser feito a partir de cloro líquido, encontrado em água sanitária, ou produtos de cloro sólido.

Segundo Amorim e Porto (2003), o sucesso desse procedimento depende de fatores, como:

- Tempo de contato da água com o cloro, sendo de no mínimo 30 minutos;
- O cloro residual livre² tem que ser de 0,5 mg depois de um processo de dosagem de 2,0 mg/L;
- A turbidez não pode ser maior que 1 UNT³.

Tudo isso exemplifica o quão importante é o sistema de filtragem, e como as duas medidas, filtração e desinfecção, devem trabalhar em conjunto.

3.9. Cisternas

A cisterna é um reservatório que armazena água advindas de captação pluvial. Ela pode apresentar diversas formas e tamanho. Os materiais utilizados podem ser vinimanta de PVC⁴, manta de PEAD⁵, fibra de vidro, alvenaria, ferro de cimento ou concreto armado. As cisternas constituídas de fibra de vidro e alvenaria são mais empregadas para pequenos volumes, até 30 m³, já as de PVC, PEAD e concreto armado são mais utilizadas em reservatórios que detém de grandes volumes (GRINGS e OLIVEIRA, 2005).

² É a quantidade de cloro disponível para eliminar algas e bactérias da água.

³ Unidade de turbidez.

⁴ Painéis ou módulos produzidos a partir de uma composição de PVC, aditivos, plastificantes e estabilizantes utilizados na execução de impermeabilizações.

⁵ Manta que é composta por polietileno de alta densidade utilizado na execução de impermeabilizações.

3.9.1. Cisternas de placas de cimento

A cisterna de placa de cimento é constituída por placas, com dosagem de uma parte de cimento para quatro partes de areia média, com tamanho de 50 por 60 cm e 3 cm de espessura, apresentando uma curvatura que depende da capacidade final. As placas podem ser fabricadas no próprio local, utilizando fôrmas simples (GNADLINGER, 1999; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL).

A cisterna fica enterrada a uma profundidade de aproximadamente dois terços da sua altura total, sua execução inicia-se com uma cimentação da base, com traço de 4 partes de areia grossa, 3 partes de brita e 1 parte de cimento. Após sua cura, ela recebe as placas de concreto que são postas uma sobre as outras de forma semelhante ao modo que se produz paredes de alvenaria convencional, tendo que ser escoradas por varas, que podem ser de madeira, com o objetivo de dar sustentação à parede até que a argamassa que une as peças esteja seca. Após esse processo, enrola-se um arame de aço galvanizado (Nº12) por todo o perímetro externo da cisterna possibilitando que ela seja rebocada (GNADLINGER, 1999; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL). Parte desse processo pode ser observado na figura 4.

Figura 4: Construção de uma cisterna de placas de cimento



Fonte: Construindodecor.

A cobertura também é executada com placas de cimento, que estarão apoiadas em caibros, que podem ser de madeira ou de concreto. É necessário apenas um reboco na parte externa do telhado para dar a sustentação necessário a estrutura (GNADLINGER, 1999; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL). Por fim, é feito o acabamento externo da cisterna e colocado a bomba manual para permitir a retirada da água de maneira correta, evitando a contaminação da água armazenada.

A parede interna, o chão e a tampa são rebocados e cobertos com nata de cimento forte, o traço para esse reboco é de três partes de areia fina para uma parte de cimento. Já a dosagem para o reboco das faces da parede externa é de cinco partes de areia fina para uma parte de cimento. O tempo médio de construção desse tipo de cisterna é de cinco dias (GNADLINGER, 1999; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL). Na figura 5 há uma ilustração da cisterna de placas pronta.

Figura 5: Cisterna de placas de cimento concluída



Fonte: (TAVARES, 2009).

Segundo Gnadlinger (1999), as vantagens e desvantagens das cisternas de placas em relação às outras são:

Vantagens:

- As ferramentas necessárias para sua construção estão disponíveis em qualquer comunidade rural;

- Não é necessário a colocação de uma torneira para a retirada de água, visto que ela pode acontecer pelo topo da cisterna;
- É indicada para projetos pequenos que visam a construção de um número limitado de unidades em curtos períodos;
- Apresenta um baixo custo de implantação;
- A água é fresca, pois boa parte da sua estrutura fica abaixo da terra.

Desvantagens:

- Requer uma mão de obra qualificada, devido à locação das paredes na placa de fundação apresentar um formato circular e só poder apresentar uma margem de erro de 2 cm;
- Aderência entre as placas podem ser insuficientes, causando rachaduras, ocasionando futuro vazamentos;
- Necessidade de um tempo de espera de cerca de três semanas entre a fabricação das placas e sua colocação;
- Pode apresentar grandes volumes de escavação;
- Vazamentos podem ser impossíveis de remediar.

3.9.2. Cisterna de tijolos

Essa cisterna também fica enterrada dois terços de sua altura total. Sua execução inicia-se a partir da construção de uma base de concreto, com traço semelhante ao da cisterna de placas, depois os tijolos de oito furos são assentados em uma vez⁶, fazendo com que a parede apresente 19 cm de espessura, e de uma forma que ela apresente uma geometria circular (GNADLINGER, 1999).

As paredes internas, externas e o chão são rebocadas, seguindo as mesmas dosagens da cisterna de placas, com a primeira e o último recebendo uma cobertura de nata de cimento para gerar uma melhor impermeabilização. O telhado deste tipo de cisterna é nivelado a partir de vigas de concreto com uma armação simples, ou por vigas de madeira, que darão sustentação a uma fina camada de concreto (GNADLINGER, 1999).

⁶ Tijolo é executado deitado, apresentando altura de 9 cm e comprimento de 19 cm.

Para melhorar a elasticidade, a argamassa deve ser feita com um traço que apresente cimento e cal, sendo 1 parte de cimento, para 2 partes de cal e 9 partes de areia. Para evitar vazamentos, aconselha-se que se coloque uma tela de arame de 1m de comprimento, no canto inferior da parede, cobrindo 50 cm da parede e 50 cm do chão, antes da execução do reboco externo, isso pode ser observado na figura 6. O tempo médio de construção desse tipo de cisterna é de cinco dias. (GNADLINGER, 1999). A figura 7 representa a cisterna já pronta, faltando somente a tampa.

Figura 6: Cisterna de tijolos em fase de construção



Fonte: Xiclista (2011).

Figura 6: Cisterna de tijolos sem o telhado e em fase de acabamento



Fonte: MfRural (2009).

Segundo Gnadlinger (1999), as vantagens e desvantagens das cisternas de tijolos em relação às outras são:

Vantagens:

- Adequada para construções individuais ou coletivas;
- Tirando o cimento e o ferro, todos os materiais necessários estão disponíveis no local;
- A cisterna se torna barata caso os recursos locais e o trabalho em mutirão sejam adotados;
- A água é fresca;

Desvantagens:

- Se for necessária a compra dos materiais, se torna uma cisterna cara;
- Apresenta um processo construtivo lento;
- Apresenta um elevado risco de vazamento que ocorre entre o fundo cimentado e a parede;
- Em cisternas grandes, o teto de concreto fica inviável devido ao grande diâmetro.

3.9.3. Cisterna pré-fabricada

Cisterna pré-fabricada nada mais é do que uma caixa d'água que comumente é utilizada em obras residenciais, porém com o objetivo de armazenar água da chuva. Existem diversos fabricantes desse tipo de reservatório, como Fortlev, Acqualimp, BakofTec, e os materiais que mais se destacam na concepção desse tipo de reservatório são a vinimanta de PVC, a manta de PEAD e a fibra de vidro. Nas figuras 8 e 9 pode-se observar alguns tipos de cisternas pré-fabricada.

Figura 7: Cisterna de Fibra de Vidro



Fonte: BakofTec (2019).

Figura 8: Cisterna de manta de PEAD.



Fonte: Acqualimp (2019).

Esse tipo de cisterna tem a característica de já ser encontrada pronta, tendo inúmeros modelos e tamanhos, porém é necessário a execução de alguns serviços para torná-la totalmente operacional, tais como: escavação (no caso de ser enterrada), construção de uma estrutura de proteção (para evitar que ela fique exposta as intempéries), elemento estrutural (caso haja a necessidade de algum tipo de fundação), entre outros.

Vale ressaltar também que existem alguns outros cuidados que devem ser tomados na utilização desse tipo de cisterna, pois alguns fabricantes, como a Fortlev e a Acqualimp, trazem em seus catálogos algumas peculiaridades dos seus produtos, como, por exemplo, a cisterna não poder ser enterrada em caso de presença de lençol

freático, ou indicação de como a cisterna deve ser içada, entre outras recomendações, sendo de extrema importância a consulta dos manuais antes da execução.

Em comparação com os outros tipos de cisternas já expostos neste trabalho, a solução pré-fabricada tem sua grande vantagem em relação ao tempo de execução, sendo, basicamente, comprar o reservatório, colocá-lo no local desejado e conectá-lo com o sistema de captação pluvial. Outra superioridade é que esse tipo de cisterna apresenta um maior controle tecnológico, apresentando um processo de fabricação a nível industrial, podendo garantir uma melhor vedação e conseqüentemente uma água mais segura, com relação a ataques de microrganismos.

Porém esse tipo de sistema, normalmente, apresenta valores elevados, quando comparado a cisternas de placas de cimento e de tijolos, além de outras limitações como, tamanhos pré-definidos, dificuldade de manuseio, grande dificuldade na recuperação de fissuras, ou rachaduras. Esses problemas podem ser representados por situações como: volume planejado não se enquadra nos volumes de cisterna disponíveis, necessidade de maquinário no manuseio dos reservatórios, necessidade de troca de todo o reservatório em caso de fissuras ou rachaduras.

3.10. Critérios para dimensionamento de uma cisterna

Demanda diária de água da população a ser atendida, índice médio de precipitação anual da região que será instalada a cisterna, o tempo que será necessário para armazenar a quantidade de água desejada e área de telhado necessária, ou disponível, para captação, são os principais critérios a serem levados em consideração para captação e armazenamento de águas pluviais (GRINGS e OLIVEIRA, 2005).

É necessário que a cisterna detenha de capacidade para reter a quantidade de água suficiente para suprir a demanda de água da população atendida por um período de no mínimo 15 dias. Para compensar a evaporação que ocorre durante o tempo na cisterna, adota-se um acréscimo de 10% no volume de reserva calculado. Tal valor é adotado devido à dificuldade de definir um coeficiente confiável que retrate tal fenômeno (GRINGS e OLIVEIRA, 2005).

Sendo assim, o volume da cisterna será definido a partir da equação que relaciona o volume da cisterna com o volume da demanda de água que multiplica a quantidade de dias de armazenamento necessário, sendo o mínimo 15 dias, acrescidos 10% ao valor final. Com o valor do volume em mãos, é possível determinar a área de telhado necessária, levando em consideração o fato de que 1mm de chuva precipitado sobre um telhado de 1m² gera 1 litro de água, assim, para se obter a área de captação necessária só é preciso dividir o volume estabelecido da cisterna pela precipitação do período no local estudado (GRINGS e OLIVEIRA, 2005).

4. METODOLOGIA

Duas direções orientam este trabalho, sendo os métodos qualitativos e quantitativos. O primeiro relata que a relação entre o objetivo e resultados não pode ser descrita por números, sendo mais utilizado em pesquisas de natureza social e cultural. Já o segundo afirma que para se obter resultados confiáveis, estes têm que ser expressos por números, sendo mais utilizado em pesquisas de cunho científico (PRAÇA, 2015). Este trabalho terá uma abordagem quali-quantitativa, que nada mais é do que a junção das duas metodologias.

A parte qualitativa será de cunho explicativo, realizada a partir de uma revisão bibliográfica, com a finalidade de buscar informações a respeito de diversos assuntos abordados ao longo do trabalho.

Já a parte quantitativa será elaborada a partir de levantamento das quantidades de serviços necessários para a construção de cada tipo de cisterna, a elaboração de custos para cada serviço e elaboração do orçamento geral.

A união entre o método qualitativo e quantitativo se dará na conclusão do trabalho, visto que não só será levado em conta o preço de cada cisterna, mas todo o seu conjunto, considerando as vantagens e desvantagens de uma em relação à outra e comparando seus custos de execução.

4.1. Dimensionamento do sistema

As cisternas estudadas neste trabalho apresentarão o mesmo volume, devido ao fato de que elas estarão inseridas na mesma região, com isso fatores ambientais e socioeconômicos, que regem o dimensionamento, serão iguais.

Os valores necessários para o seu dimensionamento são:

- Demanda diária de água;
- Índice médio de precipitação;
- Tempo de armazenamento;
- Área de telhado disponível, ou necessária.

Para o cálculo do volume, será considerado o atendimento de uma casa com cinco moradores que em situação crítica de cessamento do abastecimento de

água, segundo Tavares (2009), consomem entre 7 a 9 L/dia para suprir suas necessidades básicas, tais como: ingestão da água e higiene pessoal. O período de reservação considerado no projeto será de oito meses, contemplando todo o período de estiagem. A precipitação anual para a região paraibana da bacia do Piancó-Piranhas-Açu, segundo a ANA (2008), de 600 mm.

Tabela 1: Parâmetros para o dimensionamento do sistema

Precipitação anual média	600 mm
Consumo/Habitante.Dia	8 L/hab.dia
Número de dias	240
Número de pessoas	5

Fonte: Autor (2020).

O volume da cisterna será calculado a partir da multiplicação do número de pessoas que serão atendidas, pelo número de dias de armazenamento e pelo consumo diário. A equação 1 representa esse processo. Vale ressaltar que o denominador 1000 serve para a conversão de “mm” para “m” e o fator 1,10 serve como elemento de majoração para compensar a evaporação.

$$V = \left(\frac{N^{\circ} \text{ Pessoas} \times \text{Consumo} \times N^{\circ} \text{ de dias}}{1000} \right) \times 1,10 \quad (1)$$

Com o valor do volume calculado, será possível determinar a área de telhado necessária para conseguir abastecer a cisterna com o valor de precipitação anual de 600mm. Para isso, será feita uma divisão do volume (m³) pela precipitação (mm), obtendo um resultado em m², como mostra a equação 2.

$$A = \text{Volume} / \text{Precipitação} \quad (2)$$

4.2. Escolha do material da cisterna pré-fabricada

Como já exposto, existem diversos materiais que podem ser utilizados no processo de fabricação de reservatórios. Neste trabalho, optou-se por trabalhar com o reservatório de fibra de vidro devido a sua disponibilidade na tabela SINAPI, visto que ela é utilizada como base de preço deste trabalho, tornando a comparação entre os preços dos três tipos de cisterna mais justa.

4.3. Dimensões das cisternas

Com a informação de que as cisternas apresentam uma forma circular e com o seu volume calculado, será possível definir suas dimensões. Vale ressaltar que, devido a cisterna pré-fabricada já ser encontrada pronta no mercado, não é possível modificações com relação às suas dimensões, sendo estas fornecidas pelos próprios fabricantes.

As cisternas de placas e de tijolos apresentarão uma altura total de 1,20m, sendo 1m de altura molhada e 20 cm de folga entre a lâmina d'água máxima e o topo. 80 cm das cisternas ficarão enterrados, respeitando o critério de que 2/3 de sua altura tem que ficar assim, com o objetivo de garantir uma maior estabilidade e manter sua água fresca.

Com a altura definida, será possível calcular o raio necessário para que o reservatório tenha capacidade de suportar o volume calculado anteriormente. Esse cálculo será feito a partir de uma divisão entre o volume, que já fora calculado, pela altura escolhida. Com isso, obtém-se um valor de área necessário e consequentemente um valor de raio que corresponda a ela. Este valor será calculado a partir da equação 3

$$A = \pi r^2 \quad (3)$$

4.4. Tampas das cisternas

A cisterna de placas apresentará uma tampa cônica, com uma inclinação de 5%. Esse valor de inclinação é adotado devido à sua maior facilidade de execução. Sua altura é calculada a partir da multiplicação do raio da cisterna pela inclinação e sua geratriz é calculada a partir da equação 4.

$$G = \sqrt{H^2 + R^2} \quad (4)$$

Onde:

H = Altura da tampa;

R = Raio da cisterna;

Para a execução da tampa da cisterna de tijolos, optou-se por utilizar treliças pré-moldadas com enchimento de EPS⁷ cobertas com uma capa de concreto de 4 cm. A escolha dessa solução se dá devido ao fato de ser uma peça facilmente encontrada na região de estudo e de fácil execução. O espaçamento entre as treliças será de 40 cm. Essas treliças se apoiarão na própria parede, a partir da execução de chanfros na última fiada de tijolos.

A quantidade de treliças necessárias será determinada a partir da consideração de que cada uma tem 12 cm de largura e que as treliças cortadas não serão reaproveitadas. Com isso, será feita uma verificação de quantas treliças são necessárias para cobrir o comprimento de todo o diâmetro da cisterna.

Vale ressaltar que ao longo da execução das tampas das cisternas de placas e tijolos é necessário deixar uma abertura para a colocação de uma tampa de acesso de PVC, com dimensões de 50 cm x 50 cm.

4.5. Determinação dos quantitativos

4.5.1. Base das cisternas

A base de concreto das cisternas, na qual elas serão dispostas, apresentarão espessura de 4 cm, diferindo apenas os raios de cada uma. Com esses valores definidos, é possível calcular o volume que será necessário para a confecção da base de cada uma. O volume de concreto necessário para sua execução é calculado a partir da multiplicação da área da base, já calculada anteriormente, pela espessura escolhida, como demonstra a equação 5.

$$V_c = A_b \times e \quad (5)$$

Após a concretagem, a base receberá uma camada de reboco com uma espessura de 2 cm, sendo necessário um volume de argamassa calculado de forma análoga ao de concreto. Vale ressaltar que como as cisternas pré-fabricadas só estarão apoiadas sobre a camada de concreto, não é necessário a execução do reboco de sua base, como acontece nos outros dois tipos de cisterna.

⁷ EPS é a sigla internacional do Poliestireno Expandido. No Brasil é popularmente conhecido como Isopor®, marca registrada da empresa Knauf.

Com os volumes de concreto e argamassa calculados, foi possível determinar os quantitativos de materiais que os compõem, utilizando traço de 4 partes de areia grossa, 3 partes de brita e 1 parte de cimento, já exposto no item 3.9.1.

erá utilizado uma massa específica para o cimento de 1200 kg/m³ com a finalidade de transformar a unidade do cimento de “m³” para “kg”, sendo esta última a unidade que o produto é comercializado.

4.5.2. Placas de cimento

Com o raio da cisterna de placas definido, é possível calcular o seu perímetro, a partir da equação 6. Com a informação de que as paredes de placas de cimento apresentarão 3 cm de espessura, como exposto anteriormente, unido ao conhecimento de sua altura e geratriz, é possível determinar o volume de argamassa necessário para a execução das placas de cimento, a partir da equação 7.

$$P = 2\pi r \quad (6)$$

$$V = P \times e \times H \quad (7)$$

Neste trabalho não foi levado em considerado a madeira que será utilizada na confecção das fôrmas e no escoramento das placas, devido ao fato de o local prioritário da implantação das cisternas ser a zona rural, onde, normalmente, apresenta abundância desse material que pode ser utilizada para fazer tais elementos.

Com o volume da argamassa definido, será possível determinar as quantidades de cada material que o compõe, as proporções de cada material do traço dessa mistura já foi exposto no item 3.7.1. O quantitativo de cimento sairá em “Kg” a partir da multiplicação do seu volume, achado a partir da proporção do traço, por sua massa específica já exposta anteriormente.

4.5.3. Parede de tijolos

Para o cálculo da quantidade de tijolos necessários para a execução da cisterna será necessário determinar a área da parede e a área que cada bloco ocupa. A primeira será determinada a partir da multiplicação do perímetro da parede, calculado pela equação 4, por sua respectiva altura. Já a última, serão consideradas

juntas de argamassa com espessura de 1 cm, tanto na face lateral como na face inferior do bloco cerâmico, gerando um elemento com dimensões de 30 cm de largura (sendo 29 cm do bloco), e altura de 10 cm (sendo 9 cm do bloco), formando uma área de bloco de 0,030 m².

Vale ressaltar que a execução da cisterna requer que os tijolos sejam assentados deitados, conhecido como assentamento em uma vez.

Com os valores da área da parede e do bloco determinados, será possível determinar a quantidade de tijolos necessária para a execução da parede. Por meio da equação 8.

$$N^e = \left(\frac{A_{Lateral}}{A_{Unit.Bloco}} \right) \times 1,10 \quad (8)$$

Onde,

$A_{Lateral}$ = Área total da parede da cisterna.

$A_{Unit.bloco}$ = Área que cada bloco ocupa, considerando a argamassa.

O valor de 1,10 serve para majorar a quantidade de tijolos, compensando as perdas ao longo do processo executivo.

A quantidade de argamassa necessária para o assentamento dos blocos será calculada a partir da mesma consideração das espessuras da argamassa feita no parágrafo anterior. Com isso, cada tijolo apresentará um volume de 1 cm multiplicado pela face lateral, somado a 1 cm multiplicado pela face inferior. Com o valor de argamassa necessário para um bloco, será preciso somente multiplicar esse valor unitário pela quantidade total de tijolos para determinar o volume total de argamassa, sendo ainda adicionado um coeficiente de majoração de 1,2 para compensar as perdas que ocorrerão no processo executivo.

De forma análoga aos itens anteriores, o quantitativo de cimento, que sairá em “m³”, será convertido para “Kg”, com a justificativa de que o cimento é comercializado nesta última unidade.

4.5.4. Acabamento das paredes

O reboco das cisternas de placas de cimento e de tijolos será executado em três áreas, a parede externa, a interna e a tampa, apresentando diferenças somente no traço da massa e na presença de impermeabilizante na mistura, sendo o interno o único com a presença deste material.

No cálculo dos quantitativos, será considerado que o reboco tenha uma espessura de 2 cm, com isso, multiplica-se esse valor pela área de cada elemento e determina-se a quantidade de argamassa, em volume, necessária para sua confecção. Após a determinação do valor do volume de argamassa, encontra-se os valores de cimento e areia fina a partir dos traços já expostos anteriormente

Devido à dificuldade de achar fontes que indicassem de maneira confiável a proporção ideal de impermeabilizante para a execução do reboco, o autor consultou profissionais da área que recomendaram a utilização de 5 L desse produto na elaboração dos rebocos internos de cada cisterna.

Como já demonstrado neste trabalho, antes da execução do reboco, é necessário a amarração das placas de cimento com um arame galvanizado nº12 ao longo do perímetro da cisterna. Para a disposição das linhas de arame, considera-se um espaçamento de uma amarração à outra de 10 cm, a fim de gerar uma boa sustentação das paredes, sendo necessárias 5 voltas, a primeira começando a 10 cm do chão e a última terminando a 10 cm do topo.

Com isso, determina-se a metragem total de arame que será utilizada, porém esse material é comercializado em “Kg”, sendo necessário a conversão de metro para quilograma. Segundo a SINAPI (2019), o valor do quilograma por metro do arame galvanizado nº12 é de 0,0048. Assim, multiplicando a metragem necessária por esse valor encontra-se a quantidade de arame necessário na sua unidade comercial.

Já nas cisternas de tijolos, é necessário a colocação de uma tela de arame ao longo do seu perímetro, cobrindo 50 cm do chão e 50 cm da face de sua parede externa. Com isso a tela terá que apresentar, no mínimo, largura de 1m e comprimento

igual ao valor do perímetro. Após a colocação da tela, é efetuado a execução do reboco.

4.6. Sistema de captação pluvial

Com relação a captação pluvial, será considerado que as residências que serão beneficiadas pela construção das cisternas já apresentem telhado e calhas, sendo necessário somente a ligação da área de captação ao reservatório. Vale ressaltar que este sistema será igual nos três tipos de cisternas estudadas neste trabalho.

Para execução dessa ligação, considera-se a utilização de um tubo com diâmetro de 100 mm, que segue os parâmetros da NBR 5688 (2010), com comprimento de 6m. Este valor foi arbitrado devido a variabilidade da locação da cisterna.

Como já exposto, é necessário a instalação de um filtro que elimine matérias sólidas em suspensão na água antes que ela chegue ao reservatório. Nestas cisternas serão utilizados filtros simples disposto na tubulação de chegada do reservatório.

Com relação a retirada da água das cisternas, foi previsto à necessidade da elaboração de um sistema de captação que permita a remoção da água de forma segura, sem haver risco de contaminação da água por objetos infectados.

Assim, considera-se esse sistema de captação composto por uma bomba manual e um tubo com diâmetro de 25mm. Para esta tubulação, considera-se um comprimento de 2m, a fim de que ela consiga atender a altura total da cisterna e apresente uma folga para a colocação de um pedaço do tubo após a bomba. Já para a escolha da bomba, será levado em conta a qualidade e o preço.

4.7. Composições de custo

Com os quantitativos dos materiais que compõem cada cisterna definidos, é possível elaborar os custos unitários para cada serviço, atrelando os valores dos materiais as suas quantidades necessárias.

Neste trabalho será utilizado como base de preço a tabela de referência de preços e custos não desonerados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) referente ao mês de setembro de 2019 para o estado da Paraíba. Essa tabela consiste na exposição de preços bases praticados no mercado e que servem de referência para elaboração de orçamentos.

Apesar da recomendação do Ministério do Desenvolvimento Social de utilizar mão de obra local para a construção das cisternas, optou-se por utilizar, no orçamento, os valores fixados pela SINAPI das horas de Pedreiro e Servente com a finalidade de simplificar quanto ao custo da mão de obra, de maneira a evitar uma grande variabilidade em relação a mão de obras locais, e de tornar a comparação mais justa entres os três tipos de cisternas abordados no trabalho.

4.7.1. Critérios para determinação da mão de obra

Para a execução das cisternas estudadas, considerou-se a utilização de um pedreiro e dois serventes. Eles trabalharão como horistas considerando os encargos sociais.

Para a cisterna de placas e tijolos, serão cinco dias de execução. Já para a cisterna de fibra de vidro serão dois dias.

4.7.2. Algumas observações com relação às composições

Devido à indisponibilidade de valores do filtro manual e da bomba manual na tabela SINAPI, será considerado uma cotação dos valores destes materiais, por isso, nas tabelas de composições, ao invés do código do insumo estará a palavra “Cotação”.

Além disso, é bom salientar que o sistema de captação, tanto o pluvial, quanto o de água da cisterna, será igual para todas as três cisternas estudadas, acarretando um valor da composição igual entres elas.

Devido à variabilidade da locação dessas cisternas, a região estudada apresenta uma área muito grande, portanto, não foi contabilizado o valor do frete dos materiais. É prudente que ao se executar esses sistemas, os materiais, como brita e

areia, sejam comprados em conjunto com outras comunidades adjacentes, para diluir o valor do frete.

5. RESULTADOS

5.1. Dimensionamento do volume das cisternas

Com base na equação 1 e nos valores assumidos para o dimensionamento do volume das cisternas, foi possível determiná-lo, como demonstrado na tabela abaixo.

Tabela 2: Dimensionamento do volume das cisternas.

Volume calculado	10,56 m ³
Área de telhado necessária	16,67 m ²
Volume adotado	10,00 m ³

Fonte: Autor (2020).

Tendo como base o volume calculado de 10,56 m³, adotou-se um volume de 10 m³, com a finalidade de torná-lo um número inteiro, devido as cisternas pré-fabricadas apresentarem, normalmente, volumes fechados.

Para um volume de 10 m³ e uma precipitação de 600mm, a área necessária de telhado é de 16,67m². Valor este que provavelmente as casas da região irão apresentar visto que ele é equivalente a uma residência com dimensões 4x4m.

5.2. Dimensionamento da cisterna de placas

5.2.1. Dimensões

Para um reservatório circular com volume de 10m³ e altura molhada de 1m é necessário um raio de 1,78m, conforme a equação 2. Para uma maior facilidade na hora da execução, adotou-se o valor do raio igual a 1,80m. A tampa da cisterna apresentará forma cônica com uma inclinação de 5% na geratriz, apresentando uma altura de 10 cm e uma geratriz de 1,80m. Esses valores podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3: Dimensões da cisterna de placas.

Volume adotado	10 m ³
Altura da cisterna	1,20 m
Altura molhada	1,00 m
Geratriz da tampa	1,80 m
Raio calculado	1,78 m
Raio adotado	1,80 m

Fonte: Autor (2020).

5.2.2. Quantitativos

Seguindo os critérios expostos anteriormente, foi possível determinar as quantidades de materiais que serão necessárias para a construção da cisterna. Essa quantificação foi dividida para cada elemento da cisterna e posteriormente somou-se todos os valores para determinar a quantidade total de cada material.

5.2.2.1. Base da cisterna

A base de concreto da cisterna, na qual as placas de cimento serão dispostas, apresentará espessura de 4 cm. Visto que a cisterna apresentará um raio de 1,80m, é possível calcular o volume que será necessário para a confecção da base. O volume de concreto obtido é de 0,407m³.

Após a concretagem da base, esta receberá uma camada de reboco com uma espessura de 2 cm gerando um valor de 0,204m³ de argamassa necessário para a sua confecção.

Com a utilização das proporções de cada material já demonstradas ao longo deste trabalho, foi possível determinar a quantidade de cada material, como mostra a tabela 4.

Tabela 4: Quantitativos dos materiais que compõem a base da cisterna.

Quantitativos	
Base da cisterna	
Espessura do concreto	4 cm
Espessura da argamassa	2 cm
Raio	1,80 m
Área	10,18 m ²
Volume de concreto	0,407 m ³
Volume de argamassa	0,204 m ³
Cimento	122,15 kg
Areia fina	0,153 m ³
Areia grossa	0,204 m ³
Brita	0,153 m ³
Tampa de PVC 50x50	1 unidade

Fonte: Autor (2020).

5.2.2.2. Parede de placas de cimento

A cisterna apresentará raio de 1,80m, sendo assim, seu perímetro será de 11,31m. As paredes da cisterna apresentarão 3 cm de espessura, como exposto na metodologia, sua altura será de 1,2m e a geratriz da sua tampa será de 1,80m. Com essas informações foi possível determinar o volume de argamassa necessário para construir as placas de cimento que a constituirão. Os resultados estão expressos na tabela 5.

Tabela 5: Quantitativos dos materiais que compõem as placas de cimento.

Quantitativos	
Placas de cimento	
Perímetro	11,31 m
Espessura	3 cm
Volume de argamassa	1,019 m ³
Cimento	244,52 kg
Areia média	0,815 m ³

Fonte: Autor (2020).

5.2.2.3. Acabamento das paredes

Como já relatado neste trabalho, é necessário a amarração das placas de cimento com um arame galvanizado nº12 ao longo do perímetro da cisterna. Seguindo

os critérios definidos na metodologia deste trabalho, encontrou-se um valor necessário de 5,97 Kg desse material.

Os cálculos do volume das quantidades de cimento, areia fina e impermeabilizante seguem o que já foi exposto no item 4.3.3, sendo apresentado os resultados desses cálculos na tabela abaixo.

Tabela 6: Quantitativos que compõem o acabamento das paredes da cisterna.

Quantitativos	
Arame galvanizado nº12	
Perímetro	11,31 m
Altura da cisterna	1,20 m
Distância	0,10 m
Número de voltas	11
Metragem	124,41 m
Massa	5,97 kg
Reboco externo	
Espessura	2 cm
Perímetro	11,31 m
Altura	1,20 m
Área	13,57 m ²
Volume de argamassa	0,271 m ³
Cimento	54,29 kg
Areia fina	0,226 m ³
Reboco interno	
Espessura	2 cm
Perímetro	11,31 m
Altura	1,20 m
Área	13,57 m ²
Volume de argamassa	0,271 m ³
Cimento	81,43 kg
Areia fina	0,204 m ³
Reboco da tampa	
Espessura	2 cm
Perímetro	11,31 m
Geratriz	1,80 m
Área	20,36 m ²
Volume de argamassa	0,407 m ³
Cimento	122,15 kg
Areia fina	0,305 m ³

Fonte: Autor (2020).

5.3. Dimensionamento da cisterna de tijolos

5.3.1. Dimensões

Seguindo os critérios elencados no item 4.2, esta cisterna apresentará forma circular, com altura total de 1,2 m, sendo 80 cm enterrados. Com o conhecimento desses valores, determinou-se o raio da cisterna, chegando a um valor de 1,78m. Seguindo o mesmo critério da cisterna de placas, efetuou-se um arredondamento com a finalidade de facilitar a execução dela.

Tabela 7: Dimensões da cisterna de tijolos

Volume adotado	10 m ³
Altura da cisterna	1,20 m
Altura molhada	1,00 m
Raio calculado	1,78 m
Raio adotado	1,80 m

Fonte: Autor (2020).

5.3.2. Quantitativos

Seguindo os critérios já expostos, foi possível determinar as quantidades de materiais que serão necessárias para a construção da cisterna. Essa quantificação foi dividida para cada elemento da cisterna e posteriormente somou-se todos os valores para determinar a quantidade total de cada material.

5.3.2.1. Base da cisterna

Devido à similaridade dimensional entre as cisternas de placas e de tijolos, a base de concreto que receberá o assentamento dos tijolos seguirá o mesmo raciocínio de dimensionamento da base da cisterna de placas, apresentando espessura de concreto de 4 cm, espessura de argamassa de 2 cm, raio de 1,8m, volume de concreto de 0,407m³ e volume de argamassa de 0,204m³.

Tabela 8: Quantitativos dos materiais que compõem a base da cisterna.

Quantitativos	
Base da cisterna	
Espessura do concreto	4 cm
Espessura da argamassa	2 cm
Raio adotado	1,80 m
Área da base	10,18 m ²
Volume de concreto	0,407 m ³
Volume de argamassa	0,204 m ³
Cimento	122,15 kg
Areia fina	0,153 m ³
Areia grossa	0,204 m ³
Brita	0,153 m ³

Fonte: Autor (2020).

5.3.2.2. Parede de tijolos

Para o cálculo da quantidade de tijolos necessários para a execução da cisterna foi necessário determinar a área da parede e a área que cada bloco ocupa. O valor da primeira foi de 13,57m². Já o valor da segunda foi de 0,030m².

Com os valores da área lateral da cisterna e da área que cada bloco ocupa determinados, pôde-se determinar a quantidade de tijolos necessária, seguindo os critérios expostos na metodologia deste trabalho, chegando a um valor de 498 blocos.

A quantidade de argamassa necessária para o assentamento dos blocos foi calculada a partir da mesma consideração das espessuras da argamassa feita no item 4.3.3. O valor de argamassa necessário calculado foi de 0,360m³.

Tabela 9: Quantitativos dos materiais que compõem a parede da cisterna

Quantitativos	
Parede de tijolos	
Perímetro	11,31 m
Altura da cisterna	1,20 m
Área lateral	13,57 m ²
Área de 1 tijolo	0,030 m ²
Nº de tijolos	498 unidades
Volume de argamassa	0,360 m ³
Cimento	49,78 kg
Cal	203,75 kg
Areia fina	0,373 m ³

Fonte: Autor (2020).

5.3.2.3. Tampa da cisterna

Sabendo que o raio da cisterna será 1,80 m, que a largura da treliça será de 12 cm e o espaçamento entre elas de 40 cm, serão necessárias seis treliças pré-moldadas para a confecção da tampa da cisterna, além de um volume de concreto de 0,072m³.

Tabela 10: Quantitativos dos materiais que compõem a tampa da cisterna

Quantitativos	
Tampa	
Raio	1,80 m
Capa de concreto	4 cm
Volume de concreto	0,072 m ³
Treliças pré-moldadas	6 unidades
Cimento	10,80 kg
Areia grossa	0,036 m ³
Brita	0,027 m ³
Tampa de PVC 50x50	1 unidade

Fonte: Autor (2020).

5.3.2.4. Acabamento das paredes

Como já exposto neste trabalho, é necessário a colocação de uma tela de arame ao longo do perímetro da cisterna, cobrindo 50 cm do chão e 50 cm da parede externa da cisterna. Seguindo os critérios definidos na metodologia deste trabalho, encontrou-se um valor necessário de 11,31m de uma tela com 1m de largura.

Os cálculos do volume das quantidades de cimento, areia fina e impermeabilizante seguem o que já foi exposto no item 4.3.3, sendo apresentado os resultados desses cálculos na tabela abaixo.

Tabela 11: Quantitativos que compõem o acabamento das paredes da cisterna.

Quantitativos	
Tela de arame	
Perímetro	11,31 m
Altura	1,00 m
Reboco externo	
Espessura	2 cm
Perímetro	11,31 m
Altura	1,20 m
Área	13,57 m ²
Volume	0,271 m ³
Cimento	54,29 kg
Areia fina	0,226 m ³
Reboco interno	
Espessura	2 cm
Perímetro	11,31 m
Altura	1,20 m
Área	13,57 m ²
Volume	0,271 m ³
Cimento	81,43 kg
Areia fina	0,204 m ³

Fonte: Autor (2020).

5.4. Dimensionamento da cisterna pré-fabricada

5.4.1. Dimensões

Com o volume e o tipo do material definidos, buscou-se em portais digitais tipos de reservatórios que se enquadrassem nas especificações já mencionadas anteriormente. Assim, foi escolhido um reservatório da fabricante Fortlev, que apresenta dimensões de 1,93m de altura e 2,78m de diâmetro total.

5.4.2. Quantitativos

Comparado aos outros dois tipos de cisterna, as pré-fabricadas só apresentam quantitativos com relação as obras necessárias ao seu funcionamento, contemplando sua base e o sistema de captação.

5.4.2.1. Base da cisterna

Com diâmetro necessário de 2,80m, como já demonstrado, pôde-se dimensionar a quantidade necessária de concreto magro para compor a base da cisterna. Assim como nas outras cisternas, essa camada apresentará espessura de 4 cm.

Tabela 12: Quantitativos dos materiais que compõem a base da cisterna.

Quantitativos	
Base da cisterna	
Espessura	4 cm
Raio	1,40 m
Área	6,16 m ²
Volume de concreto	0,246 m ³
Cimento	36,95 kg
Areia grossa	0,123 m ³
Brita	0,092 m ³

Fonte: Autor (2020).

5.5. Dimensionamento do sistema de captação

5.5.1. Quantitativos do sistema de captação pluvial

Seguindo os critérios já expostos na metodologia deste trabalho, os valores dos quantitativos dos materiais necessários para a execução do sistema de captação pluvial, que será igual para os três tipos de cisternas estudadas, expostos na tabela 13.

Tabela 13: Quantitativo do sistema de captação pluvial.

Quantitativos	
Bomba manual	
Quantidade	1 unidade
Filtro	
Quantidade	1 unidade
Tubulação	
Tubo de 100mm (Pluvial)	6 m
Tubo de 25mm (Cisterna)	2 m

Fonte: Autor (2020).

5.6. Composições de custo

5.6.1. Composições da cisterna de Placas de Cimento

Utilizando os preços de referência da SINAPI e sabendo que o processo de execução da base durará um dia, obteve-se a composição para a execução desse serviço, demonstrada na tabela 14.

Tabela 14: Composição para execução da base

Mão de obra					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
4750	Pedreiro	h	8	R\$ 13,71	R\$ 109,68
6127	Auxiliar de Pedreiro	h	16	R\$ 10,17	R\$ 162,72
Material					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
1379	Cimento Portland Composto CP II-32	kg	122,15	R\$ 0,44	R\$ 53,74
366	Areia fina - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m ³	0,153	R\$ 64,50	R\$ 9,85
367	Areia grossa - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m ³	0,204	R\$ 69,00	R\$ 14,05
4718	Pedra britada n. 2 (19 a 38 mm) posto pedreira/fornecedor, sem frete	m ³	0,15	R\$ 70,00	R\$ 10,69
Total:					R\$ 360,73

Fonte: Autor (2020).

Utilizando os preços de referência da SINAPI, cotações feitas pelo autor e sabendo que o processo de execução das paredes e da tampa da cisterna de placas durará dois dias, obteve-se a composição para execução desse serviço, demonstrada na tabela 15.

Tabela 15: Composição para execução das paredes e da tampa

Mão de obra					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
4750	Pedreiro	h	16	R\$ 13,71	R\$ 219,36
6127	Auxiliar de Pedreiro	h	32	R\$ 10,17	R\$ 325,44
Material					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
1379	Cimento Portland Composto CP II-32	kg	244,52	R\$ 0,44	R\$ 107,59
370	Areia média - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m ³	0,82	R\$ 69,00	R\$ 56,24
Cotação	Tampa de PVC 50x50	Unid	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Total:					R\$ 908,63

Fonte: Autor (2020).

Utilizando os preços de referência da SINAPI e sabendo que o processo de execução dos rebocos internos e externo das paredes e da tampa da cisterna durará um dia e meio, obteve-se a composição para execução desse serviço, demonstrada na tabela 16.

Tabela 16: Composição para execução dos rebocos interno e externos

Mão de obra					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
4750	Pedreiro	h	12	R\$ 13,71	R\$ 164,52
6127	Auxiliar de Pedreiro	h	24	R\$ 10,17	R\$ 244,08
Material					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
342	Arame galvanizado 12 bwg, 2,76 mm (0,048 kg/m)	kg	5,97	R\$ 11,68	R\$ 69,75
1379	Cimento Portland Composto CP II-32	kg	257,86	R\$ 0,44	R\$ 113,46
366	Areia fina - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m ³	0,735	R\$ 64,50	R\$ 47,42
123	Aditivo impermeabilizante de pega normal para argamassas e concretos sem armação	L	5	R\$ 5,59	R\$ 27,95
Total:					R\$ 667,17

Fonte: Autor (2020).

5.6.2. Composições da cisterna de Tijolos

Utilizando os preços de referência da SINAPI e sabendo que o processo de execução da base durará um dia, obteve-se a para execução da base de concreto, demonstrada na tabela 17.

Tabela 17: Composição para execução da base

Mão de obra					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
4750	Pedreiro	h	8	R\$ 13,71	R\$ 109,68
6127	Auxiliar de Pedreiro	h	16	R\$ 10,17	R\$ 162,72
Material					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
1379	Cimento Portland Composto CP II-32	kg	122,15	R\$ 0,44	R\$ 53,74
366	Areia fina - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m ³	0,153	R\$ 64,50	R\$ 9,85
367	Areia grossa - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m ³	0,204	R\$ 69,00	R\$ 14,05
4718	Pedra britada n. 2 (19 a 38 mm) posto pedreira/fornecedor, sem frete	m ³	0,15	R\$ 70,00	R\$ 10,69
Total:					R\$ 360,73

Fonte: Autor (2020).

Utilizando os preços de referência da SINAPI e sabendo que o processo de execução das paredes durará um dia e meio, obteve-se a composição para execução das paredes e da tampa da cisterna, demonstrada na tabela 18.

Tabela 18: Composição para execução das paredes

Mão de obra					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
4750	Pedreiro	h	16	R\$ 13,71	R\$ 219,36
6127	Auxiliar de Pedreiro	h	32	R\$ 10,17	R\$ 325,44
Material					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
367	Cimento Portland Composto CP II-32	kg	33,19	R\$ 0,44	R\$ 14,60
1106	Cal hidratada CH-I para argamassas	kg	135,83	R\$ 0,55	R\$ 74,71
366	Areia média - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m ³	0,25	R\$ 64,50	R\$ 16,06
7271	Bloco cerâmico (alvenaria de vedação), 8 furos, de 9 x 19 x 19 cm	unid	498,00	R\$ 0,42	R\$ 209,16
Total:					R\$ 859,33

Fonte: Autor (2020).

Utilizando os preços de referência da SINAPI e sabendo que o processo de execução tampa da cisterna durará um dia, obteve-se a composição para execução das paredes e da tampa da cisterna, demonstrada na tabela 19.

Tabela 19: Composição da execução da tampa

Mão de obra					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
4750	Pedreiro	h	8	R\$ 13,71	R\$ 109,68
6127	Auxiliar de Pedreiro	h	16	R\$ 10,17	R\$ 162,72
Material					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
1379	Cimento Portland Composto CP II-32	kg	21,60	R\$ 0,44	R\$ 9,50
367	Areia grossa - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m ³	0,07	R\$ 69,00	R\$ 4,97
4718	Areia média - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m ³	0,05	R\$ 70,00	R\$ 3,78
3744	Laje pré-moldada convencional (lajotas + vigotas) para piso, unidirecional, sobrecarga de 200 kg/m ² , vão até 3,50 m (sem colocação)	unid	6,00	R\$ 33,15	R\$ 198,90
Cotação	Tampa de PVC 50x50	Unid	1,00	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Total:					R\$ 689,55

Fonte: Autor (2020).

Utilizando os preços de referência da SINAPI e sabendo que o processo de execução do reboco da cisterna durará um dia e meio, obteve-se a composição para execução das paredes e da tampa da cisterna, demonstrada na tabela 20.

Tabela 20: Composição para a execução dos rebocos internos e externos

Mão de obra					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
4750	Pedreiro	h	12	R\$ 13,71	R\$ 164,52
6127	Auxiliar de Pedreiro	h	24	R\$ 10,17	R\$ 244,08
Material					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
10931	Tela de arame galv., hexagonal, fio 0,56 mm (24 bwg), malha 1/2", h = 1 m	m	11,31	R\$ 11,02	R\$ 124,63
1379	Cimento Portland Composto CP II-32	kg	135,72 kg	R\$ 0,44	R\$ 59,72
366	Areia fina - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m ³	0,43	R\$ 64,50	R\$ 27,72
123	Aditivo impermeabilizante de pega normal para argamassas e concretos sem armação	L	5,00	R\$ 5,59	R\$ 27,95
Total:					R\$ 648,62

Fonte: Autor (2020).

5.6.3. Composições da cisterna de fibra de vidro

Utilizando os preços de referência da SINAPI e sabendo que o processo de execução de execução do reservatório de fibra de vidro durará uma hora, obteve-se a composição para execução das paredes e da tampa da cisterna, demonstrada na tabela 20.

Tabela 21: Composição para compra e locação do reservatório de fibra de vidro

Mão de obra					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
6127	Auxiliar de Pedreiro	h	1	R\$ 10,17	R\$ 10,17
Material					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
37106	Caixa d'água fibra de vidro para 10000 litros, com tampa	unid	1.00	R\$ 3.504,54	R\$ 3.504,54
Total:					R\$ 3.514,71

Fonte: Autor (2020).

Utilizando os preços de referência da SINAPI e sabendo que o processo de execução da base durará um dia, obteve-se a composição para a execução desse serviço, demonstrada na tabela 22.

Tabela 22: Composição para execução da base

Mão de obra					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
4750	Pedreiro	h	8	R\$ 13,71	R\$ 109,68
6127	Auxiliar de Pedreiro	h	16	R\$ 10,17	R\$ 162,72
Material					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
1379	Cimento Portland Composto CP II-32	kg	36.95	R\$ 0,44	R\$ 16,26
367	Areia grossa - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m ³	0.12	R\$ 69,00	R\$ 8,50
4718	Pedra britada n. 2 (19 a 38 mm) posto pedreira/fornecedor, sem frete	m ³	0.09	R\$ 70,00	R\$ 6,47
Total:					R\$ 303,62

Fonte: Autor (2020).

5.6.4. Composição do sistema de captação

Utilizando os preços de referência da SINAPI e sabendo que o processo de execução do sistema de captação pluvial durará metade de um dia, obteve-se a composição para a execução desse serviço, demonstrada na tabela 23.

Tabela 23: Composição para execução dos sistemas de captação

Mão de obra					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
4750	Pedreiro	h	4	R\$ 13,71	R\$ 54,84
6127	Auxiliar de Pedreiro	h	8	R\$ 10,17	R\$ 81,36
Material					
Código	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Cotação	Bomba manual	Unid	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Cotação	Filtro	Unid	1	R\$ 50,00	R\$ 50,00
9836	Tubo PVC série normal, DN 100 mm, para esgoto predial (NBR 5688)	m	6	R\$ 8,44	R\$ 50,64
9868	Tubo PVC, soldável, DN 25 mm, água fria (NBR 5648)	m	2	R\$ 2,58	R\$ 5,16
Total:					R\$ 392,00

Fonte: Autor (2020).

5.7. Custo total de cada cisterna

Somando as composições de cada serviço necessário à construção de cada uma das três cisternas, chegou-se ao valor total de cada uma.

A cisterna de placas de cimento apresentou um custo total de R\$ 2.328,52 (dois mil, trezentos e vinte oito reais e cinquenta e dois centavos). A cisterna de tijolos apresentou um custo total de R\$ 2.677,82 (dois mil seiscentos e setenta e sete reais e oitenta e dois centavos). Já a cisterna de fibra de vidro apresentou um custo de R\$ 4210,33 (quatro mil duzentos e dez reais e trinta e três centavos). Todos esses valores estão demonstrados na tabela 24.

É notório como a cisterna de placas apresenta um valor bem mais baixo que a cisterna de fibra de vidro e um pouco menor que a de tijolos. Esse tipo de reservatório apresenta seu maior custo no processo de produção das placas de cimento, correspondendo a 39,02% do seu valor total. Esse valor exemplifica o seu processo produtivo, pois toda a estrutura da cisterna é composta por essas placas, justificando sua maior proporção no custo total.

A cisterna de tijolos apresenta um valor 14,57% maior que a cisterna de placas. Ambas apresentam os custos da base e do sistema de captação iguais. Seu processo produtivo mais oneroso é a execução da tampa, porém, ao contrário da cisterna de placas, ela apresenta uma boa distribuição de custos em todos os processos, com a execução das paredes constituindo 21,92% do valor total e a execução do reboco correspondendo a 24,22%.

Já a cisterna de fibra apresenta o custo mais elevado de implantação, apresentando um custo 180,82% maior que o da cisterna de placas e 157,23% maior que o da cisterna de tijolos. O seu custo elevado se deve a necessidade da compra do reservatório, constituindo 83,48% do seu valor total e sendo basicamente o único processo produtivo que difere das outras duas cisternas, pois os valores do sistema de captação pluvial e da execução da base são parecidos.

Tabela 24: Custo total da cisterna de placas

Cisterna de placas de cimento		
Etapa	Custo	Custo relativo
Execução da base	R\$ 360,73	15,49%
Execução das paredes e da tampa	R\$ 908,63	39,02%
Execução dos rebocos	R\$ 667,17	28,65%
Execução do sistema de captação	R\$ 392,00	16,83%
TOTAL:	R\$ 2.328,52	100,00%
Cisterna de tijolos		
Etapa	Custo	Custo relativo
Execução da base	R\$ 360,73	13,47%
Execução das paredes	R\$ 586,93	21,92%
Execução da tampa	R\$ 689,55	25,75%
Execução dos rebocos	R\$ 648,62	24,22%
Execução do sistema de captação	R\$ 392,00	14,64%
TOTAL:	R\$ 2.677,82	100,00%
Cisterna de fibra de vidro		
Etapa	Custo	Custo relativo
Compra e locação do reservatório	R\$ 3.514,71	83,48%
Execução da base	R\$ 384,98	7,21%
Execução do sistema de captação	R\$ 392,00	9,13%
TOTAL:	R\$ 4.210,33	100,00%

Fonte: Autor (2020).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório como a falta de água ocorre periodicamente na região da bacia do Piancó-Piranhas-Açu sendo extremamente prejudicial a população que a habita. Por isso é tão importante o estudo de soluções que previnam, ou que amenizem tal problema.

A captação e armazenamento de águas pluviais podem ser considerados como um sistema que tenta amenizar o problema da “seca”. Apesar de utilizar índices de consumo humano diário bem abaixo do recomendado, esses sistemas têm o intuito de fornecer as pessoas água quando estas têm seu abastecimento cessado e entram em estado de calamidade. Porém é necessário uma série de medidas para garantir a qualidade da água fornecida, pois com a ingestão de uma água imprópria, outros problemas poderão ser gerados, como: surgimento de doenças ligadas ao aparelho digestivo, surgimento de lombrigas, entre outros males.

Após toda a pesquisa realizada neste trabalho, é notório que as cisternas de placas de cimento e tijolos são muito mais baratas que a de fibra de vidro. Porém não significa que elas sempre serão melhores em todos os aspectos. Cada umas das cisternas estudadas apresentam características que geram vantagens e desvantagens quando comparadas, sendo necessária a análise de cada uma.

A cisterna de placas é a mais aconselhável em situações de zona rural com abundância de madeira, devido a sua necessidade de escoramento e de utilização de fôrmas. Dentre as cisternas estudadas ela é a que apresenta o processo executivo mais difícil, necessitando de uma mão de obra mais bem instruída. Caso o foco da implantação da cisterna tenha um enfoque social de incorporar a população local ao processo produtivo, faz-se necessário que esse processo seja bem feito.

Já a cisterna de tijolos apresenta um valor bem próximo ao da cisterna de placas, com uma vantagem de apresentar um processo produtivo bem mais simples e que a maioria dos profissionais da área já conhecem. Ela é aconselhável em locais onde seja mais fácil de comprar os tijolos, prioritariamente, em zonas rurais que estejam perto das cidades.

A cisterna de fibra de vidro é a que apresenta o processo produtivo mais simples das três, porém é a mais cara. No entanto, esse tipo de cisterna apresenta a característica de ser um produto industrial, que provavelmente apresentará menos problemas que os outros dois tipos de cisternas. Ela é aconselhável em casos que seja necessária uma implantação rápida, ou em locais em que seja difícil de conseguir os materiais necessários a construção das outras duas cisternas e também dificuldade de encontrar mão de obra qualificada, visto que esse tipo de solução só necessita de uma pessoa para colocá-la no local certo.

Por isso, é necessário antes de planejar e executar qualquer tipo de cisterna, verificar as condições socioeconômicas da comunidade, os materiais disponíveis, a qualidade da mão de obra, a fim de que não seja escolhido a cisterna errada, causando problemas futuros.

Por conta dessa variabilidade dos fatores que influenciam na escolha da cisterna, faz-se necessário que sejam feitos estudos futuros que comparem de forma mais profunda como acontecem essas variações, simulando vários cenários, podendo chegar a uma conclusão mais palpável de qual das três é realmente melhor.

7. REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu: resumo executivo**. Agência Nacional de Águas, Brasília, 2018.

AMORIM, Miriam Cleide Cavalcante de; PORTO, Everaldo Rocha. **Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: Estudo de caso no município de Petrolina-PE**. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CAPTACAO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ARIDO, 3., 2001, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão; Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001.

AMORIM, Miriam Cleide Cavalcante de; PORTO, Everaldo Rocha. **Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisterna e seus tratamentos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003, Juazeiro. Anais... Juazeiro: ABCMAC; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2003.

BRAGA JR., Benedito P. F.; PORTO, Monica Ferreira do Amaral; TUCCI, C E M. **Monitoramento de quantidade e qualidade das águas**. In: **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**, cap. 19, pág. 637-649, 1999.

CAMPOS, José Nilson Bezerra. **Vulnerabilidades hidrológicas do semi-árido às secas**. Planejamento e Políticas Públicas (PPP): n. 16, pág. 261-298, dez. 1997.

GNADLINGER, João. **Apresentação Técnica de Diferentes Tipos de Cisternas, Construídas em Comunidades Rurais no Semi-árido Brasileiro**. Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, 1999.

GONDIM, Rubens Sonsol. **Difusão da captação de água de chuvas no financiamento rural**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., 2001.

GRINGS, Victor Hugo; OLIVEIRA, Paulo Armando V. de. **Cisterna para armazenagem de água de chuva**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2005.

Informação e documentação – Trabalho acadêmicos – Apresentação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2002.

PRAÇA, Fabíola Silva Garcia. **Metodologia da pesquisa científica: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão**. Revista eletrônica: “Diálogos Acadêmicos”, p. 72-87, 2015.

Programa cisternas. **Secretaria Espacial do Desenvolvimento Social**. Disponível em: <<http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/acesso-a-agua-1/programa-cisternas>>. Acesso em dezembro de 2019.

Organização Mundial da Saúde. **Água e Saúde**. Organização Pan-Americana de Saúde, 2001.

TAVARES, Adriana Carneiro. **Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais no semi-árido paraibano.** Universidade Estadual da Paraíba, Programa de Pós-Graduação e Pesquisa, 2009.

Tubos e conexões de PVC-U para sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação – Requisitos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010.