

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE
UNIDADE ACADÊMICA DE BIOLOGIA E QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

JANAINA ARAÚJO LIMA SOARES

ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUAS DE CISTERNAS
CALÇADÃO DA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE CUITÉ - PB

CUITÉ – PB

2017

JANAINA ARAÚJO LIMA SOARES

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUAS DE CISTERNAS
CALÇADÃO DA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE CUITÉ - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Licenciatura em
Química do Centro de Educação e Saúde
da Universidade Federal de Campina
Grande, como exigência para a obtenção
de título de Licenciada em Química.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Denise Domingos da Silva

CUITÉ - PB

2017



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA FONTE
Responsabilidade Jesiel Ferreira Gomes – CRB 15 – 256

S676a Soares, Janaina Araújo Lima.

Análise da qualidade de águas de cisternas calçadão da zona rural do município de Cuité-PB. / Janaina Araújo Lima Soares. – Cuité: CES, 2017.

69 fl.

Monografia (Curso de Licenciatura em Química) – Centro de Educação e Saúde / UFCEM, 2017.

Orientadora: Denise Domingos da Silva.

1. Água. 2. Cisterna calçadão. 3. Parâmetros físico-químicos. I. Título.

Biblioteca do CES - UFCEM

CDU 556

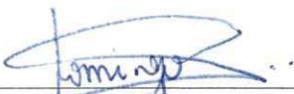
JANAINA ARAÚJO LIMA SOARES

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUAS DE CISTERNAS CALÇADÃO DA
ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE CUITÉ-PB**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química do Centro de Educação e Saúde (CES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como forma de obtenção do Grau de Licenciada em Química.

Aprovada em 29/03/2017

BANCA EXAMINADORA



Prof^ª. Dr^ª. Denise Domingos da Silva (Orientadora) – UFCG/CES



Prof^º. Dr^º José Carlos de Oliveira – UFCG/CES



Prof^ª. Dr^ª Vilma Araújo Costa – UFRN

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela força e coragem dada a mim durante toda esta longa caminhada. A minha mãe Francisca e meu pai Antônio que sempre acreditaram em mim e não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

In Memoriam: As minhas Vós Rita e Adalgisa, que quando vivas me incentivaram a realizar este sonho e através do nosso eterno laço de afeto continuam a me dar forças para alcançar meus ideais.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho contou com a colaboração de muitas pessoas, às qual expresse meus sinceros e profundos agradecimentos.

À Deus, por sua presença constante em minha vida, sempre iluminando o meu caminho, durante as minhas escolhas e nas horas difíceis sempre me auxiliando espiritualmente.

Aos meus pais, Antônio Ferreira Lima e Francisca Rodrigues Araújo Lima, por tudo que sou, por todo amor, carinho, compreensão e apoio incondicional.

Aos meus irmãos, Jaqueline e Janilson pelo apoio constante e pela força que me transmitiam durante a longa caminhada do curso e da minha vida.

Aos meus sobrinhos, João Victor e Gabriel Henrique que com os nossos momentos de amor, afeto, brincadeiras, distrações, sorrisos e carinho me deram forças nas horas difíceis e não me deixavam desanimar.

A meu avô Araújo pelo carinho, afeto e por sua torcida pelo meu sucesso na vida.

Ao meu esposo Marcelo, pelo incentivo, força, coragem e amor dado, e compreensão pela minha ausência, principalmente na etapa final do trabalho, que foram de suma importância para eu continuar e me esforçar cada vez mais. E a meus sogros Maria Rosália e José Clementino, minha cunhada Luciana e seu filho João Guilherme pela torcida, carinho e apoio dado em minha trajetória no decorrer do curso e na vida.

A toda minha família, que acreditaram em mim e torciam verdadeiramente pelo sucesso na minha vida acadêmica. As minhas madrinhas Antônia e Creuza pelas palavras de apoio e pela acolhida em suas casas.

As minhas tias Zitônia e Antônia pelas orações e pelas vibrações positivas durante a minha vida e minha trajetória no curso.

À professora Denise Domingos, por seus ensinamentos, paciência e confiança ao longo do trabalho.

Ao Laboratório de Biocombustível e Química Ambiental pelo suporte das realizações das análises.

A todos os professores e aos coordenadores do curso, pelos ensinamentos que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia.

A banca composta por Dr^a Vilma Araújo Costa e Dr^o José Carlos Oliveira Santos que fizeram considerações maravilhosas, ensinamentos e conselhos que serão acatados e só enriqueceram minha pesquisa.

As minhas amigas, que sempre estiveram comigo me ajudando, incentivando e caminhando juntas nesta jornada árdua e prazerosa: Carol pela ajuda e ensinamentos nas análises, Erinete e Francielma e aos demais colegas do curso pelos anos de convivência.

E finalmente, a todos que contribuíram diretamente e indiretamente para a minha formação profissional.

O meu, muito obrigada!

*“Cuidemos do nosso coração,
porque é de lá que sai o que é
bom e ruim, o que constrói e
destrói”.*

(PAPA FRANCISCO)

RESUMO

A água é o recurso mais precioso e fundamental para existência da vida dos seres vivos no planeta terra. Esse recurso é indispensável para a manutenção da vida. Com isso, as populações que habitam em regiões semiáridas tem a falta de água como principal problema a ser enfrentado. Visando uma melhoria para a população que reside nessa área, integrantes da Articulação no Semiárido Brasileiro juntamente com o Programa Uma Terra e Duas Águas desenvolveram uma tecnologia social bastante eficiente chamada cisterna calçadão, onde a água de chuva cai e escorre em um calçadão cimentado com declividade de 20% e de 200 m² para uma cisterna com capacidade de estocar até 52 mil litros de água. O presente trabalho tem como objetivo analisar as propriedades físico-químicas de amostras de águas dessas cisternas localizadas na zona rural do município de Cuité - Pb. A metodologia envolveu coletas de 05 amostras de águas de dois sítios: Sítio Federação (04) e Sítio Lagoa do Serrote (01) e um diagnóstico sobre as etapas de captação e armazenamento de águas de chuvas. Foi verificado que todos os proprietários das cisternas têm os cuidados práticos e essenciais, e estavam cientes da higienização nas etapas de captação e armazenamento, praticando os mesmos para que evitem contaminações e haja qualidade da água armazenada. Os parâmetros estudados foram pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, alcalinidade, dureza e cloreto. A maioria dos parâmetros físico-químicos avaliados se encontram dentro do padrão estabelecido pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde, apenas o SDT, em todos os pontos analisados estão acima do valor máximo permitido que é de 1000 mg.L⁻¹, e o teor de cloreto se encontra abaixo do valor mínimo permitido de 0,2 mg.L⁻¹, exceto no Ponto 02 que está com 0,59 mg.L⁻¹, logo dentro do valor máximo permitido (250 mg.L⁻¹). Após a realização do estudo observou-se que como esses parâmetros estão em discordância com a portaria do Ministério da Saúde, pode-se concluir com relação à potabilidade das amostras de águas analisadas, as mesmas se encontram fora do padrão de aceitabilidade para o consumo humano.

Palavras-chaves: Águas, cisterna calçadão, parâmetros físico-químicos.

ABSTRACT

Water is the most precious and fundamental resource for the existence of living beings on planet earth. This feature is indispensable for the maintenance of life. As a result, populations living in semi-arid regions have the lack of water as the main problem to be faced. Aiming at improving the population living in this area, members of the Articulation in the Brazilian Semi-Arid together with the One Earth and Two Waters Program have developed a very efficient social technology called the cistern boardwalk, where rainwater falls and slides on a cementated boardwalk with slopes of 20% and 200 m² for a cistern with the capacity to store up to 52 thousand liters of water. The present work has the objective of analyzing the physical-chemical properties of water samples of these cisterns located in the rural area of the municipality of Cuité - Pb. The methodology involved the collection of 05 water samples from two sites: Sítio Federação (04) and Sítio Lagoa do Serrote (01) and a diagnosis on the stages of rainwater harvesting and storage. It was verified that all cistern owners have the practical and essential care and were aware of the hygiene in the collection and storage stages, practicing them to avoid contamination and the quality of stored water. The studied parameters were pH, turbidity, electrical conductivity, total dissolved solids, alkalinity, hardness and chloride. Most physicochemical parameters evaluated are within the standard established by Ministry of Health Ordinance 2.914/11, only SDT, in all analyzed points are above the maximum allowed value that is 1000 mg.L⁻¹, and The chloride content is below the minimum allowed value of 0.2 mg.L⁻¹, except at Point 02 which is 0.59 mg.L⁻¹, thus within the maximum allowed value (250 mg.L⁻¹). After the study was carried out, it was observed that as these parameters are in disagreement with the Ministry of Health, it is possible to conclude with regard to the potability of the analyzed water samples, they are outside the standard of acceptability for human consumption.

KEYWORDS: Waters, sidewalk cistern, physical-chemical parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo Hidrológico.....	19
Figura 2. Distribuição da água no planeta terra.....	20
Figura 3. Distribuição de água no Brasil.....	21
Figura 4. Visão geral da cisterna calçadão.....	31
Figura 5. Cisterna.....	31
Figura 6. Tanque de ligação entre o calçadão e a cisterna.....	32
Figura 7. Área de estudo.....	33
Figura 8. Localização dos pontos analisados.....	34
Figura 9. Peagâmetro usado nas análises.....	36
Figura 10. Condutivímetro usado nas análises.....	37
Figura 11. Turbidímetro usado nas análises.....	38
Figura 12. Procedimento para determinação da dureza.....	39
Figura 13. Procedimento para determinação de cloreto.....	40
Figura 14. Procedimento para determinação da alcalinidade.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição de recursos hídricos e população por região do Brasil.....	21
Tabela 2. pH e as formas de alcalinidade.....	25
Tabela 3. Disponibilidade hídrica dos estados brasileiros(m ³ /hab/ano)..	26
Tabela 4. Localização dos cinco pontos de coletas.....	34
Tabela 5. Diagnóstico e caracterização das cisternas calçadão.....	43
Tabela 6. Valores de pH das amostras de água analisadas.....	45
Tabela 7. Valores de Condutividade Elétrica (CE) das amostras de água.....	47
Tabela 8. Valores médios de CE, Sólidos Dissolvidos Totais e valor permitido.....	49
Tabela 9. Valores de turbidez (NTU) encontrados nas amostras de águas.....	50
Tabela 10. Valores encontrados na determinação da dureza.....	52
Tabela 11. Classificação da água quanto à dureza.....	53
Tabela 12. Valores encontrados na determinação do teor de cloreto.....	55
Tabela 13. Valores encontrados na determinação da alcalinidade.....	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Valores de pH e seus desvio padrões.....	46
Gráfico 2. Valores de Condutividade Elétrica e seus desvio padrões.....	48
Gráfico 3. Valores de Condutividade Elétrica e de Sólidos Dissolvidos Totais.....	50
Gráfico 4. Medidas de turbidez e seus desvio padrões.....	51
Gráfico 5. Valores de dureza e os desvios padrões das amostras de águas.....	54
Gráfico 6. Teor de Cloreto/Desvio padrão das amostras de águas analisadas.....	56
Gráfico 7. Valores de alcalinidade e seus desvios padrões.....	58

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. OBJETIVOS.....	17
1.1.1. Objetivo Geral.....	17
1.1.2. Objetivos Específicos.....	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1. Água.....	18
2.2. Aspectos físicos.....	22
2.2.1. Turbidez.....	22
2.2.2. Cor.....	22
2.2.3. Gosto e odor.....	23
2.2.4. Condutividade elétrica.....	23
2.2.5. Sólidos Dissolvidos Totais (SDT).....	23
2.3. Aspectos químicos.....	24
2.3.1. Acidez.....	24
2.3.2. Alcalinidade.....	24
2.3.3. Dureza.....	25
2.3.4. Cloretos.....	25
2.3.5. Potencial de Hidrogênio Iônico (pH).....	26
2.4. Escassez de água.....	26
2.5. Captação e armazenamento de água.....	28
2.6. Cisterna calçadão.....	28
3. METODOLOGIA.....	33
3.1. Descrição da área de estudo.....	33
3.2. Coletas das amostras.....	34
3.3. Recipientes utilizados para a coleta das amostras.....	35
3.4. Análises físico-químicas.....	36
3.4.1. Medidas de pH.....	36
3.4.2. Condutividade.....	37
3.4.3. Sólidos Dissolvidos Totais.....	37
3.4.4. Turbidez.....	38
3.4.5. Determinação da dureza.....	38
3.4.6. Determinação de Cloretos.....	39

3.4.7. Alcalinidade.....	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
4.1. Diagnóstico e caracterização das cisternas calçadão.....	42
4.2. Análises dos parâmetros físico-químicos das amostras de águas.....	45
4.2.1. Análise do pH.....	45
4.2.2. Condutividade Elétrica (CE).....	46
4.2.3. Sólidos Dissolvidos Totais (SDT).....	48
4.2.4. Análise da turbidez.....	50
4.2.5. Determinação da Dureza.....	51
4.2.6. Determinação de Cloretos.....	54
4.2.7. Determinação de Alcalinidade.....	56
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
6. REFERÊNCIAS.....	61
APÊNDICE.....	65

1. INTRODUÇÃO

A água é o recurso mais precioso e fundamental para existência da vida de diversos seres vivos no planeta terra. Esse recurso natural é indispensável para a manutenção da vida. Ela em sua constituição física apresenta propriedades únicas que a difere de qualquer outra substância e que, em grande parte, é responsável pela existência da vida na terra.

A vida se apoia no comportamento da água que é uma molécula pequena mais com propriedades únicas e que pode ser considerada o líquido da vida. É a substância mais abundante da biosfera, onde a encontramos em seus três estados: sólido, líquido e gasoso, o comportamento majoritário dos seres vivos, podendo representar 65% a 95% de massa da maior parte das formas vivas. Possui extraordinárias propriedades físico-químicas que são responsáveis por sua importância biológica (MACEDO, 2007).

As populações que habitam regiões semiáridas tem a falta de água como principal fator limitante para a sobrevivência e melhoria na qualidade de vida. Nesta região a carência hídrica ocorre pela irregularidade de chuvas que é concentrado em quatro meses com uma variabilidade interanual e pela má qualidade das águas disponíveis (AMORIM e PORTO, 2001).

Sabendo que o semiárido nordestino é caracterizado principalmente pela irregularidade das chuvas e pelo armazenamento inadequado das águas capturadas devido a grande escassez de água, tem-se uma alternativa bastante eficaz que é o aproveitamento de águas provenientes de precipitações pluviométricas como uma solução apropriada e cada vez mais utilizada em toda a região para suprir tal necessidade.

É de suma importância que a água utilizada para consumo humano apresente boa qualidade e não cause danos à saúde pública. Então é fundamental recorrer a cuidados na coleta e armazenamento dessas águas provenientes da chuva e conseqüentemente se é preciso também de estudos (análises) dessas águas utilizadas pelos moradores dessas regiões.

Para esclarecer tais questões citadas acima, o presente trabalho apresenta os resultados da análise de água de 05 (cinco) cisternas calçadões, onde o mesmo buscou avaliar os parâmetros físico-químicos dessas águas e relatar a importância da

higienização e cuidados diários na limpeza da área da captação e armazenamento dessas cisternas.

A pesquisa trabalhou com duas etapas, sendo elas:

- Diagnóstico da forma de gerenciamento das águas, investigando - se o comportamento adotado pelas famílias durante o manejo da água;
- O estudo físico-químico da qualidade de amostras de águas de cisternas calçadão.

A metodologia empregada nesta pesquisa, que optou por analisar a água utilizada pelos proprietários das cisternas, contribuiu para a obtenção de conclusões sobre a implantação das cisternas e se as águas estão próprias para o consumo humano e também foi realizado um diagnóstico através de perguntas feitas com um questionário que visou atender aos objetivos desta pesquisa, caracterizando as condições tanto da forma de captação e armazenamento da água de chuva quanto da forma que os proprietários utilizavam e cuidavam da limpeza das cisternas, ou seja, o manejo da água em si.

O presente estudo tem como objetivo avaliar amostras de águas de cisternas calçadão da zona rural do município de Cuité-PB, onde essas cisternas são uma tecnologia bastante eficiente e razoavelmente nova na região, ela é de forma geral, um reservatório (cisterna), onde se conservam as águas de chuva. Basicamente seu funcionamento é através da captação de água de chuvas em uma área com declividade para que a água escoe superficialmente sobre o calçadão até um tanque, sendo que o mesmo estará ligado à cisterna através de um cano PVC e nela a água ficará armazenada. E assim sabendo das possíveis contaminações dessas águas foi realizada uma análise de parâmetros físico-químicos de amostras dessas águas. Como na região não foram feitos estudos sobre essas cisternas calçadão, o desenvolvimento desta pesquisa contribuiu para observação da qualidade de águas das referidas cisternas e dos cuidados que se deve ter ao captar e armazenar águas de chuvas além de levar o conhecimento da existência das mesmas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

- Analisar propriedades físico-químicas de águas das cisternas calçadão na zona rural do município de Cuité - PB.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar as condições e caracterizar o manejo de águas de cisternas calçadão;
- Medir o pH, a turbidez e a condutividade das amostras e identificar se os mesmos estão dentro do padrão permitido pelo Ministério da Saúde;
- Avaliar a alcalinidade das amostras de águas expressas em termos de carbonato de cálcio;
- Determinar o teor de cloretos de águas e se sua concentração está dentro do padrão permitido pelo Ministério da Saúde;
- Determinar a dureza total dessas águas em concentração de carbonato de cálcio;
- Determinar os sólidos dissolvidos totais e identificar as impurezas presentes nas águas analisadas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Água

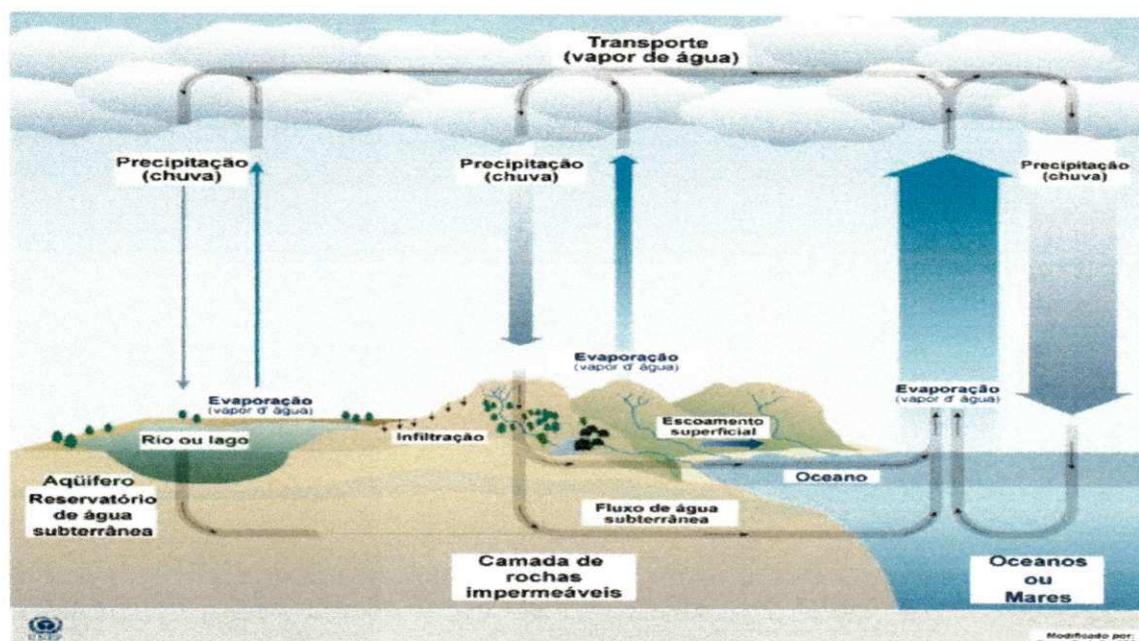
A água, em sua constituição física, apresenta propriedades únicas que a difere de qualquer outra substância e que, em grande parte, é responsável pela existência da vida na terra. A água na forma líquida possui o maior calor específico ($4,18 \text{ Jg}^{-1} \text{ K}^{-1}$), com exceção da amônia, e alta condutividade térmica ($0,598 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$), quando comparado a outros líquidos. Isso significa que a água é capaz de absorver grande quantidade de calor sem alterar enormemente a temperatura. Dessa forma, a água impede que haja variações bruscas de temperatura. Além disso, o dinamismo dos rios e mares e o ciclo das chuvas permitem uma grande transferência de calor sem grande variação de temperatura (DUARTE, 2014).

A água é uma substância encontrada na natureza nos três estados físicos: sólido, líquido e vapor. Todo organismo existente depende dela para sobreviver, sendo necessário para a sobrevivência que a água apresente condições físicas e químicas adequadas, além de disponibilidade. Exigindo-se para tal, quantidade adequada em uma dada região e qualidade satisfatória para suprir as necessidades de determinado conjunto de seres vivos.

O esforço para o desenvolvimento econômico oriundo da modernidade tecnológica, durante muito tempo, subestimou o impacto das atividades industriais na natureza e na qualidade de vida das gerações futuras. Espaços próximos aos rios eram escolhidos para a implantação de fábricas e indústrias, de modo a facilitar a utilização da sua água em seus processos físicos e químicos, além de facilitar o descarte dos resíduos sem interesse econômico. Esse processo entrou logo em colapso com a percepção de que a água é, na verdade, um bem finito e esgotável. Os processos naturais, ao serem perturbados, levam a um novo patamar de equilíbrio que pode até mesmo comprometer a sobrevivência da civilização humana (DUARTE, 2014).

O ciclo hidrológico (Figura 1), através da evaporação das águas oceânicas e da precipitação, principalmente, é responsável pela reposição da água doce encontrada no planeta. Entretanto, em regiões mais secas, especialmente aquelas com elevada densidade populacional, existe um número crescente de conflitos em função das necessidades humanas e naturais. Existem ao redor do planeta inúmeras situações de ecossistemas em estresse devido à escassez de água (GRASSI, 2001).

Figura 1. Ciclo Hidrológico

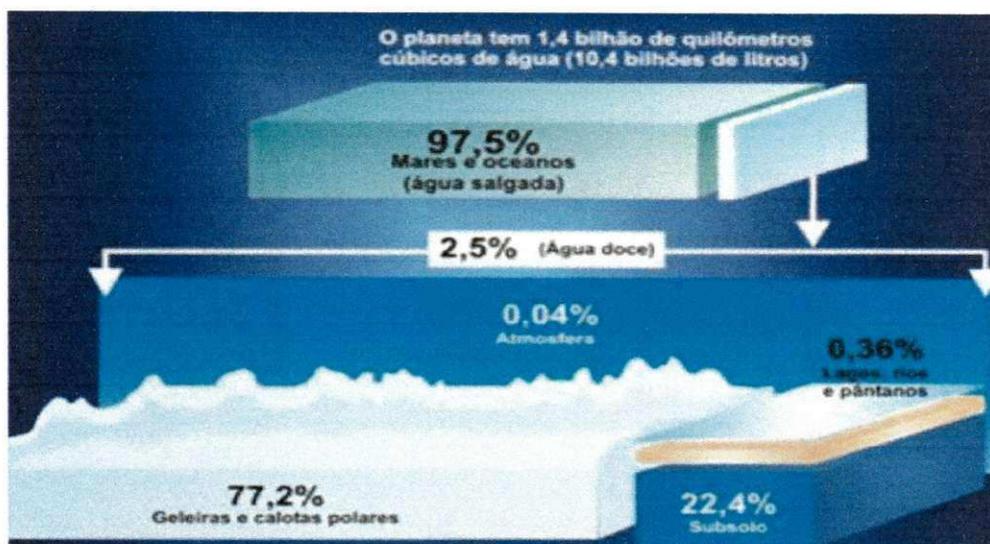


Fonte: http://www.maenatureza.org.br/projetoeducando/folders/poster13_ciclo_hidrologico/

A água é encontrada na natureza de diferentes formas e estados físicos, como por exemplo, a água que bebemos, que utilizamos no preparo de nossa alimentação, que encontramos nos rios e mares, apresenta-se sob a forma líquida ou estado líquido. Já a que encontramos em nossas geladeiras em forma de gelo, ou a neve existente nos lugares muito frios e altos, apresenta-se na forma sólida ou estado sólido. E aquela que sai de uma chaleira quente, por exemplo, apresenta-se em forma de vapor ou estado gasoso. Apesar de que a água possa existir nesses três estados físicos, eles não são necessariamente fixos, podem passar de um estado para o outro de acordo com as condições a que for submetida e o meio em que se encontram.

De toda água na natureza, 97,4% é salgada (mares e oceanos), e o restante 2,6% é representada pelos rios, lagos e fontes subterrâneas, no entanto a maior parte desse percentual não tem aproveitamento direto, pois formam geleiras e lençóis profundos, onde a captação se torna economicamente inviável (Figura 2). Desse percentual aproveitável, cerca de 0,3%, a maior parte está poluída ou não oferece condições economicamente viáveis para tratamento. O Brasil possui 8% da reserva de água doce do mundo. Desse total 80%, encontram-se na Região Amazônica, os 20% restantes distribuem-se nas demais regiões, onde está a grande maioria da população brasileira (FREITAS, 2001).

Figura 2. Distribuição da água no planeta terra



Fonte: https://www.google.com.br/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.tiberioge.com.br%2Fimagem%2Fgeografia%2Fhidrosfera_3.jpg

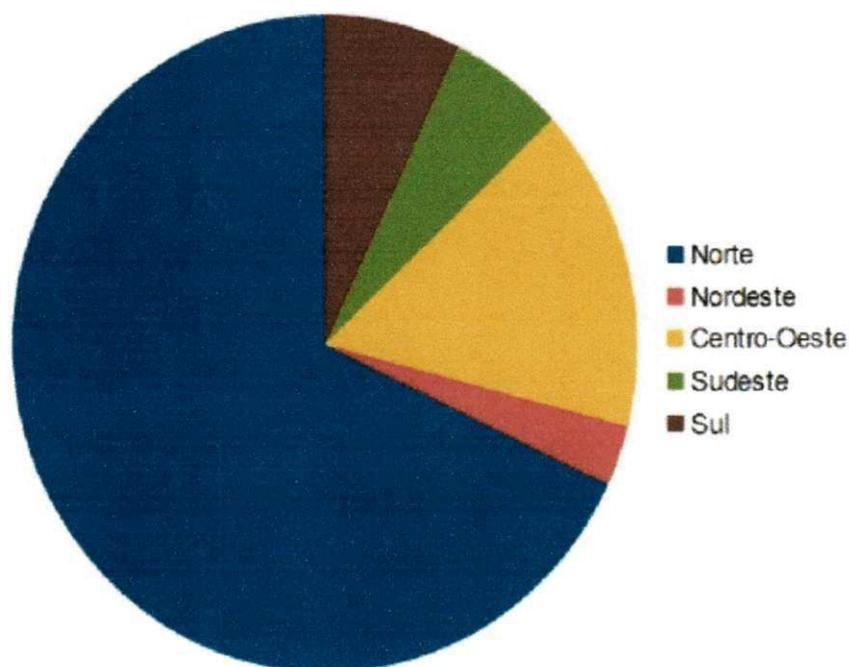
Tão ou mais importante que a questão envolvendo a quantidade de água disponível, apresenta-se também a questão da qualidade da água disponível. A qualidade da água ao redor de nosso planeta tem se deteriorado de forma crescente, especialmente nos últimos 50 anos. Problemas relacionados com a poluição da água se intensificaram principalmente após a Segunda Guerra Mundial, quando foram observados aumentos significativos nos processos de urbanização e industrialização (GRASSI, 2001).

O Brasil é considerado uma potência econômica mundial quando o assunto é a disponibilidade hídrica, haja vista que o território brasileiro concentra cerca de 12% de todas as reservas de água existentes no mundo. Mas isso não significa que o país não passe ou nunca tenha passado por crises de falta de água. E a principal razão é a questão da distribuição da água no Brasil e sua utilização (PENA, 2017).

As dimensões continentais e os contrastes climáticos, populacionais e socioeconômicos fazem com que o Brasil apresente a semelhança do restante do mundo, uma distribuição irregular da quantidade de água para os diversos usos requeridos. A região semiárida, por exemplo, caracteriza-se principalmente pela escassez de água, decorrente da incidência de chuvas apenas em curtos períodos de três a cinco meses por ano, irregularmente distribuídos no tempo e no espaço. Essa característica causa uma forte dependência da intervenção do homem sobre a natureza no sentido de garantir por meio de obras de infraestrutura hídrica, o armazenamento de água para abastecimento

humano e demais usos produtivos (GARJULLI, 2003). Como veremos na Figura 3, as reservas de água no Brasil são má distribuídas no país.

Figura 3. Distribuição de água no Brasil



Fonte: <http://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>

A região Norte é a que apresenta a maior parte da disponibilidade, enquanto as regiões Nordeste e Sudeste apresentam um número menor dessas reservas, assim percebe-se que há uma ordem inversamente proporcional ao número de habitantes dos respectivos lugares em questão em relação a quantidade de água (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição de recursos hídricos e população por região do Brasil.

REGIÃO	RECURSOS HÍDRICOS	POPULAÇÃO
NORTE	68%	7%
NORDESTE	3%	29%
SUDESTE	6%	43%
CENTRO-OESTE	16%	6%
SUL	7%	15%

Fonte: ANA, 2011.

Os recursos hídricos necessitam, portanto, de uma gestão adequada, onde alternativas devem ser implantadas para garantir água em quantidade e qualidade necessária para vida humana (CARVALHO, 2008).

2.2. Aspectos físicos

As características físicas das águas de abastecimento encerram comumente o impacto de imediato ao consumidor, podendo, com alguma frequência, concorrer para recusa da água distribuída pela concessionária. Quando tal se sucede, a opção de abastecimento recai para fonte alternativa, não necessariamente segura. Esta percepção imediata abarca os sentidos da visão (turbidez e cor), paladar e olfato (sabor e odor) (LIBÂNIO, 2010).

Os aspectos físicos são determinados por meios de análises da água como: turbidez, cor e pH. O sabor e odor da água também são parâmetros determinados na análise.

2.2.1. Turbidez

A turbidez é a alteração da penetração da luz pelas partículas em suspensão, que provocam a sua difusão e absorção. Partículas constituídas por plâncton, bactérias, argilas, silte em suspensão, fontes de poluição que lançam materiais finos e outros (MACEDO, 2007).

De acordo com a Portaria 518/2004 o valor adequado e limite máximo de turbidez da água potável devem ser de 5,0 NTU, assegurado, simultaneamente, o atendimento ao VMP de 5,0 NTU em qualquer ponto da rede no sistema de distribuição (BRASIL, 2004).

2.2.2. Cor

A cor da água é o resultado principalmente dos processos de decomposição que ocorrem no meio ambiente. Por esse motivo, as águas superficiais estão mais sujeitas a ter cor do que as águas subterrâneas (MACEDO, 2007).

A cor pode ser removida facilmente da água pelo processo de coagulação e floculação. Em alguns casos, quando a cor encontra-se extremamente elevada, a remoção pode ser realizada integralmente através do processo de oxidação química,

utilizando-se permanganato de potássio, cloro, ozônio ou qualquer outro oxidante poderoso (AZEVEDO NETO e RICHTER, 1991).

2.2.3. Gosto e odor

A água pura não produz sensação de odor ou sabor nos sentidos humanos. Os produtos que conferem odor ou sabor à água são usualmente originados da decomposição da matéria orgânica ou atividade biológica de microrganismos, ou ainda de fontes industriais de poluição (MACEDO, 2007).

2.2.4. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. É a capacidade da água transmitir a corrente elétrica (MACEDO, 2007).

Em função da presença de substâncias dissolvidas que dissociam em ânions e cátions - usualmente íons de ferro e manganês, além de K^+ , Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} -, sendo, por consequência, diretamente proporcional à concentração iônica (LIBÂNIO, 2010).

A condutividade elétrica não representa risco para saúde humana, independente de seu valor pode-se consumir a água, mais com valores encontrados de condutividade elétrica chega-se aos valores de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) e esse não pode ultrapassar 1000 mg/L.

2.2.5. Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

Todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos presentes nos recursos hídricos (MACEDO, 2007). A quantidade total de sólidos contidos na água é um fator importante a ser analisado. O teor de sólidos deve ser baixo, uma vez que teores elevados de minerais na água são prejudiciais à saúde humana e, indesejáveis para o uso industrial da água (AZEVEDO NETO e RICHTER, 1991).

O Ministério da Saúde estabelece que 1000 mg/L de SDT é o valor máximo para águas de consumo humano. Segundo Cassali (2008), SDT se deve ao maior teor de sais que as águas subterrâneas apresentam na sua constituição, em virtude de estar em contato direto com a rocha matriz, que é mais rica em nutrientes. Associado a isso estão

às condições e cuidados praticados durante a coleta e transporte da água, pois devido sua própria constituição e propriedades, a solubilização de componentes ocorre muito facilmente.

2.3. Aspectos químicos

Os parâmetros químicos são os índices mais importantes para que se possa caracterizar a qualidade de uma água. Segundo Macedo (2007), esses parâmetros permitem:

- Classificar a água por seu conteúdo mineral, através dos íons presentes;
- Determinar o grau de contaminação, permitindo determinar a origem dos principais poluentes;
- Caracterizar picos de concentração de poluentes tóxicos e as possíveis fontes;
- Avaliar o equilíbrio bioquímico necessário para a manutenção da vida aquática, permitindo avaliar as necessidades de nutrientes.

2.3.1. Acidez

Acidez total representa o teor de dióxido de carbono livre, ácidos minerais e sais de ácidos fortes, os quais por dissociação resultam em íons hidrogênio na solução. A importância da acidez nas águas naturais está vinculada a problemas de corrosão, tendo pouca importância no aspecto sanitário (MACEDO, 2007).

2.3.2. Alcalinidade

A alcalinidade resulta da presença de sais de ácidos fracos, carbonato, bicarbonatos, hidróxidos e ocasionalmente, silicatos e fosfatos presentes na água. A quantificação da alcalinidade em uma água tem grande importância, pois se relaciona com o processo de coagulação com floculantes, que é uma das etapas do tratamento convencional de água, com a prevenção de incrustações e da corrosão de canalizações de ferro fundido (MACEDO, 2007).

O pH tem relação com a alcalinidade, pois como observa-se no quadro há várias formas de alcalinidade (Tabela 2):

Tabela 2. pH e as formas de alcalinidade

Faixa de pH	Alcalinidade
> 9,4	Hidróxidos e carbonatos
8,3 – 9,4	Carbonatos e bicarbonatos
4,4 – 8,3	Bicarbonatos

Fonte: MACEDO, 2007.

2.3.3. Dureza

A dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água, sobretudo de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), e em menor magnitude alumínio (Al^{3+}), ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}) e estrôncio (Sr^{2+}), e se manifesta pela resistência à reação de saponificação (LIBÂNIO, 2010).

A dureza temporária, também chamada de dureza de carbonatos, é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio. Esse tipo de dureza resiste à ação dos sabões e provoca incrustações. É denominada de temporária porque os bicarbonatos, pela ação do calor, se decompõem em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis que se precipitam (FUNASA, 2009).

A dureza permanente, também chamada de dureza de não carbonatos, é devida à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, resiste também à ação dos sabões, mas não produz incrustações por serem seus sais muito solúveis na água. Não se decompõe pela ação do calor (FUNASA, 2009).

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece para dureza o teor de 500 mg/L em termos de CaCO_3 como o valor máximo permitido para água potável (BRASIL, 2004).

2.3.4. Cloretos

Geralmente os cloretos estão presentes em água brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L. estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. (MELO, 2010).

A portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece para cloreto o teor de 250 mg/L como o valor máximo permitido para água potável.

2.3.5. Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)

O potencial de hidrogênio iônico (pH) é um índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio. As medidas de pH foram realizadas em um Peagâmetro PHS-3B da marca Phtek, previamente calibrado com soluções tampão $5,00 \pm 0,02$ e $8,00 \pm 0,02$ (CARVALHO e SILVA, 2014).

De acordo com a portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde estabelece como ideal para manutenção da saúde humana o pH entre 6,0 e 9,5.

2.4. Escassez de água

A escassez de água potável é uma agravante em todo o país, devido aos recursos serem limitados e as mudanças climáticas. Como podemos ver na Tabela 3 abaixo, a distribuição de água por estados brasileiros e conseqüentemente observa-se que o Nordeste brasileiro está entre a região que mais sofre com a estiagem e conseqüentemente sofrerá também com problemas sociais, econômicos e culturais.

Tabela 3. Disponibilidade hídrica dos estados brasileiros (m³/hab/ano)

Disponibilidade hídrica per capita (m ³ /hab/ano)	Estados	Situação
> 20.000	AC, AM, AP, GO, MS, MT, PA, RO, RR, RS e TO	Riquíssimo
> 10.000	MA, MG, SC e PR	Muito Rico
> 5.000	ES e PI	Rico
> 2.500	BA e SP	Situação adequada
< 2.500	CE, RJ, RN, DF, AL e SE	Pobres
< 1.500	PB e PE	Situação crítica

Fonte: <http://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>

Sendo assim, a população que mora na região Nordeste principalmente nos Estados da Paraíba e Pernambuco está em situação crítica, vem sofrendo com a falta de

água para o uso e consumo diário devido aos problemas históricos relacionados com a seca, que ocorrem e estendem - se há vários anos nessa região do Brasil.

Como Carvalho e Silva (2014) relatam:

As populações que habitam regiões semiáridas tem a falta de água como principal fator limitante para a sobrevivência e melhoria na qualidade de vida. Nesta região a carência hídrica ocorre pela irregularidade de chuvas que é concentrado em quatro meses com uma variabilidade interanual e pela má qualidade das águas disponíveis. Durante a maior parte do ano verifica-se um longo período, geralmente chamado de estiagem, sem a ocorrência de eventos significativos de precipitação pluviométrica.

Sendo assim é preciso que haja por parte dos governantes criações de tecnologias eficazes para suprimir tal falta de água. Pode-se dizer que o aproveitamento de águas provenientes de precipitação pluviométrica é uma das alternativas que poderá diminuir tal crise e enfrentar a seca que assola a região do Semiárido Brasileiro há vários anos através de sistemas para captação e armazenamento de águas de chuvas.

O problema da escassez da água na região do Curimataú paraibano que tem como definição semiárida é cada vez mais agravante e precisa-se da implantação de infraestrutura para captação e armazenamento de águas das chuvas e com isso ajuda a minimizar o problema da falta de água. Como fonte alternativa de captação de água para a sobrevivência tem-se as cisternas.

Segundo Gnadlinger (2000 apud MARTILDES e SILVA, 2015):

A coleta e armazenamento de água de chuva é uma técnica popular em muitas partes do mundo, especialmente em regiões áridas e semiáridas, pela sua simplicidade e por fornecer água adequada para o consumo humano. Embora estes sistemas contenham água de boa qualidade, ainda ocorre contaminação hídrica que atinge à população usuária, principalmente da área rural.

Sabendo disso é de suma importância a criação de tecnologias inovadoras tanto para a captação de água de chuva quanto para a análise dessas águas de forma contínua para que se tenha reservas de águas com qualidade e próprias para o consumo humano. E no Brasil, o Ministério da Saúde é o responsável pelos parâmetros de potabilidade, bem como pela sua fiscalização, segundo consta na Portaria nº 36 de 19 de janeiro de 1990 e seguindo os valores estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 (BRASIL, 1990; BRASIL, 2011).

2.5. Captação e armazenamento de água

Segundo Carvalho e Silva (2014) os recursos hídricos necessitam, portanto de uma gestão adequada, onde alternativas devem ser implantadas para garantir água em quantidade e qualidade necessária para vida humana, a exemplo disso é o uso de cisternas para armazenamento de água para ser utilizada durante os meses de escassez hídrica. As cisternas podem ser enquadradas dentro das chamadas soluções alternativas de abastecimento pelo Ministério da Saúde.

O sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisternas é uma forma simples de obtenção de água, e tem sido amplamente adotado em todo o mundo há vários séculos para o consumo humano. 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, durante o período de maior escassez (SILVA e PÁDUA, 2007).

A acumulação de águas de chuvas em cisternas se enquadra dentro das chamadas soluções alternativas de abastecimento, e para essas águas, a legislação brasileira estabelece que a igual qualquer água destinada ao consumo humano, sua qualidade deve estar dentro dos padrões aceitáveis para essa finalidade (TAVARES et al., 2007).

A Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), define os padrões de qualidade para a água destinada ao consumo humano e os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância dessa qualidade. Ainda, a portaria estabelece que as águas dos sistemas alternativos estão sujeitas à vigilância e controle de qualidade, para verificar se atendem aos padrões e assegurar condições de potabilidade.

2.6. Cisterna calçadão

A ASA - Brasil (Articulação do Semiárido Brasileiro), em parceria com instituições de pesquisa como a Embrapa Semiárido e o Instituto da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA), empenha-se no desenvolvimento de tecnologias apropriadas de captação e manejo de água de chuva para a realidade do Semiárido. De acordo com ASA – Brasil (2013) essas tecnologias foram implantadas na região a partir do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido

que engloba os programas Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) e o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2).

Dentre as tecnologias possíveis de serem usadas, tem-se a cisterna tipo Calçadão do Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2). Neste programa o 1 significa terra para produção, enquanto o 2 corresponde a dois tipos de águas: a potável para consumo humano, a exemplo das cisternas do Programa Um Milhão de Cisternas – P1MC, e a água para produção de alimentos (ASA, 2013).

A cisterna-calçadão é uma das tecnologias desenvolvidas pelo Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), desenvolvido por organizações da sociedade civil integrantes da Articulação no Semi-Árido Brasileiro (ASA). E assim esse programa P1+2 tem como principal objetivo promover a soberania e a segurança alimentar e nutricional das famílias agricultoras e fomentar a geração de emprego e renda para as mesmas. E tendo em vista as dificuldades dos brasileiros residentes no semiárido a ASA promove estratégia onde posasse alcançar tais objetivos estimulando a construção de processos participativos para o desenvolvimento.

A viabilidade da captação de água de chuva por meio dos telhados das casas, foi confirmada por meio de uma pesquisa realizada pela Diaconia em 22 comunidades rurais dos Sertões do Pajeú e Médio Oeste do Rio Grande do Norte, na qual os resultados comprovaram que a área média dos telhados era de 84 m² e que mais da metade das residências tinham 75 m² de telhado, superfícies tais, que proporcionam a uma família de 5 pessoas, água limpa para beber e cozinhar durante o ano todo, a baixo custo. A área é de fácil de acesso por ficar próxima à casa (CAVALCANTI et al., 2000).

Silva et al., (1984) relata que: Pelos benefícios já mencionados, surgiu a necessidade de proporcionar água limpa às famílias que não dispunham de um telhado com superfície suficiente para satisfazer seus requerimentos básicos, já que a mesma pesquisa citada anteriormente verificou que 16% das residências tinham áreas de telhados com até 50 m², sendo que, dentre estas, 4% tinham áreas de telhado muito pequenas - de até 40 m². Assim, depois de pesquisar outras formas de captação de água de chuva, a equipe da Diaconia começou a aprofundar a implantação de calçadões, tomando-se como referência experiências realizadas na África e China (GOULD, 1991) e no Brasil, desenvolvidas pela Embrapa.

Relatando a importância dessas cisternas calçadão, Brito et al. (2012) cita que:

“A água armazenada em uma cisterna de produção, que tem capacidade para 52 mil litros, se bem manejada, é suficiente para manter uma pequeno pomar, em torno de 30 fruteiras, e 2 a 4 canteiros de hortaliças, com em média, 12 m² de área cultivada. De acordo com Araújo et al. (2011) a possibilidade de cultivar várias espécies de frutas e de hortaliças e a produção obtida permite incrementar melhorias significativas na dieta das famílias rurais”.

O Curimataú Paraibano está com barragens, riachos e açudes praticamente secos, devido à falta de água ocasionada pelos longos períodos sem chuvas e a população sofre com as estiagens que persistem por anos e com isso a população que habita nessa região necessita de meios que quando haja precipitação pluvial seja captada e armazenar o máximo de água possível para o consumo durante o período que não chove durante o ano.

A cisterna calçadão é uma tecnologia social com capacidade de estocar até 52 mil litros de água, sua forma de captação de água de chuva é através de um calçadão de cimento de 200 m² construído sobre o solo, com declividade de 20%, para facilitar o escoamento da água sobre o calçadão para dentro da cisterna. Essa água escorre do calçadão até um tanque e desse tanque até a cisterna através de um cano que liga uma à outra. O tamanho do calçadão foi pensado para garantir o enchimento da cisterna mesmo em anos em que a ocorrência de chuvas seja abaixo da média, sendo possível garantir que a cisterna chegue à sua capacidade total com apenas 350 milímetros de chuva.

De acordo com Brito, (2012 apud BARBOSA, 2015):

As cisternas de consumo e de produção de alimentos são alternativas tecnológicas disponibilizadas para amenizar o quadro de instabilidade de pequenos agricultores familiares que sobrevivem da agricultura. O objetivo é armazenar a água proveniente da chuva e garantir água de boa qualidade durante todo o ano para consumo humano, bem como para produzir alimentos.

Como pode-se observar na Figura 4 a cisterna de calçadão é uma tecnologia bastante importante, pois a área de captação da água da chuva é bastante grande e a capacidade de armazenamento é muito boa.

Figura 4. Visão geral da cisterna calçadão



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Na Figura 5 observa-se a cisterna que é plana ao solo mais muito profunda com capacidade de 52 mil litros de água.

Figura 5. Cisterna



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Na Figura 6 observa-se o tanque onde a água da chuva que é capturada pelo calçadão feito de cimento é escoada para dentro e assim por meio de um cano cai dentro da cisterna, tendo assim um bom aproveitamento de toda a água.

Figura 6. Tanque de escoamento de água do calçadão para dentro da cisterna



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

A garantia do acesso à água para consumo humano na região semiárida foi o ponto de partida do trabalho da ASA, por meio do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC). Lançado em 2003, o P1MC visa construir um milhão de reservatórios para atender cinco milhões de pessoas. Quatro anos depois, a rede lançou o P1+2, cujas tecnologias sociais armazenam água para produção de alimentos, combatendo a fome e contribuindo para a erradicação da extrema pobreza na região.

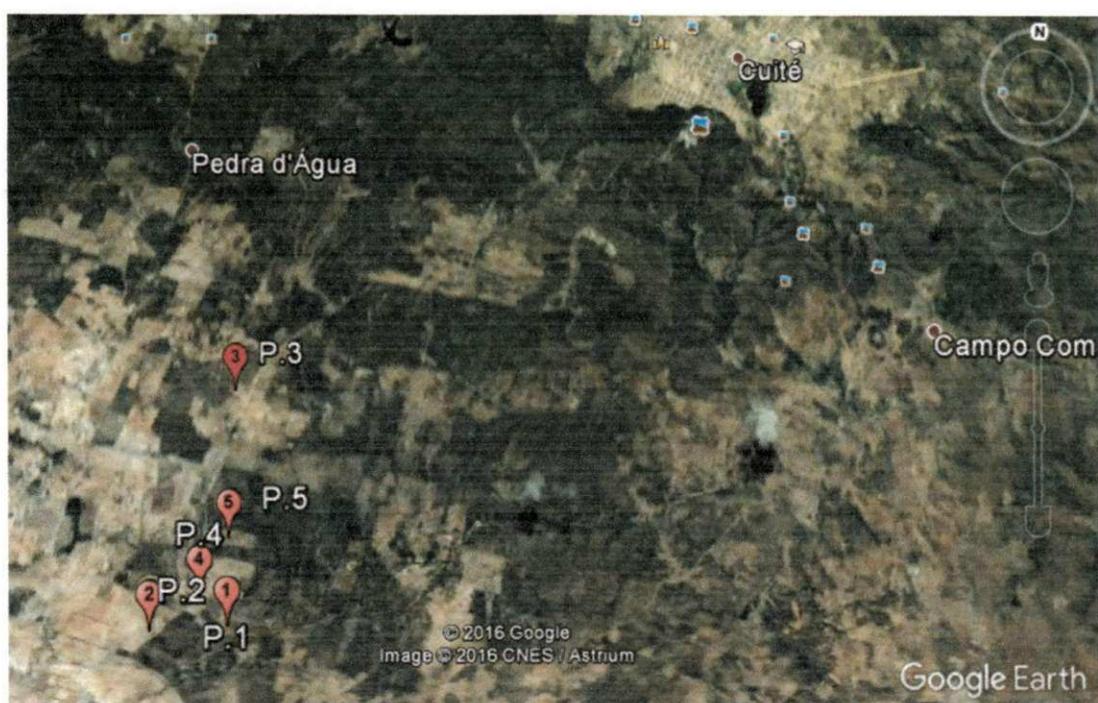
Essa iniciativa da ASA pelo P1+2 para que os agricultores tenham acesso à captação e armazenamento das águas das chuvas é de suma importância poderá utilizar para fazer plantações de hortas para a alimentação das famílias e também como uma fonte de renda.

3. METODOLOGIA

3.1. Descrição da área de estudo

O município de Cuité localiza-se no nordeste brasileiro, região centro-norte do estado da Paraíba, na microrregião do Curimataú Ocidental, possui segundo o IBGE (2015) área de 741,840 km², população de 20 325 habitantes e densidade demográfica 26,93 hab/km². Com latitude 06° 29' 01'' S e longitude 36° 09' 13'' W tem como altitude 649 m (Figura 7).

Figura 7. Área de estudo



Fonte: Google Earth, 2016.

Foram avaliadas águas de cinco cisternas durante o período de novembro de 2016 á janeiro de 2017. Os pontos de coletas foram escolhidos na zona rural da cidade. Após cada coleta, as amostras foram identificadas pelos números de 01 a 05, sendo as amostras 01, 02, 03, 04 e 05 (Tabela 4).

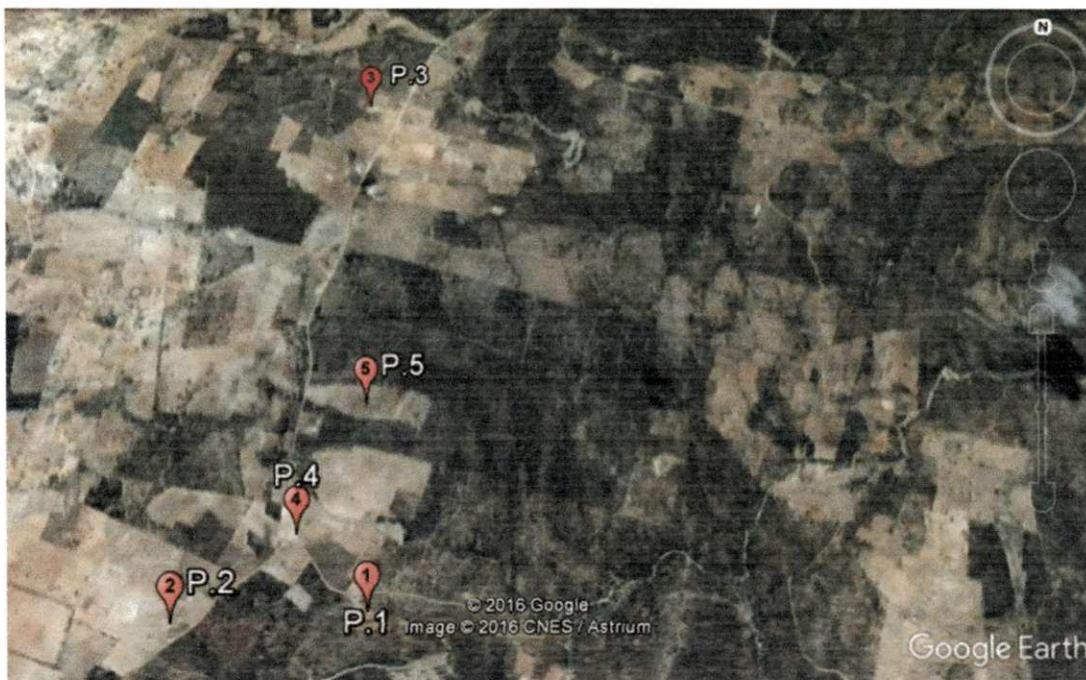
Os pontos foram escolhidos nesta região devido à carência de estudos nas mesmas, sabendo da importância de saber como se encontra a qualidade físico-química de águas de chuvas armazenadas em cisternas e tendo conhecimento que os proprietários destas cisternas utiliza-se dessas águas para consumo, foi de suma importância levar tal conhecimento para as famílias das cisternas analisadas (Figura 8).

Tabela 4. Localização dos cinco pontos das cisternas calçadão analisadas na zona rural da cidade de Cuité-PB

Pontos de Coleta	Local da coleta
Ponto 01	Sítio Federação
Ponto 02	Sítio Federação
Ponto 03	Sítio Lagoa do Serrote
Ponto 04	Sítio Federação
Ponto 05	Sítio Federação

Fonte: Dados da pesquisa, 2017

Figura 8. Localização dos pontos analisados



Fonte: Google Earth, 2016.

3.2. Coletas das amostras

Foram coletadas cinco amostras de água das cisternas de calçadão na zona rural da cidade de Cuité - PB e em seguida foram identificadas com números, data e hora da coleta e armazenadas de acordo com as normas para assim serem analisadas. Cada coleta foi realizada em triplicata e armazenada em garrafas de politereftalato de etileno (PET) com capacidade de 500 mL previamente higienizadas que foram abertas apenas no local, preenchidas por completo e mantidas em refrigeração.

Foi realizado uma caracterização das cisternas calçadão selecionadas para análise por meio de questionários aplicado aos proprietários das mesmas, pois sabe-se que o meio de captação e a forma de armazenamento e retirada de água onde influencia diretamente na qualidade e contaminação dessas águas, se não tiver os devidos cuidados e assim indagando sobre os requisitos relatados por:

- Material de construção da cisterna;
- Utilização de tampa de proteção;
- Fonte de fornecimento da água;
- Realização do descarte das primeiras águas para cisternas abastecidas por água de chuva;
- Forma de retirada da água;
- Utilização de algum método de tratamento (cloração, filtração);
- Número de lavagens anuais.

Tal questionário foi aplicado aos proprietários das cisternas, onde os mesmos responderam 08 questões, sendo todas fechadas, onde buscou-se averiguar os pontos importantes sobre a forma em que os proprietários cuidam de todas as etapas necessárias para evitar que a água fosse contaminada e assim relatar aos mesmos que tais procedimentos são de suma importância para a qualidade da água.

3.3. Recipientes utilizados para a coleta das amostras

A limpeza dos frascos é de suma importância para impedir a contaminação das amostras e dessa forma evitar erros provenientes do processo de amostragem. Cada coleta foi realizada em triplicata e armazenada em garrafas de politereftalato de etileno (PET) higienizadas que foram abertas apenas no local, preenchidas por completo e mantidas em refrigeração.

3.4. Análises físico-químicas

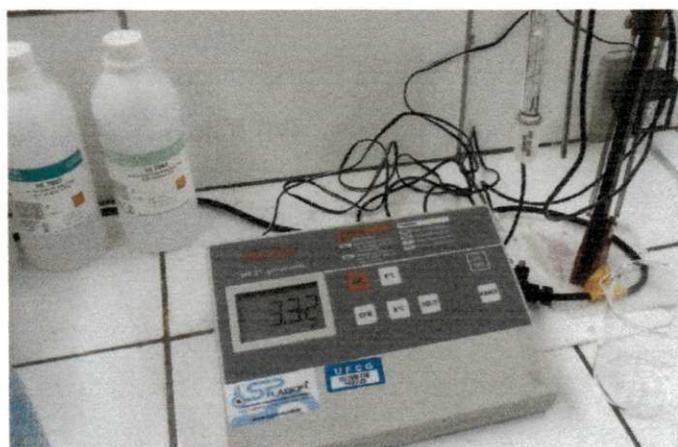
As análises das amostras foram realizadas no laboratório de Química Analítica e o Laboratório de Biocombustível e Química Ambiental da UFCG Campus de Cuité-PB. Foram realizados testes de pH, turbidez, condutividade, dureza total e teor de cloreto. Na determinação das propriedades físico-químicas das amostras de água utilizou-se métodos titulométricos. As determinações das variáveis estudadas ocorreram também pelo manual prático de análise de água da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2009), onde o mesmo seguia as metodologias recomendadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999).

3.4.1. Medidas de pH

O pH das amostras de água foram medidos em um potenciômetro (pHmetro) digital, pH METER MODEL, da marca PHTEK, modelo: PHS-3B digital, como podemos ver abaixo na Figura 9. Como o procedimento a seguir:

- O aparelho foi ligado por um tempo de 15 minutos;
- Em seguida foi calibrado inserindo-o na solução tampão pH 7,0 e 4,0;
- Por fim foi feita as medidas de pH em triplicata, e anotados os valores.

Figura 9. Peagâmetro utilizado nas análises



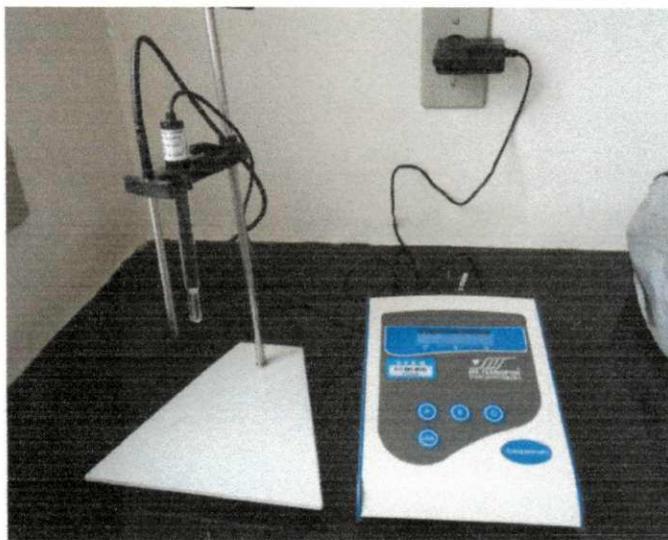
Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

3.4.2. Condutividade

A condutividade foi determinada por meio de um condutivímetro digital, modelo mCA 150, como mostra a Figura 10. As medidas de condutância foram realizadas seguindo as seguintes etapas:

- O aparelho foi ligado por um tempo de 15 minutos;
- Lavou-se a célula com água destilada;
- Enxugou-se com papel absorvente macio com cuidado para que não atingisse as platinas;
- Em seguida mergulhou-se a célula e o sensor de temperatura na solução padrão e esperou-se até que a leitura se estabilizou-se;
- Por fim anotou-se os valores de condutividade.

Figura 10: Condutivímetro usados nas análises



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

3.4.3. Estimativas dos Sólidos Dissolvidos Totais

Todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos presentes nos recursos hídricos. Sólidos podem ser classificados de acordo com seu tamanho e características químicas (MACÊDO, 2007). Os valores de sólidos dissolvidos totais (SDT) foram estimados a partir dos valores de condutividade

elétrica (CE) pela Equação (A) (CARVALHO e SILVA, 2014), tais valores são expressos em mg.L^{-1} .

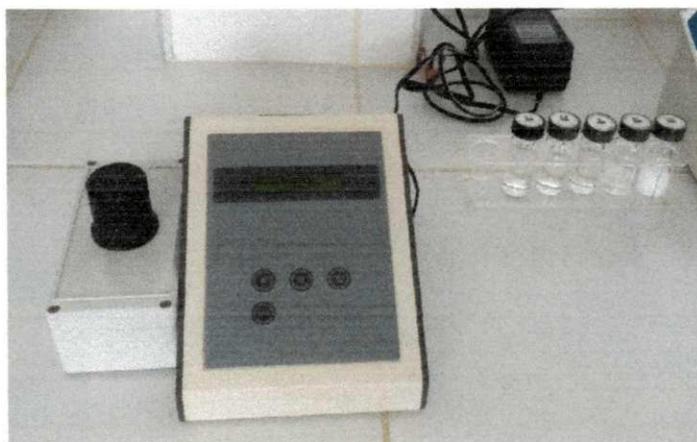
$$SDT (\text{mg.L}^{-1}) = 0,64 . CE (\mu\text{S.cm}^{-1}) \quad \text{Equação (A)}$$

3.4.4. Turbidez

A turbidez das amostras foram medidas em um turbidímetro modelo TB 1000. Como pode-se ver na Figura 11. De acordo com a sequência operacional a seguir:

- Ligou-se o turbidímetro;
- Retirou-se as ampolas da embalagem de proteção;
- Limpou-se o vidro para remover as impurezas;
- Calibrou-se o aparelho com as amostras padrões;
- Inseriu-se a amostra a ser analisada;
- Fez-se a leitura.

Figura 11. Turbidímetro usados nas análises



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

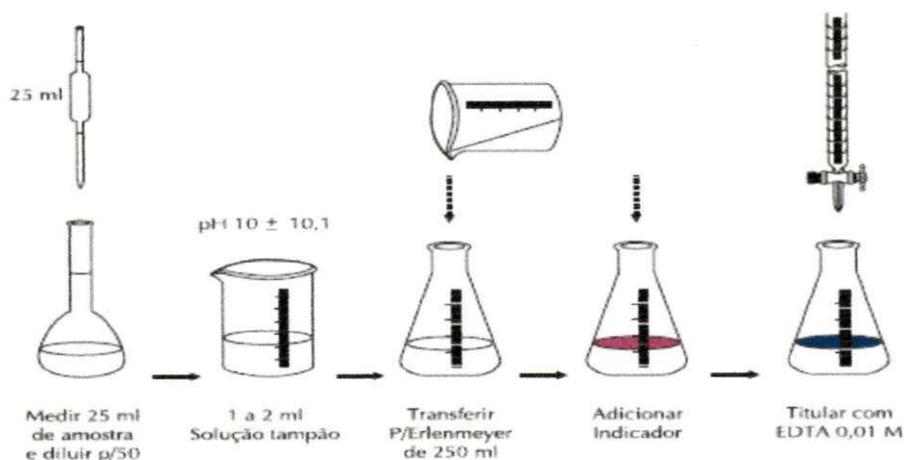
3.4.5. Determinação da dureza

O método empregado foi à volumetria de complexação, demonstrado na Figura 12, foram realizadas titulações com EDTA 0,01 mol/L, essas foram feitas em triplicatas e tomou-se a média dos volumes gastos. Seguindo os procedimentos abaixo:

- Mediu-se em uma proveta 50 ml de água e transferiu-se para um erlenmeyer de 250 ml;
- Adicionou-se 1 ml da solução de hidróxido de amônio 5%;
- Adicionou-se cristais do indicador (Negro de Ericromo T);
- Em seguida titulou-se a solução com EDTA 0,01 mol/L, até atingir o ponto de viragem;
- Anotou-se o volume gasto;
- E em seguida fez-se os cálculos usando a média do volume utilizado na titulação por meio da equação (B) (FUNASA, 2009) para determinação dos resultados.

$$\text{Dureza (mg.L}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Volume de EDTA (mL)} \cdot 1000 \cdot Fc}{\text{Volume da amostra (mL)}} \quad \text{Equação (B)}$$

Figura 12. Procedimento para determinação da dureza



Fonte: FUNASA, 2009.

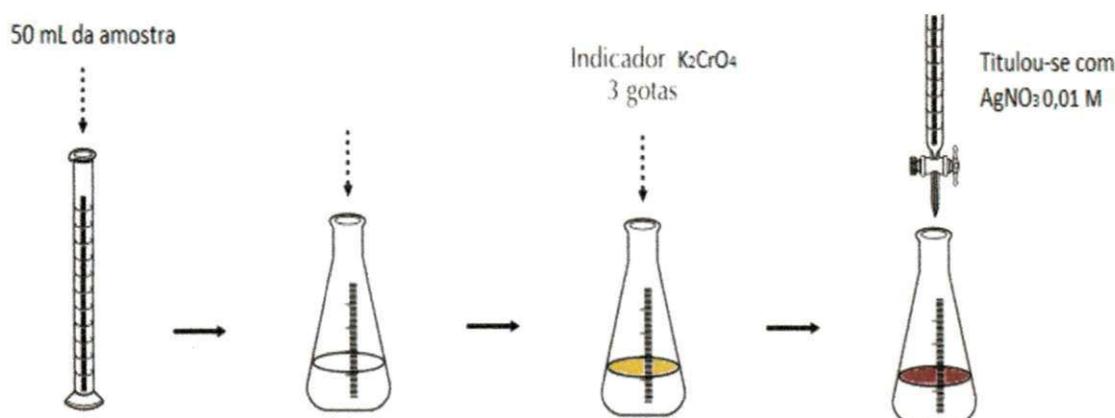
3.4.6. Determinação de Cloretos

O método para a determinação de cloretos foi por volumetria de precipitação, demonstrado na Figura 13, com uma solução de nitrato de prata 0,1 mol/L e o uso do indicador de cromato de potássio. As titulações foram feitas em triplicatas, seguindo os procedimentos abaixo:

- Mediu-se em uma proveta 50 ml de água e transferiu-se para um erlenmeyer de 250 ml;
- Adicionou-se 3 gotas do indicador cromato de potássio;
- Em seguida titulou-se a solução com nitrato de prata (AgNO_3) 0,1 mol/L, até atingir o ponto de viragem;
- Anotou-se o volume gasto;
- E em seguida os cálculos da concentração de cloreto foram obtidos por meio da equação C (FUNASA, 2009).

$$\text{Cloreto} = \frac{\text{Volume de AgNO}_3(\text{mL}) \cdot \text{Concentração de AgNO}_3(\text{mol.L}^{-1}) \cdot 35,45}{\text{Volume da amostra (mL)}} \quad \text{Equação (C)}$$

Figura 13. Procedimento para determinação de cloreto



Fonte: FUNASA, 2009.

3.4.7. Alcalinidade

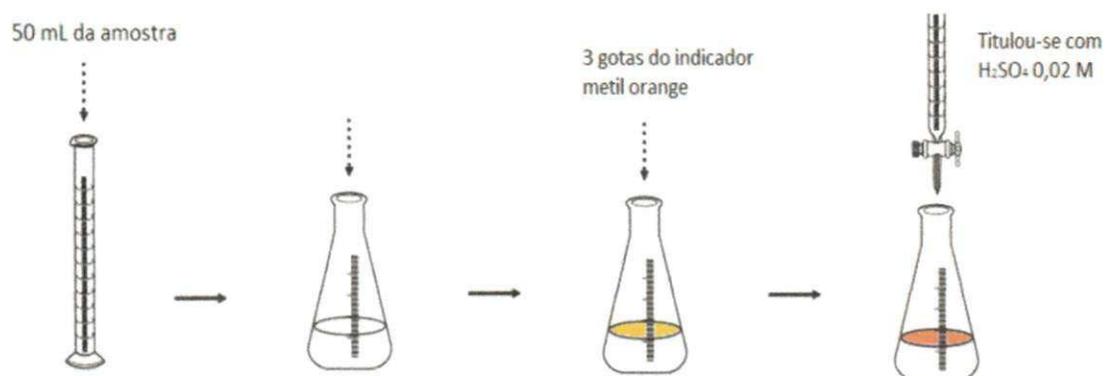
O método para a determinação da alcalinidade foi por volumetria de neutralização, com uma solução de ácido sulfúrico 0,1 mol/L e o uso do indicador de alaranjado de metila, como demonstrado na Figura 14. As titulações foram feitas em triplicatas, seguindo os procedimentos abaixo:

- Mediu-se em uma proveta 50 ml de água e transferir para um erlenmeyer de 250 ml;
- Adicionou-se 3 gotas do indicador alaranjado de metila;

- Em seguida titulou-se a solução com ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,1 mol/L, até atingir o ponto de viragem;
- Anotou-se o volume gasto;
- A Equação D (FUNASA, 2009) foi utilizada para determinação dos resultados.

$$\text{Alcalinidade (mg.L}^{-1}\text{)} = \text{Volume de H}_2\text{SO}_4 \text{ (mL). 20} \quad \text{Equação (D)}$$

Figura 14. Procedimento para determinação da alcalinidade



Fonte: FUNASA, 2009.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Diagnóstico e caracterização das cisternas calçadão

Tavares (2009) relata que o aproveitamento de água de chuva é um hábito milenar que ressurge nas sociedades modernas como uma alternativa para diminuir os problemas de escassez de água e reduzir a dependência excessiva das fontes superficiais de abastecimento. A água de chuva é um recurso hídrico acessível a toda população, independente das condições econômicas e sociais, e ainda é uma fonte de água doce que não é cobrada pelo seu uso.

Com isso, deve-se saber também que tal método de aproveitamento de água requer alguns cuidados diários para que o sistema de captação e armazenamento sejam sempre higienizados e limpos para não ocorrer contaminação. Por isso foi de suma importância fazer um diagnóstico e caracterização das cisternas calçadão de uma forma geral.

Tavares (2009, p. 27), afirma que: “Vários pesquisadores constataram que a água de chuva armazenada em cisternas atende geralmente as recomendações da Organização Mundial de Saúde para consumo humano em relação aos parâmetros físicos e químicos e não atende os parâmetros microbiológicos”.

Como veremos no trabalho infelizmente não houve análise microbiológica das amostras de águas das cisternas calçadão, sendo assim falta à garantia de que essas águas são mesmas próprias para o consumo humano, devido ao não ser possível analisar tal parâmetro, por isso foi feito um diagnóstico sobre como os proprietários dessas cisternas calçadão cuidavam da limpeza e se eles tomavam os devidos cuidados para que a água não fosse contaminada.

Como explica Andrade Neto, (2004 apud TAVARES, 2009, p. 27):

[...] A contaminação microbiológica depende dos cuidados no manejo em todas as etapas de captação, armazenamento e retirada da água da cisterna para seu consumo final. A incorporação de barreiras sanitárias simples no sistema de captação (por exemplo, sistemas de desvio das primeiras águas de chuva), na retirada da água da cisterna (bomba manual) e a desinfecção antes do consumo são importantes para assegurar a qualidade da água a ser consumida.

Após o diagnóstico feito através de um questionário aplicado aos proprietários das cisternas calçadão onde buscou-se verificar os cuidados práticos e essenciais que deve-se ter ao captar águas de chuvas, observou-se que todos os proprietários estavam

cientes das etapas de cuidados e praticavam os mesmos para que a qualidade da água armazenada fosse boa para assim podem ser consumida e visando que a água de chuva armazenada seja isenta de contaminação microbiológica. Na Tabela 5 observa-se as indagações feitas aos proprietários e suas respostas.

Tabela 5. Diagnóstico e caracterização das cisternas calçadão

Cisternas	Indagações e respostas							
	Material de construção	Tampa de proteção	Água proveniente	Descarte das primeiras águas	Limpeza da área de captação	Forma de retirada de água	Número de lavagens anuais	Utiliza algum método de tratamento
Ponto 1	Cimento	Sim	Carro-pipa e chuva	Sim	Sim	Bomba manual	01	-
Ponto 2	Cimento	Sim	Carro-pipa e chuva	Sim	Sim	Bomba manual	01	-
Ponto 3	Cimento	Sim	Chuva	Sim	Sim	Bomba manual	01	-
Ponto 4	Cimento	Sim	Chuva	Sim	Sim	Bomba manual	01	-
Ponto 5	Cimento	Sim	Chuva	Sim	Sim	Bomba manual	01	-

- Sem resposta

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

De acordo com as observações feitas durante a coleta das amostras de água e com as respostas dos questionários, foi observado que todas as cisternas foram construídas com o material cimento e que todas tinham tampa de proteção que são feitas de zinco e continham cadeados, assim diminui os riscos de contaminação da água, pois como todas são tampadas não caem folhas, fezes de aves e animais pequenos.

Sobre a procedência das águas, as cisternas dos pontos 01 e 02 são provenientes tanto de carro-pipa como de chuvas e as demais (ponto 03, 04 e 05) são apenas de águas provenientes das chuvas. Como todas as cisternas continham água de chuva foi coerente indagar sobre se há descarte ou não das primeiras águas e todos os proprietários informaram que sim, ou seja, descartavam águas que escorrem no calçadão para total limpeza de sujeiras que iriam contaminar a água. Assim, sabendo da relevância do descarte das primeiras águas a pergunta posterior indagava sobre se havia a limpeza e higienização do calçadão e do tanque e todos os proprietários responderam

que também têm esse cuidado com a limpeza frequente para que a água que vai ser armazenada durante muito tempo na cisterna não seja contaminada e assim evitam tendo cuidado das etapas do sistema de captação e armazenamento.

Outra questão importante é a forma de retirada da água para uso do dia-a-dia e da mesma forma todos os proprietários tem tal cuidado, não é preciso abrir a tampa de proteção, pois a cisterna tem uma bomba manual onde eles utilizam para retirar a água e assim também diminui os riscos de contaminações.

Em todas as cisternas analisadas o número de lavagens anuais segundo os moradores eram apenas uma e assim a água proveniente das novas chuvas acabam que se misturando com as que já estão armazenadas, pois como a região do semiárido nordestino sofre com a estiagem, não se pode descartar a água já armazenada, pois todos contam com a economia diária para que o volume de água restante possa durar por mais tempo se acaso não houver precipitação de chuva na região.

Em relação ao tratamento das águas das cisternas, todos os proprietários deixaram tal questão sem resposta, mas em loco foi feita uma indagação sobre tal fato e os mesmos ressaltaram que na cisterna não é feito nenhum tratamento, mas na água para o consumo eles utilizam-se de dois métodos: a filtração e cloração. E segundo Carvalho e Silva (2014) a adição de cloro no tratamento da água pode ter como objetivos a destruição ou a inativação de organismos patogênicos, que são capazes de produzir doenças ou de outros organismos indesejáveis e o processo de cloração é eficiente para desinfecção da água, no entanto deve inspirar cuidados, pois se realizado sem controle pode gerar subprodutos potencialmente carcinogênicos.

Com esta primeira parte de caracterização das cisternas de calçadão e estudo de caso, verificando-se os cuidados praticados dos proprietários e as condições pelas quais as águas são captadas e armazenadas e com a obtenção desses resultados pode-se ter um diagnóstico bastante satisfatório, e após tal etapa começou-se a análise das águas para averiguação dos padrões físico-químicos. Não foi possível e viável a análise microbiológica, para se obtiver a conclusão de que tendo todos os cuidados necessários nas etapas de captação e armazenamento das águas de chuvas, é realmente o fator imprescindível para a não contaminação microbiológica dessas águas.

4.2. Análises dos parâmetros físico-químicos das amostras de águas

As análises dos parâmetros físico-químicos das amostras de águas de cisternas calçadão da zona rural do município de Cuité-PB foram realizadas em triplicatas, calculados os valores médios e em seguida os desvios padrões a partir da Equação (E) (HARRIS, 2005).

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{Equação (E)}$$

Onde, s = desvio padrão; x_1 = primeiro valor encontrado; x_2 = segundo valor encontrado; x_3 = terceiro valor encontrado; \bar{x} = valor médio e n = número de amostras

4.2.1. Análise do pH

As medidas do pH das cinco amostras de águas das cisternas calçadão da zona rural do município de Cuité-PB, seus valores médios e desvio-padrões estão detalhadas na Tabela 6.

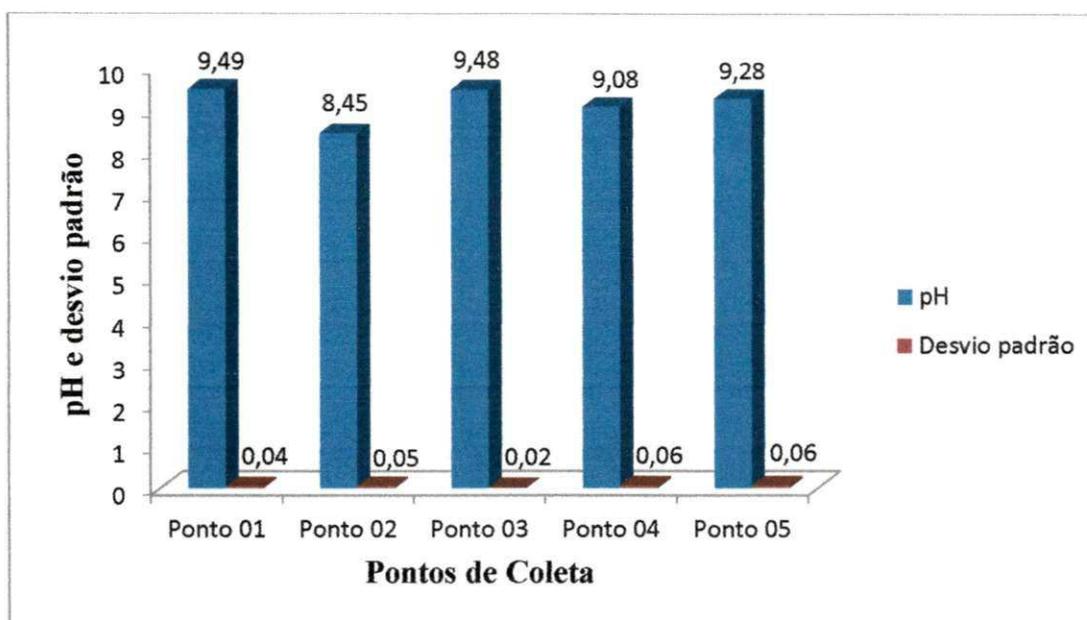
Tabela 6. Valores de pH das amostras de água analisadas

Pontos de coleta	pH			Valores Médios (\bar{x})	Desvio Padrão (S)	Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde
	Análise 01	Análise 02	Análise 03			
Ponto 01	9,50	9,46	9,53	9,49	0,04	6,0 a 9,5
Ponto 02	8,39	8,46	8,50	8,45	0,05	
Ponto 03	9,48	9,46	9,54	9,49	0,04	
Ponto 04	9,02	9,12	9,09	9,08	0,05	
Ponto 05	9,22	9,34	9,28	9,28	0,06	

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Os valores encontrados de pH foram caracterizados como básicos do ponto 1 ao ponto 5. Mais todos esses pontos encontram-se dentro do intervalo estabelecido pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde que estabelece que os valores variem de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2011). De acordo com Parrom (2011), as águas naturais, frequentemente, possuem pH na faixa de 4,0 a 9,0, e a maioria é ligeiramente básica, devido á presença de bicarbonatos e carbonatos dos metais alcalinos e alcalinos terrosos.

Gráfico 1. Valores de pH e seus desvios padrões



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

As medidas de pH das amostras de água da chuva variaram de 8,45 á 9,49, como pode-se observar no Gráfico 1 acima, isso se deve ao fato segundo Silva e Pádua (2007) que a água da chuva adquire característica alcalina após ser armazenada em cisternas de cimento, devido sua característica corrosiva que provoca a dissolução de compostos presentes nas superfícies de captação e armazenamento elevando o pH. Os proprietários das cisternas relataram que faz pouco tempo de construção delas e ao serem construídas passou em suas paredes uma cola específica para que as mesmas não tivessem vazamento, fazendo assim que estes resultados de pH sofressem uma influência de substâncias dissolvidas da parede interna de revestimento, principalmente carbonato de cálcio, conseqüentemente elevando o pH da água.

4.2.2. Condutividade Elétrica (CE)

Na tabela 7 estão representados os valores de condutividade elétrica e desvio padrão das amostras de águas analisadas. Todas as medidas foram realizadas em triplicatas, calculada a média (\bar{x}) e o desvio padrão (s).

A condutividade elétrica variou entre as amostras de 2,12 á 3,12 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Na Portaria 2.914/11 não tem estabelecido valor padrão para a CE, mas se encontra dentro do valor estipulado por Libânio (2010) onde ele relata que: as águas naturais apresentam usualmente condutividade elétrica inferior á 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, podendo atingir 1000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

em corpos de água receptores de elevadas cargas efluentes domésticas e industriais, porém neste trabalho este tipo de contaminação não foi constatado, pois não há indústrias nos entornos dos locais analisados, apenas casas da zona rural que não utilizam-se de esgotos domésticos para todas as águas usadas diariamente, utilizam de forças sépticas apenas para os banheiros de forma geral.

Tabela 7. Valores de Condutividade Elétrica (CE) das amostras de água

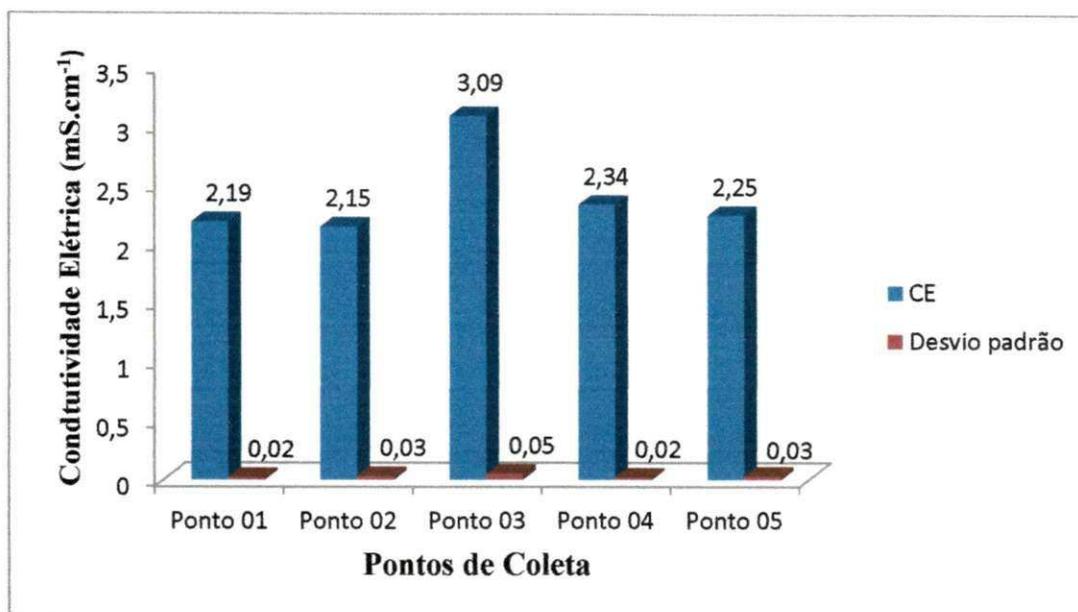
Pontos de coleta	CE (mS.cm ⁻¹)			Valores Médios (\bar{x})	Desvio Padrão (S)	Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde
	Análise 01	Análise 02	Análise 03			
Ponto 01	2,17	2,22	2,19	2,19	0,02	Não Estabelecido
Ponto 02	2,12	2,17	2,17	2,15	0,03	
Ponto 03	3,04	3,12	3,12	3,09	0,05	
Ponto 04	2,35	2,33	2,36	2,34	0,02	
Ponto 05	2,22	2,24	2,28	2,25	0,03	

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

O Gráfico 2 apresenta os valores médios e os desvios padrões do resultados da Condutividade Elétrica das amostras de água. O valor encontrado mais baixo de condutividade elétrica foi no ponto 2 de 2,15 e o valor mais alto foi no ponto 3 igual a 3,09. Pode-se observar que não houve quase diferença de condutividade elétrica para as amostras de águas, isso pode ser justificado devido às concentrações de sais dissolvidos totais presentes. Pois, as águas de chuvas armazenadas nas cisternas calçadão passaram por as mesmas etapas e localizam-se todas numa mesma região na zona rural e a distância entre elas considera-se muito próximas.

De acordo com Carvalho e Silva (2014), este parâmetro não representa um problema para a saúde humana, contudo, a partir do seu valor pode ser estimada a concentração de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), e este é um problema potencial, pois água com excesso de SDT se torna impalatável devido à alteração no gosto, ocasiona problemas de corrosão de tubulações e o seu consumo pode causar o acúmulo de sais na corrente sanguínea e possibilita a formação de cálculos renais.

Gráfico 2. Valores de Condutividade Elétrica e seus desvio padrões



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

O Ministério da Saúde não especifica valores para o SDT, mais considera-se que através desses valores pode-se calcular a concentração de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT). Segundo Libânio (2010), a condutividade elétrica não é um parâmetro integrante do padrão de potabilidade brasileiro, mas constitui-se em um importante indicador de eventual lançamento de efluentes por relacionar-se à concentração de sólidos dissolvidos totais.

4.2.3. Estimativas dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

As concentrações de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) foram obtidas a partir dos valores de Condutividade Elétrica (CE) encontradas nas amostras de águas de chuvas analisadas. As concentrações de SDT foram calculadas através da Equação (A).

$$SDT (mg.L^{-1}) = 0,64 . CE(\mu S.cm^{-1})$$

De acordo com Carvalho e Silva (2014):

A estimativa de SDT através de sua relação com a condutividade elétrica tem sido proposta (OLIVEIRA et al., 2009; AHPA, 1999) como uma alternativa rápida e fácil para conhecer uma concentração relativa de sais presentes nas amostras de águas. No entanto, a multiplicação da CE por 0,64 só é recomendada para águas com CE inferior a 5.000 $\mu S.cm^{-1}$ (CASALI, 2008).

Essa determinação só é possível devido ao fato que a CE é proporcional ao teor de sais e aumenta na mesma medida.

A Tabela 8 apresenta os valores obtidos para a média da condutividade elétrica e para os sólidos dissolvidos totais das amostras de águas analisadas.

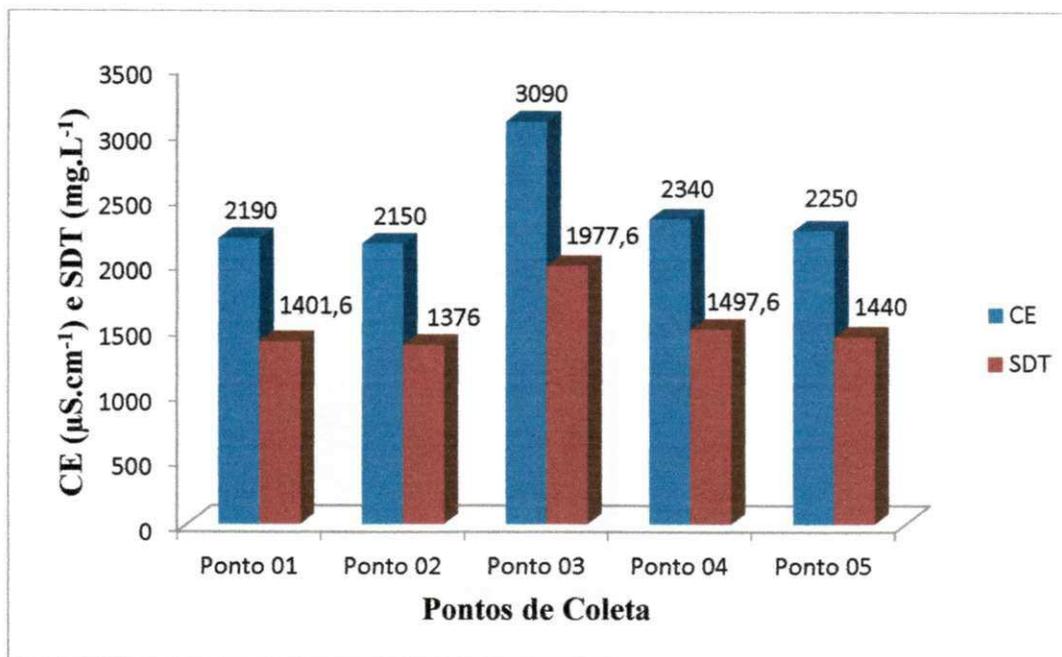
Tabela 8. Valores médios de CE, Sólidos Dissolvidos Totais e valor permitido

Pontos de coleta	\bar{x} , CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	SDT (mg.L^{-1})	Portaria 2.914/2011 Ministério da Saúde
Ponto 1	2190,0	1401,6	1000 (mg.L^{-1})
Ponto 2	2150,0	1376,0	
Ponto 3	3090,0	1977,6	
Ponto 4	2340,0	1497,6	
Ponto 5	2250,0	1440,0	

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

De acordo com a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde o valor máximo estabelecido para a concentração de SDT é de 1000 mg.L^{-1} . Como pode-se observar todas as amostras de água de todos os pontos analisados estão acima do valor permitido sendo assim estas águas não podem ser destinadas ao consumo humano, pois segundo Azevedo Neto e Richter (1991), o teor de sólidos dissolvidos totais deve ser baixo, uma vez que teores elevados de minerais na água são prejudiciais à saúde humana e, indesejáveis para o uso industrial da água.

A amostra de água que teve o valor mais baixo considerando todos os pontos analisados foi o ponto 2 com concentração de $1376,0 \text{ mg.L}^{-1}$ e o ponto 4 teve o valor mais alto chegando à $1497,6 \text{ mg.L}^{-1}$. A água com presença de 500 ppm de sólidos dissolvidos, geralmente, ainda é viável para uso doméstico, mas provavelmente inadequada para utilização em muitos processos industriais. Água com teor de sólidos superior a 1000 ppm torna-se inadequada para consumo humano e possivelmente será corrosiva e até abrasiva. Segundo Cassali (2008), a água com excesso de SDT se torna impalatável, devido à alteração no gosto, ocasiona problemas de corrosão nas tubulações, causa acúmulo de sais na corrente sanguínea e possibilita a formação de cálculos renais.

Gráfico 3. Valores de Condutividade Elétrica e de Sólidos Dissolvidos Totais

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

4.2.4. Análise da turbidez

Na tabela 9 estão detalhados os valores de turbidez encontrados nas amostras de águas.

Tabela 9. Valores de turbidez (NTU) encontrados nas amostras de águas

Pontos de coleta	Turbidez (NTU)			Valores médios	Desvio Padrão (S)	Portaria 2.914/2011 Ministério da Saúde
	Análise 01	Análise 02	Análise 03			
Ponto 1	0,12	0,18	0,16	0,15	0,03	5,0 NTU
Ponto 2	0,55	0,56	0,55	0,55	0,01	
Ponto 3	0,27	0,29	0,27	0,28	0,01	
Ponto 4	0,62	0,61	0,63	0,62	0,01	
Ponto 5	0,38	0,35	0,37	0,37	0,02	

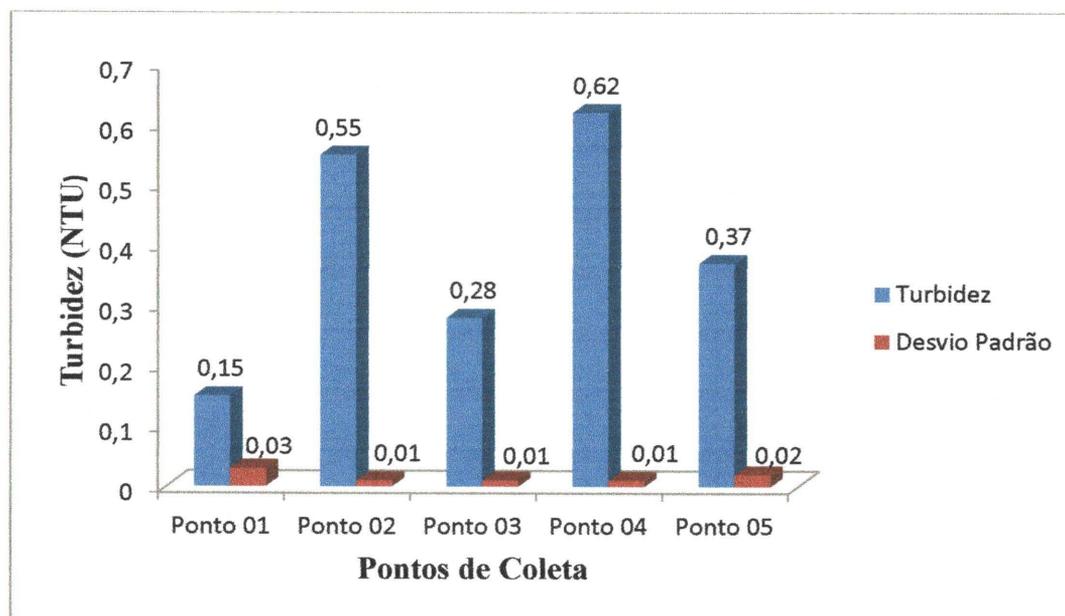
Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

A turbidez baseia-se na medida da intensidade da luz transmitida através de uma suspensão de partículas. Nas amostras de águas analisadas pode-se ver que todos os

valores de turbidez estão dentro do padrão de aceitação para consumo humano estabelecido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde que diz que o valor máximo permitido é de 5,0 NTU. Tendo como valor mais baixo o ponto 1 com 0,12 NTU e o valor mais alto encontrado foi 0,62 NTU no ponto 4.

O Gráfico 4 apresenta os valores de turbidez das amostras de água analisadas:

Gráfico 4. Medidas de turbidez e seus desvio padrões



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

A portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que o valor máximo permitido seja de 1,0 NTU – Unidade de Turbidez, para água subterrânea desinfetada e água filtrada após tratamento completo ou filtração direta, e 5,0 NTU como padrão de aceitação para o consumo humano (BRASIL, 2004). Sendo assim os valores encontrados das amostras de águas estão também dentro do valor estipulado pela portaria acima mencionada. Segundo Sperling (2005) o elevado teor de turbidez surge por matéria orgânica e inorgânica em suspensão o que pode servir de abrigo para microrganismos e diminuir a eficiência do tratamento químico ou físico da água, foi observado por meio das visitas em loco que 100% das cisternas estão limpas sem sujeiras tanto dentro delas como no calçadão que capta a água da chuva.

4.2.5. Determinação da Dureza

A dureza das amostras de águas foram determinadas por meio da volumetria de complexação, onde utiliza-se como titulante o EDTA 0,01 M.

Foi feita uma diluição da água a ser analisada do ponto 2 e 3, da seguinte forma:

- ✓ Em um balão volumétrico de 125 mL foi adicionado 25 mL da amostra de água a ser analisada + 100 mL de água destilada;

Em seguida foi tomado 50 mL da água diluída com auxílio de uma pipeta e transferida para o erlenmeyer, adicionado a amostra 1 mL de NH₄OH 5% e uma pedra do indicador Negro de Ericromo T. Esperou a diluição e em seguida começou a titulação, depois foi feitos os cálculos através da equação (B) da Funasa (2009):

$$\text{Dureza (mg.L}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Volume de EDTA (mL)} \cdot 1000 \cdot Fc}{\text{Volume da amostra (mL)}}$$

Através dos volumes gastos na titulação foi possível calcular a dureza. Na Tabela 10 estão representados os valores dos volumes gastos, a média, o desvio padrão, a dureza e o valor permitido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Tabela 10. Valores encontrados na determinação da dureza

Pontos de coleta	Volumes gastos de EDTA (mL)			Valores Médios \bar{x}	Desvio Padrão (S)	Dureza CaCO ₃ (mg.L ⁻¹)	Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde
	Análise 01	Análise 02	Análise 03				
Ponto 1	1,6	1,5	1,5	1,5	0,07	300	500 mg.L ⁻¹
Ponto 2	1,7	1,6	1,7	1,7	0,07	340	
Ponto 3	1,4	1,5	1,4	1,4	0,07	280	
Ponto 4	1,6	1,4	1,5	1,5	0,1	300	
Ponto 5	1,5	1,6	1,4	1,5	0,1	300	

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Como pode-se ver na Tabela 10 acima, todos os valores encontrados nas amostras de água estão dentro do valor padrão permitido pela Portaria nº 2.914/11 que estabelece como valor máximo permitido de 500 mg.L⁻¹ de CaCO₃ (BRASIL, 2017).

Mais mesmos os valores estando dentro do valor máximo permitido pelo Ministério da Saúde, os valores estão em torno de 300 mg.L⁻¹ de CaCO₃, tal fato se explica pelo fato de que foram passados nas paredes das cisternas uma cola específica para que não haja vazamentos, e como em sua composição contém aditivos especiais

derivados de alumínio e cargas minerais eles reagem com o cimento das paredes e acabam que a concentração de carbonato de cálcio aumentando.

Segundo Libânio (2010), a dureza é expressa em mg.L^{-1} de equivalente em carbonato de cálcio (CaCO_3) e, ainda que com alguma imprecisão em virtude da perceptibilidade variável da população abastecida, em função deste parâmetro a água pode ser classificada em (Tabela 11):

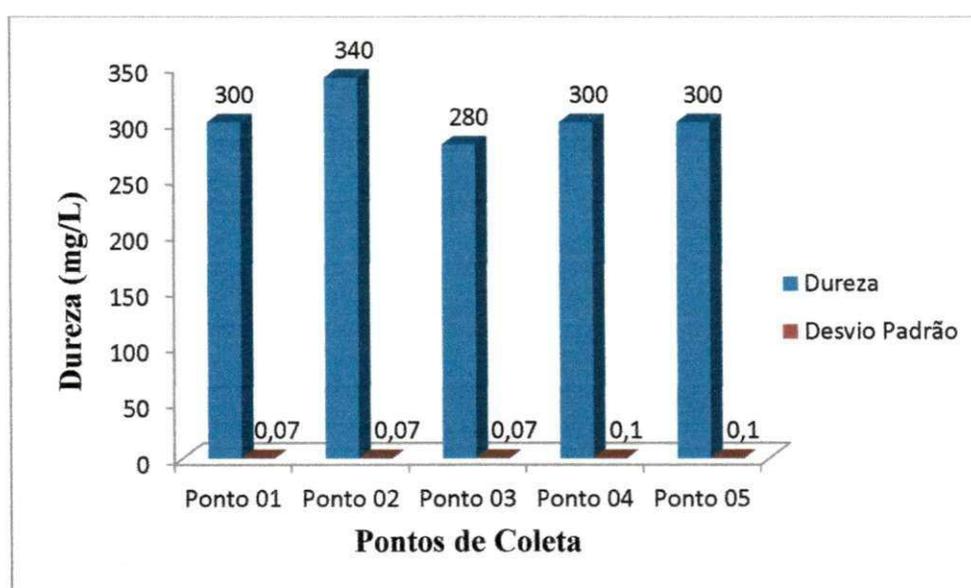
Tabela 11. Classificação da água quanto à dureza

Dureza (ppm CaCO_3)	Classificação
< 15	Água muito mole
15 – 50	Água mole
50 – 100	Água de dureza média
100 – 200	Água dura
> 200	Água muito dura

Fonte: MACÊDO, 2007.

De acordo com a classificação quanto à dureza das águas analisadas, pode-se dizer que todas as amostras de água são duras, mais estão dentro do padrão estabelecido pelo Ministério da Saúde. No gráfico 5 está representado os valores de dureza e os desvios padrões das mesmas.

Gráfico 5. Valores de dureza e os desvios padrões das amostras de águas



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Como pode-se observar no Gráfico 5 o valor mais baixo encontrado de dureza foi o ponto 3 com 280 mg.L^{-1} e o valor mais alto foi no ponto 2 de 340 mg.L^{-1} , os valores tiveram pequenas variações entre as amostras analisadas. Levando em consideração as águas de chuva a dureza é adquirida pela corrosão da água que dissolve o carbonato de cálcio e magnésio presentes nos sistemas de captação e armazenamento e no caso de águas provenientes de carros-pipa se foram obtidas de poços subterrâneos, a água adquire pela solubilização dos componentes, principalmente quando em contato com regiões calcárias.

4.2.6. Determinação de Cloretos

Geralmente, os cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L. Estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar (FUNASA, 2009).

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o teor de 250 mg/L como o valor máximo permitido para água potável (BRASIL, 2011). Os métodos convencionais de tratamento de água não removem cloretos. A sua remoção pode ser feita por dessalização (osmose reversa) ou eletrodialise (troca iônica) (FUNASA, 2009).

A determinação de cloretos reazilado através da volumetria de precipitação, pelo Método de Mohr, onde utiliza como titulante o Nitrato de Prata (AgNO_3) e o indicador Cromato de Potássio (K_2CrO_4).

Foram realizadas titulações em triplicatas, depois calculadas as médias dos volumes gastos de Nitrato de Prata 0,1 M utilizados nas titulações. Os cálculos para a determinação de cloretos presentes nas amostras de águas foram calculados por meio da equação (C):

$$\text{Cloreto} = \frac{\text{Volume de AgNO}_3(\text{mL}) \cdot \text{Concentração de AgNO}_3(\text{mol.L}^{-1}) \cdot 35,45}{\text{Volume da amostra (mL)}}$$

Na Tabela 12 estão os valores utilizados de volumes de AgNO_3 , a média, os desvios padrões, a concentração de cloretos e o valor padrão estabelecido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

Tabela 12. Valores encontrados na determinação do Teor de Cloreto

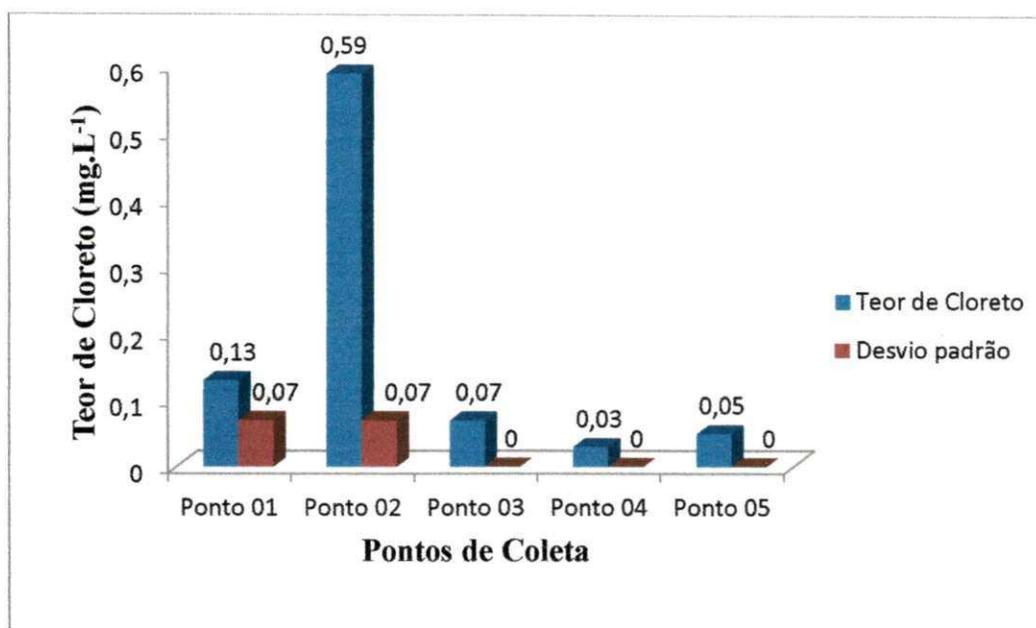
Pontos de coleta	Volumes gastos de AgNO ₃ (mL)			Valores Médios (mL)	Desvio Padrão (S)	Cloreto (mg.L ⁻¹)	Portaria 2.914/2011 Ministério Da Saúde
	Análise	Análise	Análise				
	01	02	03				
Ponto 1	1,8	1,8	1,9	1,8	0,07	0,13	250 mg.L ⁻¹
Ponto 2	8,5	8,4	8,4	8,4	0,07	0,59	
Ponto 3	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,07	
Ponto 4	0,7	0,7	0,7	0,7	0,0	0,03	
Ponto 5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,0	0,05	

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Como pode-se ver todas as amostras de águas analisadas estão dentro do valor máximo estabelecido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, mesmo o Ponto 1 e ponto 2 que foram abastecidas também por água proveniente de carro pipa estão com o teor de cloreto abaixo de 250 mg/L. Como pode-se observar o Ponto 1 e Ponto 2 são os pontos onde foram encontrados os maiores valores de teor de cloreto, e o Ponto 2 onde tendo uma grande variância chegando a 0,59 mg/L, isso ocorreu devido a cisterna ter sido abastecida mas de uma vez por carro pipa e como nos carros pipas há utilização de método de cloração a água conseqüentemente teve o valor mais alto dentre os demais.

Em relação ao valor mínimo exigido de teor de cloreto na água é de 0,2 mg.L⁻¹, sendo assim apenas o ponto 2 se encontra acima do valor mínimo, tal valor é estabelecido pois o teor de cloreto age como agente bactericida e como os pontos 1, 3, 4 e 5 estão abaixo de 0,2 mg.L⁻¹, corre o risco de que nessas águas possam conter bactérias e logo tais águas não podem ser consumidas. Os proprietários dessas cisternas foram orientados a clorar as águas para melhor segurança ao consumir essas águas.

Gráfico 6. Teor de Cloreto/Desvio padrão das amostras de águas analisadas



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

No Gráfico 6 estão representados os teores de cloretos e os desvios padrões das amostras de águas analisadas, o ponto 2 foi onde encontrou-se um maior teor de cloreto chegando a $0,59 \text{ mg.L}^{-1}$ e o menor no ponto 4 que foi apenas $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$. Mais todos os valores encontrados estão dentro do padrão permitido. Tais teores de cloretos tão baixos se dão pelo fato de que todas as cisternas de calçadão analisadas tem suas águas provenientes de chuvas, e as que têm água proveniente de carro pipa estão misturadas com água de chuva e nas mesmas segundo os proprietários não houve cloração, sendo assim o teor de cloreto conseqüentemente não poderia dar um valor mais alto.

A presença de cloreto pode ser notada pelo sabor desagradável com características de água salobra. A água natural já se caracteriza como salobra e é constatado pelos elevados teores de cloreto o que pode ser justificado pela localização do aquífero em meio rochoso. Pode ainda provocar reações fisiológicas em seres humanos (MACÊDO, 2007).

4.2.7. Determinação de Alcalinidade

A alcalinidade total de uma água é dada pelo somatório das diferentes formas de alcalinidade existentes, ou seja, é a concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, expressa em termos de carbonato de cálcio. Pode-se dizer que a alcalinidade mede a capacidade da água em neutralizar os ácidos (FUNASA, 2009).

A determinação da alcalinidade foi feita através da volumetria de neutralização, onde utiliza como titulante o ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,1 M e o indicador alaranjado de metila (metilorange).

Foram realizadas titulações em triplicatas, depois calculadas as médias dos volumes gastos de ácido sulfúrico 0,1 M, os desvios médios e com os resultados encontrados foi feita a determinação da alcalinidade através da equação (D):

$$\text{Alcalinidade (mg.L}^{-1}\text{)} = \text{Volume de } H_2SO_4 \text{ (mL)} \cdot 20$$

Tabela 13. Valores encontrados na determinação da alcalinidade

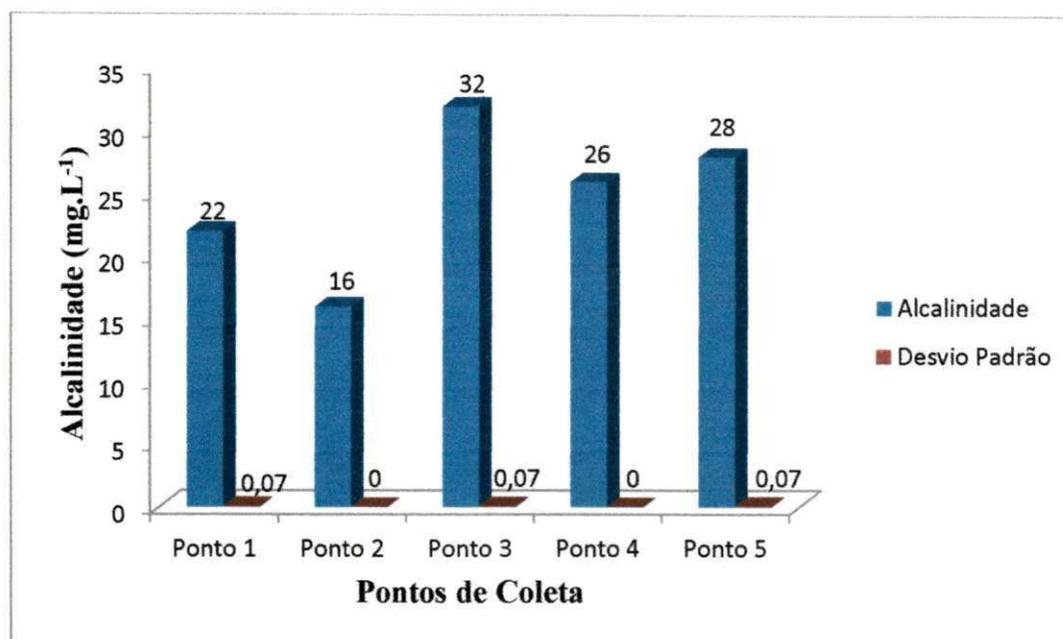
Pontos de coleta	Volumes gastos de H_2SO_4 (mL)			Valores Médios (mL)	Desvio Padrão (S)	Alcalinidade ($mg.L^{-1}$)	Portaria 2.914/11 Ministério Da Saúde
	Análise 01	Análise 02	Análise 03				
Ponto 1	1,2	1,1	1,1	1,1	0,07	22	Não Estabelecido
Ponto 2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0	16	
Ponto 3	1,7	1,6	1,6	1,6	0,07	32	
Ponto 4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,0	26	
Ponto 5	1,5	1,4	1,4	1,4	0,07	28	

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

A Tabela 13 apresenta os resultados da determinação das alcalinidades das amostras de águas analisadas, o valor de alcalinidade mais baixo foi o do ponto 2 de 16 $mg.L^{-1}$ e o valor mais alto é de 32 $mg.L^{-1}$ foi encontrado no ponto 3.

De acordo com Moraes (2008), verifica-se que na maior parte dos ambientes aquáticos a alcalinidade é devida exclusivamente à presença de bicarbonatos. Valores elevados de alcalinidade estão associadas a processos de decomposição da matéria orgânica e a alta taxa respiratória de micro-organismos, com a liberação e dissolução do gás carbônico na água.

Logo, pode-se dizer que os valores encontrados nas amostras de águas analisadas são razoavelmente baixos devido a não presença de decomposição de matéria orgânica e baixa presença também de microrganismos.

Gráfico 7. Valores de alcalinidade e seus desvios padrões

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

O Gráfico 7 mostra os valores de alcalinidade encontrados nas amostras de águas analisadas e tais valores encontrados são inferiores a $35,0 \text{ mg.L}^{-1}$.

A alcalinidade das águas não representa risco potencial à saúde as pessoas que consumirem águas com o valor muito alto, mais provoca alteração no paladar e a rejeição da água em concentrações inferiores aquelas que eventualmente pudessem trazer prejuízos sérios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a obtenção dos resultados desta pesquisa, conclui-se que todas as cisternas calçadão estão com suas águas impróprias para o consumo humano, pois em relação aos parâmetros, todos os pontos estão com os valores de SDT acima do padrão estabelecido e abaixo do padrão estabelecido para o teor de cloreto, exceto o ponto 2. As águas com excesso de SDT se torna impalatável, para quem consumir corre o risco de acumular sais na corrente sanguínea e posteriormente a formação de cálculos renais, e com o teor de cloreto abaixo do estabelecido pode promover a aparição de bactérias nas águas sendo assim um risco para saúde de quem a consumem.

Pode-se averiguar, observando os valores encontrados, que os demais parâmetros físico-químicos estão dentro do padrão estabelecido pelo Ministério da Saúde, exceto, como já mencionado acima, o teor de Sólidos Dissolvidos Totais, onde o valor máximo permitido pela Portaria 2.914/11 é de até 1000 mg.L⁻¹ e o valor mais baixo encontrado nas amostras de águas analisadas foi o ponto 2 com concentração de 1376,0 mg.L⁻¹ e o ponto 4 teve o valor mais alto chegando á 1497,6 mg.L⁻¹ e também o teor de cloreto que estar abaixo do valor estabelecido que é de 0,2 mg.L⁻¹, apenas o ponto 2 está dentro do valor mínimo permitido chegando a 0,59 mg.L⁻¹.

Além disso, os parâmetros físico-químicos das águas das cisternas calçadão analisados que estão dentro do estabelecido devem ser associados à eficiência do manejo da cisterna, ao uso correto da retirada da água que todos os proprietários utilizam-se da bomba manual, à limpeza corriqueiramente do reservatório (cisterna) e do sistema de captação (calçadão e tanque), e ao desvio das primeiras águas de chuva.

Para diminuir os riscos de contaminação de águas de cisternas calçadão destaca-se alguns pontos importantes que é essencial para explicitar aos proprietários das cisternas e neste trabalho em relação ao manejo adequado da água. Assim para reduzir os riscos de contaminação deve-se tomar os devidos cuidados:

- As famílias não devem ter contato direto com a água da cisterna, para isto, é essencial que todas as cisternas tenham bomba manual e que a água seja tratada;
- A cisterna deve ser lavada e higienizada antes do período das chuvas; e desviar as primeiras águas das chuvas;
- Manter as etapas de captação e armazenamento sempre limpa;

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

- Deve ter cerca (com tela de proteção) para evitar acidentes ou contaminação (crianças e animais);
- Deve permanecer sempre tampada e não apresentar vazamentos, que podem se constituir em contaminação, entre outros cuidados citados no decorrer do trabalho.

Considerando que a água de chuva na zonal rural é de certa forma de boa qualidade, devido à poluição nesta área ser menor em relação à zona urbana, e tendo em vista tais pontos acima citados, a adoção dessas barreiras sanitárias ao longo do sistema de captação e armazenamento em cisternas, que se iniciam com a higiene da área de captação (calçadão) e termina com o tratamento da água antes do consumo, são fundamentais para fornecer água segura para o consumo humano.

Considerando que as amostras de águas de cisternas calçadão da zona rural do município de Cuité-PB estão impróprias para o consumo humano devido o excesso de SDT encontrados e o teor de cloretos abaixo do mínimo necessário, um estudo complementar sobre análises microbiológicas dessas águas seria de grande importância, tendo em vista que tal análise é um dos critérios fundamentais para a definição da potabilidade da água, e principalmente em águas provenientes de chuvas que são captadas em áreas que tem uma maior chance de contaminação devido a ser uma área aberta exposta ao meio ambiente tendo o risco de conter fezes de aves, folhas de plantas e dentre outras formas e assim confirmar que os cuidados nas etapas de captação e armazenamento são essenciais para tal parâmetro estar dentro do valor estabelecido pelo Ministério da Saúde.

Sabendo da pouca quantidade de chuva na região e conseqüentemente da pouca água armazenada, a análise da qualidade de águas de cisternas calçadão da zona rural do município de Cuité-Pb foi de suma importância, pois as famílias que se utilizam dessas águas para consumo tiveram a oportunidade de saber como estão os parâmetros físico-químicos e entender que os cuidados com a higiene de todas as etapas envolvendo desde a captação até o armazenamento são muitos importantes para a qualidade das mesmas.

Portanto, fica clara a relevância de estudos sobre as águas de cisternas calçadão, e por ser uma matriz que ainda não havia sido estudada nem tão pouca conhecida na região, a pesquisa contribuiu para um melhor encaminhamento de novas pesquisas e principalmente no que se refere à análise tendo uma avaliação dos parâmetros físico-químicos e verificando a potabilidade dessas águas.

6. REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. **Avaliação da Qualidade Bacteriológica das Águas de Cisternas: Estudo de Caso no Município de Petrolina.** In anais do SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3. Petrolina: ABCMAC, 2001. p. 2 – 5.

ANA, Associação Nacional das Águas. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras. Água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** Brasília, 2011.

APHA. **Standard Methods of Examination of Water and Wastewater**, 20th Edition. American Public Health Association. 1999. ASA-BRASIL. **Articulação do Semiárido Brasileiro.** Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br>. Acesso em 11 de junho de 2016.

ASA-BRASIL. **Articulação do Semiárido Brasileiro.** Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br>. Acesso em 11 de junho de 2016.

AZEVEDO NETO, J. M.; RICHTER, C. A. **Tratamento de Água. Tecnologia Atualizada.** Editora Edgard Blucher Ltda: São Paulo, 1991.

BARBOSA; L. B. **A importância da cisterna calçadão na agricultura familiar em um município do Semiárido paraibano.** II WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518, de 23 de março de 2004.** Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/sitefunasa/legis/pdfs/portarias_m/pm1518_2004.pdf. Acesso em 15 de Abril de 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em:

http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/uploads/2012/04/Port_2914_GM_MS_2011.pdf. Acesso em 15 de Abril de 2016.

BRITO, L. T. L.; CAVALCANTI, N. B.; PEREIRA, L. A.; GNADLINGER, J.; SILVA, A. S. Água de chuva armazenada em cisterna produz frutas e hortaliças para o consumo humano pelas famílias rurais: estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, Campina Grande, 2012.

CARVALHO, J. de A. **Dimensionamento de pequenas barragens para irrigação**. Lavras: Editora UFLA, 2008.

CARVALHO, L. A.; SILVA, D. D. **Avaliação da Qualidade de Águas de Cisternas da Zona Rural e Urbana do Município de Cuité-PB**, EDUCAÇÃO CIÊNCIA E SAÚDE, v.1, n.1.

CAVALCANTI, A.; JALFIM, F.; PAIVA, I.; NETO, J.; NETO, L.; FARIAS, M.; ALVES, R. **Diagnóstico da situação hídrica de 22 comunidades do Sertão do Pajeú-PE e Médio Oeste do Rio Grande do Norte**. Recife: Marco Zero do Plano Trienal do PAAF da Diaconia, 2000.

CASSALI, C. A. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul**. 173f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

DUARTE, H. A. **Água – Uma Visão Integrada**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. N° 8, p. 4-8, 2014.

FREITAS, M. B. **Tratamento de Água para Consumo Humano**. Departamento de Saneamento Ambiental. Rio de Janeiro, Fiocruz/ENSP 2001.

FREITAS, V. da S. **Água fonte de vida e existência: o uso das cisternas como fonte alternativa de captação de água, no distrito de Mororó, Barra de Santana-Pb**. II Workshop Internacional sobre água no semiárido brasileiro. Disponível em

http://www.editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/TRABALHO_EV_044_MD4_SA6_ID82_09092015192426.pdf Acesso em 04 de abril de 2016.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. Brasília, 2009.

GARJULLI, R. **Os recursos hídricos no semiárido**, *Ciência e Cultura*, vol. 55, n.4, p. 38-39, 2003.

GRASSI, M. T. **As águas do planeta terra**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Edição especial. 31-40, 2001.

GOOGLE EARTH, **Programa Google Earth**. Versão 7.0 (2016). Google Inc. Fevereiro/2017.

HARRIS, C. D. **Análise Química Quantitativa**. Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2005.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**/ Marcelo Libânio, Campinas, Editora Átomo, 2010.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas: Métodos Laboratoriais**. 3ª Edição. Belo Horizonte, CRQ-MG, 2007.

MARTILDES, J. A. L.; SILVA, E. M. da. **Diagnóstico da utilização de cisternas para armazenamento de águas pluviais no Sertão Paraibano**. II WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2015.

MELO, M. J. S. **Investigação de propriedades físico-químicas de águas de abastecimento utilizando metodologias analíticas**. (Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, 2010.

MORAES, P. B. **Curso Superior e tecnologia em saneamento ambiental**. CESET/UNICAMP, 2008.

PARROM, L. M; **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** Dados eletrônicos – Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

PENA, R. F. A. "**Distribuição da água no Brasil**"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>>. Acesso em 15 de fevereiro de 2017.

SILVA, C. V.; PÁDUA, V. L. **Qualidade microbiológica de água de chuva armazenada em cisternas de placas, construídas em comunidades rurais do município de Araçuaí-MG.** 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Belo Horizonte, MG, 2007.

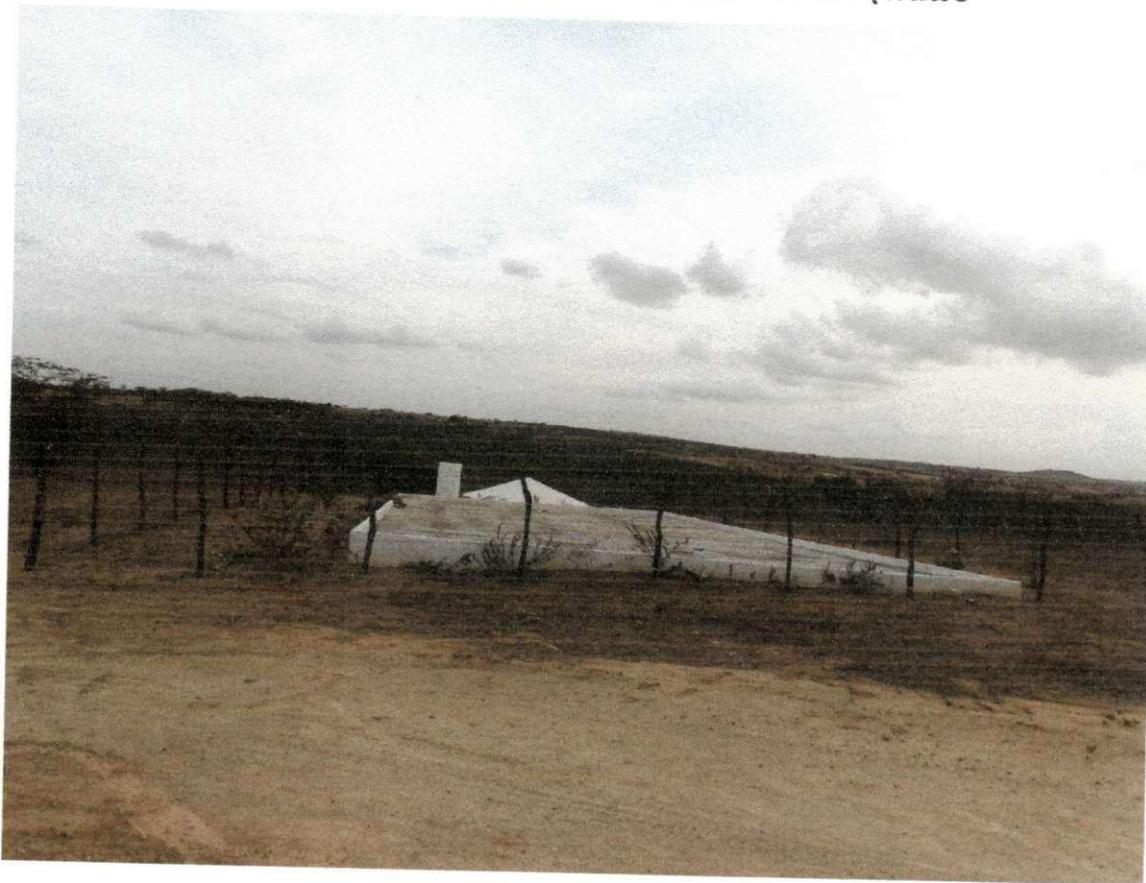
SILVA, A.; PORTO, E.; LIMA, L.; GOMES, P. **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais; dimensionamento, construção e manejo.** Petrolina. EMBRAPA-CPATSA/ SUDENE. 1984.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3ª edição: Belo Horizonte: UFMG, 2005.

TAVARES, A. C. **Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidade rurais no semiárido paraibano.** Dissertação (Mestrado em desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2009.

TAVARES, A. C.; SILVA, M. M. P. da; OLIVEIRA, L. A.; SOUTO, R. Q.; NÓBREGA, R. L. B.; CEBALLOS, B. S. O. **Captação e manejo de água de chuva em cisternas: uma forma de mitigar os efeitos das secas prolongadas no Nordeste semi-árido – estudo de caso: assentamento Paus Brancos, Paraíba.** 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Belo Horizonte, MG, 2007.

APÊNDICE







Apêndice B: Questionário aplicado aos proprietários das cisternas

Questionário

1. Qual foi o material de construção da cisterna?
2. Há utilização de tampa de proteção?
 Sim Não
3. A água da cisterna foi proveniente de que?
 Chuva Carro pipa Outro _____
4. Há realização de descarte das primeiras águas provenientes de chuva?
 Sim Não
5. Há realização de lavagem do calçadão e tanque de absorção onde a água da chuva é captada?
 Sim Não
6. Forma de retirada de água?
 Balde Bomba manual Outro _____
7. Número de lavagens das cisternas anuais?
 1 2 3 4 5 mais de 5
8. Utilização de algum método de tratamento?
 cloração filtração não há método outro método _____