



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE

CAMPUS DE CUITÉ

JOSIVÂNIA MEDEIROS DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÁGUAS DE
CISTERNAS E POÇOS SUBTERRÂNEOS DA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE
CUITÉ-PB**

CUITÉ – PB

2014

JOSIVÂNIA MEDEIROS DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÁGUAS DE
CISTERNAS E POÇOS SUBTERRÂNEOS DA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE
CUITÉ-PB**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande, como forma de obtenção do Grau de Licenciada em Química.

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

CUITÉ – PB

2014

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

S586a Silva, Josivânia Medeiros da.

Avaliação de propriedades físico-químicas de águas de cisternas e poços subterrâneos da zona rural do município de Cuité - PB. / Josivânia Medeiros da Silva. – Cuité: CES, 2014.

63 fl.

Monografia (Curso de Licenciatura em Química) – Centro de Educação e Saúde / UFCG, 2014.

Orientadora: Dr^a. Denise Domingos da Silva.

1. Água. 2. Cisternas. 3. Potabilidade. I. Título.

Biblioteca do CES - UFCG

CDU 556

JOSIVÂNIA MEDEIROS DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÁGUAS DE
CISTERNAS E POÇOS SUBTERRÂNEOS DA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE
CUITÉ-PB**

Monografia apresentada 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 04 / 09 / 2014

BANCA EXAMINADORA

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

Prof^ª. Dr^ª. Marta Maria da Conceição – UFPB/CTDR

Prof. Dr. João Batista da Silva – UFCG/CES

Ao meu esposo pelo incentivo, apoio e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças e coragem para superar as dificuldades e não desistir dos meus objetivos.

A minha orientadora Professora Dr^a. Denise Domingos da Silva, por ter me dado suporte e incentivo.

Ao meu irmão e minhas irmãs, especialmente, Maria José Medeiros pelo incentivo e apoio em todos os momentos da minha vida.

A todos os meus familiares, em especial meus pais que estiveram presentes ao longo desta trajetória, me incentivando e acolhendo sempre que precisei.

Ao meu esposo pelo amor e compreensão nos momentos de minha ausência.

Aos meus amigos e colegas, que sempre estiveram comigo me ajudando e incentivando nesta caminhada árdua e prazerosa.

À Universidade Federal de Campina Grande por viabilizar a realização deste trabalho.

A Farmácia escola, por ter disponibilizado o laboratório para que fosse possível concluir o meu trabalho.

A todos os meus professores que contribuíram para a minha formação profissional.

A todos que contribuíram diretamente e indiretamente para a minha formação profissional.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

José de Alencar

RESUMO

A água é de fundamental importância para a vida. A crescente ocupação desordenada dos centros urbanos e a poluição dos mananciais são fatores que provocam a redução da água potável em nosso planeta. O município de Cuité era abastecido principalmente por águas provenientes do açude do Boqueirão do Cais. Contudo a carência hídrica é um dos principais problemas que a população do município vem enfrentando nesses últimos anos. A escassez de águas nessa região caracteriza-se principalmente pelas irregularidades das chuvas e pela má qualidade das águas disponíveis. Uma alternativa de captação e armazenamento de água é a cisterna, utilizada para captar água de chuva e armazená-la durante os meses sem precipitação. As águas subterrâneas são outra fonte alternativa que está amenizando o problema da falta de água na região. Na zona rural e urbana, as cisternas e poços subterrâneos são utilizados como meio de abastecimentos para consumo humano, contudo a qualidade dessa água pode ser afetada por diversos fatores, ocasionando riscos a saúde, portanto é necessária uma análise quanto às suas propriedades físico-químicas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade das águas de cisternas provenientes de chuvas e também de poços subterrâneos localizados na zona rural do município de Cuité-PB. Para as análises físico-químicas foram coletadas amostras de águas de quatro cisternas e três poços, os parâmetros estudados foram pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, alcalinidade total, dureza total e cloretos. Os resultados mostraram que as águas de cisternas para todos os parâmetros analisados estão com valores dentro dos Padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, Portaria 2.914/11. Com relação às águas dos poços, para as medidas de pH, todos os poços apresentaram valores dentro do estabelecido, quanto a turbidez, o poço P.1 apresentou valor igual a 5,65 NTU. A concentração de cloreto para os poços P.2 e P.3 foram 436,38 e 486,88 mg.L⁻¹, respectivamente, a dureza para as águas dos poços foram elevadas, apenas o poço P.1 encontra-se com valor igual a 353,32 mg.L⁻¹ abaixo do valor máximo permitido, sendo classificadas como águas muito duras. A alcalinidade e a condutividade elétrica apresentaram valores variados, já para os sólidos dissolvidos totais apresentaram valores muito altos. Portanto para as águas dos poços analisados a maioria dos parâmetros avaliados se encontra fora do padrão de aceitabilidade para consumo humano, por outro lado, as análises para as águas de cisternas apresentaram valores que atendem aos padrões físico-químicos estabelecidos.

Palavras – chave: Águas, cisternas, potabilidade.

ABSTRACT

Water is fundamental importance to life. The growing disorderly occupation of urban centers and the pollution of water sources are factors that cause the reduction of potable water on our planet. The municipality of Cuité was fueled mainly by water from the dam Boqueirão do Cais. However, the water shortage is a major problem that the population of the city has been facing in recent years. The scarcity of water in this region is characterized mainly by irregularities in rainfall and poor quality of available water. An alternative abstraction and water storage tank is used to capture rainwater and store it for months without precipitation. Groundwater is another alternative energy source that is easing the problem of water shortage in the region. In rural and urban areas, underground tanks and wells are used as a means of supply for human consumption, however the quality of this water can be affected by several factors, causing health risks, so it is necessary to analyze how the physic-chemical properties . The objective of this study was to evaluate the quality of water cisterns from rain and also from underground wells located in the rural municipality of Cuité-PB. For physical and chemical analyzes of water samples from four tanks and three wells were collected, the parameters studied were pH, turbidity, conductivity, total dissolved solids, total alkalinity, total hardness and chlorides. The results showed that the water tanks for all analyzed parameters are values within the standards established by the Ministry of Health, Ordinance 2914/11. With respect to water wells for pH measurements, all wells had values within the set, as the turbidity, the well P.1 was equal to 5.65 NTU. The chloride concentration for P.2 and P.3 wells were 436.38 and 486.88 mg.L⁻¹, respectively, for the hardness of the water wells were high, only the well P.1 meets value of 353.32 mg.L⁻¹ below the maximum allowed value, being classified as very hard water. The alkalinity and electrical conductivity showed varying values, while for total dissolved solids showed very high values. So for the waters of the wells analyzed the majority of the parameters is outside the standard of acceptability for human consumption, on the other hand, the analyzes for the water cisterns had values that meet the physical and chemical standards.

Keywords: Waters, tanks, potability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Poços artesianos e tipos de reservatórios.....	15
Figura 2: Cisterna rural circular.....	16
Figura 3: Cisterna calçada.....	16
Figura 4: Distribuição de água na terra.....	19
Figura 5: Principais problemas decorrentes da urbanização.....	21
Figura 6: Sistema de captação de água de chuva.....	25
Figura 7: Zonas não saturada e zona saturada no subsolo.....	28
Figura 8: Classificação dos aquíferos.....	28
Figura 9: Vista satélite do Município de Cuité-PB.....	30
Figura 10: Tipos de pontos d'água cadastrados.....	30
Figura 11: Natureza da propriedade dos terrenos dos poços.....	31
Figura 12: Finalidade do abastecimento dos poços.....	31
Figura 13: Situação dos poços cadastrados.....	32
Figura 14: Qualidade das águas subterrâneas.....	32
Figura 15: Área de estudo, zona rural do Município de Cuité-PB.....	33
Figura 16: pHmetro digital.....	35
Figura 17: Turbidímetro digital.....	36
Figura 18: Fluxograma de análise de cloreto.....	37
Figura 19: Fluxograma de análise de dureza.....	38
Figura 20: Fluxograma de análise de alcalinidade.....	39
Figura 21: Condutivímetro digital.....	40
Figura 22: Titulação com AgNO_3	45
Figura 23: Titulação água de cisterna.....	49
Figura 24: Titulação água de poço.....	49
Figura 25: Formação de complexo cálcio-EDTA.....	49
Figura 26: Titulação de neutralização.....	52

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Pontos de coleta das amostras.....	34
Tabela 2: Medidas de pH/desvio padrão das amostras de águas.....	42
Tabela 3: Medidas de turbidez/desvio padrão das amostras.....	44
Tabela 4: Volumes gastos de AgNO_3 ; \bar{x} ; desvio padrão e cloreto das amostras.....	46
Tabela 5: Classificação da dureza das águas naturais.....	48
Tabela 6: Volumes gastos de EDTA; \bar{x} ; desvio padrão e dureza das amostras.....	50
Tabela 7: Volumes gastos de ácido H_2SO_4 ; \bar{x} ; desvio padrão e alcalinidade.....	53
Tabela 8: Condutividade elétrica e desvio padrão das amostras.....	54
Tabela 9: CE, sólidos dissolvidos totais das amostras de águas de cisternas e poços.....	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Valores de pH/desvio padrão de águas de cisternas e poços.....	43
Gráfico 2: Valores de turbidez/desvio padrão de águas de cisternas e poços.....	44
Gráfico 3: Valores de cloreto/desvio padrão das águas de cisternas.....	47
Gráfico 4: Valores de cloreto/desvio padrão das águas de poços.....	47
Gráfico 5: Valores de dureza/desvio padrão das águas de cisternas.....	51
Gráfico 6: Valores de dureza/desvio padrão das águas de poços.....	51
Gráfico 7: Valores de alcalinidade/desvio padrão das águas de cisternas e poços.....	53
Gráfico 8: Valores de condutividade elétrica/desvio padrão das águas de cisternas.....	55
Gráfico 9: Valores de condutividade elétrica/desvio padrão das águas de poços.....	56
Gráfico 10: Valores de SDT/desvio padrão das amostras de águas de cisternas.....	57
Gráfico 11: Valores de SDT/desvio padrão das amostras de águas de poços.....	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo Geral.....	18
2.2. Objetivos específicos.....	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1. Água.....	19
3.2. Consumo de água no Brasil.....	20
3.3. Qualidade e poluição da água.....	21
3.4. Classificação das águas.....	23
3.4.1 Águas doces.....	23
3.4.2 Águas salinas.....	24
3.4.3 Águas salobras.....	24
3.5. Características das águas naturais.....	24
3.6. Águas de chuvas – aproveitamento para fins potáveis e industriais.....	25
3.7. Águas coletadas em cisternas.....	26
3.8. Águas subterrâneas.....	27
3.8.1. Propriedades das águas subterrâneas.....	29
3.9. Caracterização do Município de Cuité-PB.....	29
3.9.1. Poços subterrâneos cadastrados no Município de Cuité-PB.....	30
4. METODOLOGIA.....	33
4.1. Área de estudo.....	33
4.2. Local de execução da pesquisa.....	33
4.3. Processo de Amostragem.....	34
4.4. Procedimento para coleta das amostras.....	34
4.5. Recipientes utilizados para a coleta das amostras.....	34
4.6. Análises físico-químicas.....	35
4.6.1 Análise de pH.....	35
4.6.2 Análise da turbidez.....	36
4.6.3. Determinação de cloretos.....	37
4.6.4. Determinação de dureza.....	37

4.6.5 Alcalinidade.....	38
4.6.5.1. Preparo da solução de carbonato de sódio 0,02 mol.L ⁻¹	38
4.6.5.2. Padronização da solução de H ₂ SO ₄	39
4.6.5.3. Determinação da Alcalinidade.....	39
4.6.6. Condutividade elétrica.....	40
4.6.7. Sólidos Dissolvidos Totais.....	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
5.1. Medidas de pH das amostras.....	42
5.2. Turbidez.....	43
5.3. Determinação de cloretos.....	45
5.4. Determinação de dureza.....	48
5.5. Alcalinidade.....	52
5.6. Condutividade elétrica.....	54
5.7. Sólidos dissolvidos totais (SDT).....	56
6. CONCLUSÕES.....	59
7. REFERÊNCIAS.....	60

1. INTRODUÇÃO

A água é o mais importante recurso natural do mundo e sem ela a vida não poderia existir. Contudo, apesar de todos os esforços para armazenar e diminuir seu consumo, a água está se tornando um bem escasso e sua qualidade se deteriora cada vez mais rápido (FREITAS, et al., 2001).

As águas subterrâneas são aquelas que se encontram abaixo da superfície da terra entre as rochas porosas ou rochas fraturadas. A maior parte da água doce disponível na Terra encontra-se no subsolo, sendo que metade dessa água está a profundidades que excedem um quilometro (BAIRD, 2002).

Até a década de 70, acreditava-se que as águas subterrâneas estavam naturalmente protegidas da contaminação pelas camadas de solos e rochas. Entretanto, a partir de então, passaram a serem detectados traços da presença de contaminantes em águas subterrâneas, e diversos estudos têm sido conduzidos no sentido de avaliar a sua seguridade inorgânica (SILVA e ARAÚJO, 2003).

A contaminação da água subterrânea por produtos químicos orgânicos é um problema que causa grande preocupação (BAIRD, 2002). Atualmente sabe-se que vários fatores podem comprometer sua qualidade. O destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanques sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, postos de combustíveis e de lavagem e a modernização da agricultura representam fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicas, parasitas e substâncias orgânicas e inorgânicas (SILVA e ARAÚJO, 2003).

A perfuração de poços artesianos é uma alternativa encontrada pelas comunidades da zona rural para amenizar a falta de água, essas águas são destinadas principalmente para a dessedentação dos rebanhos e algumas atividades domésticas. As figuras 1.a e 1.b mostram os poços artesianos e os tipos de reservatórios localizados nas zonas rurais em Cuité-PB.

Figura 1: Poços artesianos e tipos de reservatórios.



(a)



(b)

Fonte: Dados da Pesquisa.

Para uso potável não basta apenas o processo de desinfecção, por exemplos com derivados clorados, mas para uso potável é necessário controles e tratamentos complementares para garantia da saúde dos usuários (MACEDO, 2007).

A detenção de águas de chuvas coletadas nas coberturas das edificações, residências e indústrias, é uma importante ação no controle de cheias urbanas e também na redução de água fornecida pelas empresas de saneamento para o consumo humano. Esta fonte alternativa pode beneficiar bilhões de pessoas no mundo, a custos relativamente baixos, de maneira participativa, passando para as próprias comunidades a responsabilidade de gerenciar o seu abastecimento de água, e com impacto ambiental mínimo (MACEDO, 2007).

A água é muito importante para a realização de diversas atividades, tais como doméstico, (beber, tomar banho, cozinhar alimentos), agrícola, e industrial. A principal fonte de armazenamento de águas para a população da zona rural é por meio de cisternas, poços subterrâneos e nascentes.

O aproveitamento das águas de chuvas em cisternas é um modelo alternativo de abastecimento de água que as comunidades da zona rural encontram para o consumo humano e também outros usos domésticos, uma vez que não tem acesso à rede pública de águas. As cisternas são utilizadas pelas comunidades das zonas rurais do município de Cuité para armazenamento de água para consumo humano. As figuras 2 e 3 mostram dois tipos de cisternas utilizadas pela comunidade do Sitio Serra do Bom Bocadinho no município de Cuité-PB.

Figura 2: Cisterna rural circular



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 3: Cisterna calçadão



Fonte: Dados da Pesquisa

As águas subterrâneas e também as águas de chuvas coletadas em cisternas podem conter contaminantes e algumas substâncias químicas que causam riscos a saúde humana. Para que estas águas se tornem adequadas para consumo humano, devem passar por um processo de monitoramento e tratamento de modo a diminuir ou remover as substâncias

tóxicas. Esses meios alternativos de abastecimentos devem atender a padrões de qualidade estabelecidos pela Portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde.

Tendo em vista que a população da zona rural utiliza cisternas e poços como meio de abastecimento de água para consumo humano e também para outros fins, o presente trabalho tem a finalidade de avaliar as propriedades físico-químicas de águas de cisternas e poços subterrâneos localizados na zona rural do município de Cuité- PB, e se estão dentro dos padrões de potabilidade regidos pela Portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar as propriedades físico-químicas de águas de cisternas e poços subterrâneos localizados na zona rural do município de Cuité-PB.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar as propriedades físico-químicas de águas de cisternas e poços subterrâneos;
- Medir o pH das amostras de águas de cisternas e poços subterrâneos;
- Determinar a turbidez das amostras de águas;
- Determinar a concentração de cloretos presentes nas amostras de águas por meio da volumetria de precipitação;
- Determinar a dureza total das amostras de águas através da titulação complexiométrica;
- Determinar a alcalinidade das amostras de águas por meio da titulometria de neutralização;
- Determinar condutividade elétrica das amostras;
- Determinar os sólidos dissolvidos totais presentes nas amostras a partir do valor da condutividade elétrica.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

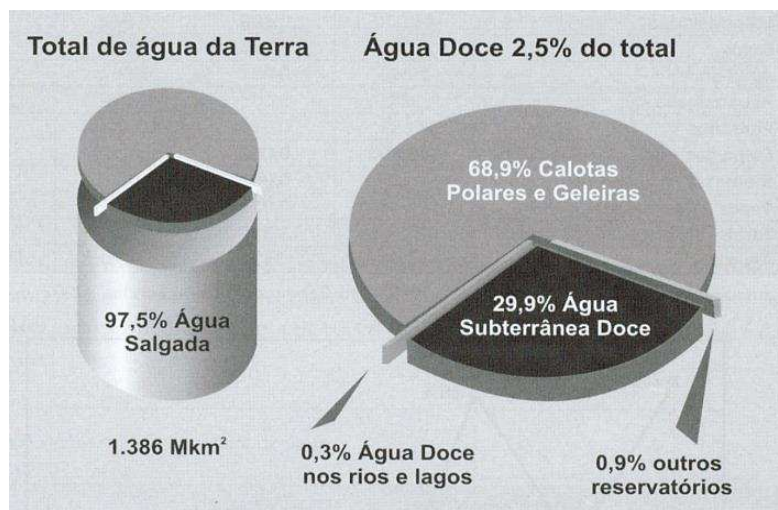
3.1. Água

A água ocupa aproximadamente 75% da superfície da terra e é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva, integrando aproximadamente dois terços do corpo humano e atingindo até 98% para certos animais aquáticos, legumes, frutas e verduras. Constituem-se também no solvente universal da maioria das substâncias, modificando-as e modificando-se em função destas (LIBÂNIO, 2010).

A água é um recurso natural essencial, seja como componente de seres vivos como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais, seja como fator de produção de bens de consumo e produtos agrícolas (PHILIPPI Jr e PELICIONI, 2005). A água também é o constituinte mais abundante na matéria viva, mais de 60% do nosso peso é constituído por água e, em outros animais essa porcentagem sobe para 98% (FURTADO e KONIG, 2008).

Todas as formas de vida existentes na Terra dependem da água (BAIRD, 2002). De acordo com Furtado e Konig (2008), do total de água existente em nosso planeta, 97,5% da água presente é na forma de água salgada encontradas em oceanos e mares, 2,53% restantes encontra-se em rios, lagos e fontes subterrâneas, dos quais parte desse percentual formam as geleiras e lençóis profundos não sendo viável sua captação para consumo. Apenas 0,3% dessas águas encontradas em rios e lagos, podem ser utilizadas para as atividades humanas, como mostra a figura 4. Esses valores ressaltam a grande importância da preservação dos recursos hídricos e evitar a contaminação desta pequena fração mais facilmente disponível.

Figura 4: Distribuição de água na terra



Fonte: FURTADO e KONIG, 2008.

A água é um recurso natural essencial, seja como componente de seres vivos ou como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais, seja como fator de produção de bens de consumo e produtos agrícolas (PHILIPPI Jr e PELICIONI, 2005).

Libânio (2010) cita que o homem tem se apropriado dos recursos da terra sem se preocupar em preservar os ciclos naturais, como se a água fosse renovada a cada dia sem nenhum custo para o meio ambiente. Segundo ele a disponibilidade da água tornou-se limitada pelo comprometimento de sua qualidade.

Segundo Freitas (2001), a água para ser potável não deve conter nenhum micro-organismo patogênico, ou substâncias químicas capaz de causar algum dano ao homem, deve estar livre de bactérias que indicam poluição fecal. Para certificar que a água satisfaz os padrões e normas de potabilidade em qualidade microbiológica e físico-química, é importante que as amostras sejam examinadas regularmente em relação aos indicadores de poluição fecal (coliformes totais e fecais) e físico-químicas (nitrato, pH, turbidez, cloro residual livre, ferro e fluoreto).

3.2. Consumo de água no Brasil

A maior demanda por água no Brasil, como acontece em grande parte dos países, é a agricultura, sobretudo a irrigação, com cerca de 69% do total. O uso urbano responde por 11% da água, em seguida está à indústria (7%), a pecuária com 11% e por último a dessedentação de animais (FURTADO e KONIG, 2008).

De acordo com Philippi Jr e Pelicioni (2005), as fontes de águas são abundantes, no entanto são mal distribuídas na superfície da Terra. No Brasil, com maior disponibilidade hídrica do planeta, 68,5% dos recursos hídricos estão localizados na Região Norte, onde habitam cerca de 7% da população brasileira; 6% estão na Região Sudeste, com quase 43% da população, e pouco mais de 3% estão na Região Nordeste, onde vivem 29% da população.

Rocha, et al., (2004), cita os princípios básicos de conscientização humana; i) os recursos hídricos não são inesgotáveis, sendo necessário preservá-los, controlá-los e, se possível, aumentá-los; ii) a água é um patrimônio comum, cujo valor deve ser reconhecido por todos; iii) cada um tem o dever de economizar água e de utilizá-la com cuidado; iv) deteriorar a qualidade da água é prejudicar a vida do homem e de outros seres vivos que dela dependem.

3.3. Qualidade e poluição da água

A qualidade de nossas águas é tão ou mais importante quando se refere à quantidade de água disponível no planeta. A qualidade da água em nosso planeta tem se deteriorado de forma crescente, a poluição da água tem se intensificado principalmente com o aumento significativo nos processos de urbanização e industrialização.

O homem precisa de água com qualidade satisfatória e quantidade suficiente, para satisfazer suas necessidades de alimentação, higiene e, outras, sendo um princípio considerar a quantidade de água, do ponto de vista sanitário, de grande importância no controle e na prevenção de doenças (BRASIL, 2006).

A água é utilizada para diversos fins, de acordo com Brasil (2006) pode-se citar; doméstico, comercial, industrial, público e incêndio.

À medida que crescem as populações, a sustentabilidade do uso humano da água depende fundamentalmente da adaptação das pessoas ao ciclo da água. Um dos problemas da crescente urbanização é o impacto que ela traz na poluição dos recursos hídricos limitando o seu uso, figura 5 (FURTADO e KONIG, 2008).

Figura 5: Principais problemas decorrentes da urbanização



Fonte: FURTADO e KONIG, 2008.

De acordo com a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, a CETESB, a poluição é definida como sendo “qualquer substância presente que possa tornar o meio ambiente impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna, à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade”.

A poluição das águas é principalmente fruto de um conjunto de atividades humanas. Os poluentes alcançam águas superficiais e subterrâneas de forma bastante diversas. Este aporte é arbitrariamente classificado como pontual ou difuso, principalmente para efeito de legislação. Fontes pontuais compreendem a descarga de efluentes a partir de indústrias e estações de tratamento de esgotos, dentre outras. As fontes difusas incluem o escoamento superficial urbano, escoamento superficial de áreas agrícola, deposição atmosférica (seca e umidade) (GRASSI, 2001).

Segundo Libânio (2010), a poluição das águas naturais pode ocorrer:

i) em primeira instância e quase que exclusivamente em virtude de atividades antrópicas, pela introdução de substâncias estranhas (naturais ou artificiais) ao meio aquático, como o lançamento de efluentes domésticos e industriais;

ii) pela introdução de substâncias naturais ou artificiais estranhas ao meio aquático, de origem natural ou antrópica, como o aporte de sedimentos ou agrotóxicos pela lixiviação de solos agriculturáveis da bacia hidrográfica.

Os principais agentes são:

i) matéria orgânica biodegradável predominantemente originária de esgotos domésticos, cuja decomposição pelas bactérias aeróbias ocasionará redução do oxigênio dissolvido do corpo d'água;

ii) compostos orgânicos sintéticos não biodegradáveis, como agrotóxicos e detergentes, e metais pesados que conferirão toxidade ao meio aquático;

iii) microrganismos patogênicos, elevando o risco sanitário em termos de consumo humano;

iv) sólidos em suspensão, cujo aporte concorrerá para o assoreamento dos corpos d'água e impactos no processo de potabilização;

vi) nutrientes, como compostos de fósforo e de nitrogênio, resultando em proliferação de algas, cianobactérias e plantas aquáticas.

A deterioração da qualidade da água é um dos principais problemas provocada pela ação humana, que podem ser relacionados nos processos de uso, contaminação e descarga insuficientemente tratadas.

De acordo com Philippi Jr e Pelicioni (2005), as fontes de poluição das águas podem ser agrupadas da seguinte maneira:

- Poluição natural;
- Poluição devida aos esgotos domésticos;
- Poluição devida aos efluentes industriais;
- Poluição devida à drenagem de áreas agrícolas e urbanas.

Essas fontes estão associadas ao tipo de uso e ocupação do solo. Cada uma possui características próprias quanto aos poluentes que carregam (PHILIPPI Jr e PELICIONI, 2005).

3.4. Classificação das águas

A infiltração das águas pluviais é inversamente proporcional ao volume de cobertura vegetal existente sobre o solo. Quanto mais preservadas a mata ciliar, menor o escoamento superficial e maior a infiltração (menores danos), (FURTADO e KONIG, 2008).

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições de lançamento de efluentes, e dá providências (FURTADO e KONIG, 2008).

As águas no Brasil são enquadradas em três categorias: doces, salinas e salobras. Segundo Furtado e Konig (2008) para que a água se enquadre em uma das classes listadas, essa deve apresentar um nível de qualidade compatível com as condições exigidas para cada classe, isto é, deve obedecer aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução.

De acordo com Furtado e Konig (2008), essas águas ainda podem ser classificadas em:

3.4.1. Águas doces

Classe especial – águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

Classe 1 – águas que pode ser destinados ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; a recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rente ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.

Classe 2 – águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; a recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 3 – águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário e a dessedentação de animais.

Classe 4 – águas destinadas à navegação à harmonia paisagística.

3.4.2. Águas salinas

Classe especial – águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades.

Classe 1 – águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário; à proteção das comunidades aquáticas e, à aquicultura e à atividade de pesca.

Classe 2 – águas que podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário.

Classe 3 – águas que podem ser destinadas à navegação e a harmonia paisagística.

3.4.3. Águas Salobras

Classe especial – águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades.

Classe 1 – águas destinadas à recreação de contato primário; à proteção das comunidades aquáticas; à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 2 – águas destinadas à pesca amadora.

Classe 3 – águas destinadas à navegação e a harmonia paisagística.

3.5. Características das águas naturais

As características físicas, químicas, biológicas e radiológicas das águas naturais traduzem uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica, com consequência das mencionadas capacidades de dissolução de ampla gama de substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2010).

De acordo com Libânio (2010), 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. Segundo ele quando esta recusa se sucede, a opção de abastecimento recai para a utilização de fonte alternativa, não necessariamente segura.

3.6. Águas de chuvas – Aproveitamento para fins potáveis e industriais

O Brasil está incluído entre os países de maior disponibilidade hídrica mundial, porém por conta de suas dimensões geográficas e condições climáticas diferenciadas, algumas regiões sofrem problemas graves de escassez de água, como é o caso do Nordeste e, mais especificamente o Semiárido (BRITO, et al., 2005).

As populações que habitam regiões semiáridas tem a falta de água como fator limitante para a sobrevivência e melhoria na qualidade de vida (AMORIM, PORTO, 2001).

Segundo Macedo (2007), os principais motivos para a utilização de águas de chuvas são; conscientização e sensibilização da necessidade da conservação da água, região com pouca disponibilidade hídrica, elevadas tarifas de águas das concessionárias públicas, retorno de investimentos muito rápidos; instabilidade do fornecimento de água pública; exigência de lei específica, locais onde a estiagem é maior que 5 meses, locais ou regiões onde o índice de aridez seja menor ou iguais a 0,50.

Segundo Macedo (2007), a água de chuva é aquela coletada durante eventos de precipitação pluviométrica em telhados inclinados ou planos onde não haja passagem de veículos ou de pessoas, figura 6. As águas de chuva que caem nos pisos residenciais, comerciais ou industriais não estão inclusas no sistema proposto.

Figura 6: Sistema de captação de água de chuva.



Fonte: <http://www.clareando.com.br/interno.asp?conteudo=solucoes>.

A água coletada em telhados vem sendo utilizada para fins não potáveis como descarga de banheiros ou para regar os jardins, contribuindo para a diminuição do consumo de água residencial. Um aspecto importante é que a água de chuva nas edificações apresenta qualidade que atende a maior parte dos padrões de potabilidade estabelecido pela portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (MACEDO, 2007).

3.7. Águas de chuvas coletadas em cisternas

As águas de chuvas podem ser armazenadas em cisternas, que são pequenos reservatórios individuais com diferentes modelos e formatos. A cisterna tem sua aplicação em áreas de grande pluviosidade, ou em caso extremo, em áreas de seca onde se procura acumular a água da época chuvosa para a época de estiagem com o propósito de garantir pelo menos a água de beber (BRASIL, 2006).

Segundo Macedo (2007), mais de 90% do território brasileiro recebe uma abundante quantidade de chuvas, contudo as condições de climas semiáridos ficam restritas ao sertão da Região Nordeste, uma vez que a pluviometria é muito irregular e fica entre 500 e 800 mm/ano.

As cisternas podem ser utilizadas não apenas para armazenar águas de chuvas como também águas transportadas por carros pipas. No entanto, segundo Amorim e Porto (2001), a utilização de águas por carros-pipa minimiza o problema da quantidade, mas pode propiciar o problema da qualidade, pela não utilização adequada da mesma, expondo-a a riscos de contaminação.

Segundo Macedo (2007), a primeira chuva contém impurezas, devido a deposições no telhado de matéria orgânica eliminada por pássaros e/ou trazidas pelo vento, como folhas e pequenos insetos. Mas com a manutenção adequada, pode-se eliminar ou amenizar esses problemas.

De acordo com Silva (2013), alguns cuidados devem ser tomados para a manutenção das cisternas para que se tenha águas de chuvas de boa qualidade, tais como: utilização de tela de proteção, descarte das primeiras águas, limpeza dos reservatórios, sistemas de bombeamento e tratamento.

Para suprir a deficiência de águas em seus diferentes usos no meio rural, como consumo humano, animal e produção agrícola, diferentes alternativas tecnológicas têm sido desenvolvidas, e ou adaptadas às condições do semiárido brasileiro, visando a captação, armazenamento, uso e reúso da água de chuva, com destaque para as cisternas rurais que

podem aumentar a disponibilidade e melhorar a qualidade das águas utilizadas pelos agricultores (LOPES, 2005, apud SOUSA e NETO, 2012).

Para garantia da água para consumo das famílias, em quantidades suficientes, qualitativamente adequada e oportunamente disponível, são necessários que alguns parâmetros sejam bem definidos, principalmente aqueles relacionados aos números de usuários da água e seu consumo, ao período sem ocorrência de chuvas, ao tamanho da área de captação e à precipitação média da região. Além disto, depois de construída a cisterna necessita de um manejo da água adequado para evitar contaminação e preservar sua qualidade (BRITO, et al., 2005).

3.8. Águas subterrâneas

As águas subterrâneas são aquelas que se encontram abaixo da superfície da terra, preenchendo os espaços vazios existentes entre o solo, rochas e fissuras. Quando essas águas são submetidas a duas forças (de adesão e gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas subterrâneas comprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que elas constituem uma parcela da água precipitada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2014).

A partir da década de 60, a denominação de “águas subterrâneas” para as águas do subsolo é considerada a mais apropriada, desde que a abordagem evoluiu do objetivo tradicional de determinação de reservas de água disponível no subsolo, das vazões de produção das obras de captação, ou dos poços tubulares, para uma análise mais abrangente das suas condições de uso e proteção (MACEDO, 2007).

A qualidade das águas subterrâneas é dada, a princípio, pela dissolução dos minerais presentes nas rochas que constituem os aquíferos por ela percoladas. Mas, ela pode sofrer a influência de outros fatores como composição da água de recarga, tempo de contato, água/meio físico, clima e até mesmo a poluição causada pelas atividades humanas (AMBIENTE BRASIL, 2014).

De acordo com Libânio (2010), a água abaixo da superfície do solo pode ocorrer basicamente em duas zonas principais: zona de aeração (não saturada) e zona saturada, figura 7. A zona saturada é ocupada parcialmente pela água e pelo ar, onde ocorrem as principais interações entre os contaminantes e o solo. A zona de aeração pode está ausente em áreas de pântanos, o que torna os aquíferos muito mais vulneráveis ou atingir centenas de metros em regiões áridas. Na zona saturada, os poros do solo estão completamente preenchidos pela água formando os aquíferos, podendo até mesmo ocorrer a pressões superiores à atmosférica.

Figura 7: Zonas não saturada e zona saturada no subsolo.

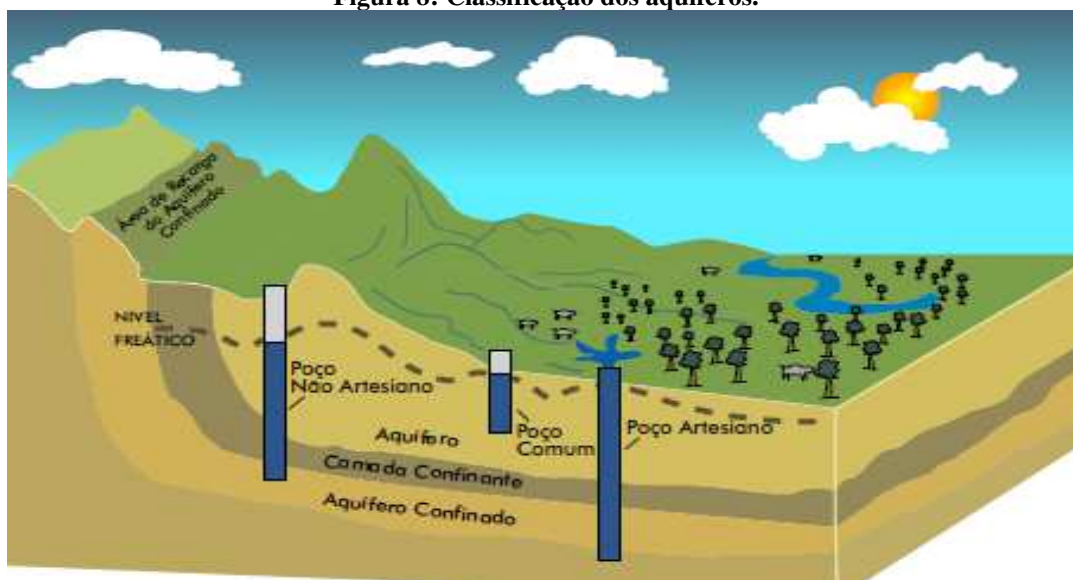


Fonte: <http://www.abas.org/educacao.php>.

O Brasil é rico em lençóis freáticos e por isso tem crescido muito a perfuração de poços artesianos (FREITAS, 2001). A perfuração de poços deve alicerçar-se, sempre que os recursos disponíveis o permitirem, no levantamento do perfil geológico do terreno, objetivando identificar com maior acurácia a profundidade e magnitude do lençol subterrâneo e definir a melhor localização do poço (LIBÂNIO, 2010).

Em função dos quadros hidrogeológicos dominantes no Brasil, os corpos rochosos com características relativamente favoráveis à circulação e ao armazenamento de água subterrânea – os aquíferos – figura 8, podem ter extensões que variam entre alguns quilômetros quadrados até milhões de quilômetros quadrados (MACEDO, 2007 apud REBOUÇAS, 2002).

Figura 8: Classificação dos aquíferos.



Fonte: BRASIL, 2007.

Se um poço retira água de um aquífero confinado, limitado pelas camadas superior do solo e que contém água sob pressão é chamado de poço artesiano. As águas subterrâneas captadas através de poços profundos, geralmente, apresenta composição química com padrão definido e sem variações apreciáveis (VAITSMAN; VAITSMAN, 2005).

Segundo Freitas (2001), as águas subterrâneas são atualmente a fonte de abastecimento preferida, uma vez que elas apresentam maior facilidade de exploração, baixo custo e boa qualidade; as águas subterrâneas estão situadas nos aquíferos, que podem ser considerados como o solo, rocha ou sedimento permeável, capaz de armazenar águas.

3.8.1. Propriedades das águas subterrâneas

Segundo Vaitsman e Vaitsman (2005), os poços são em geral mais protegidos dos agentes poluidores que afetam as águas dos rios e outros mananciais de água da superfície.

Segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (2014), com a crescente degradação das águas superficiais, as águas subterrâneas tendem a assumir uma posição de maior importância. As águas subterrâneas apresentam algumas propriedades que tornam seu uso mais vantajoso em relação a águas de rios. Principais propriedades das águas subterrâneas são:

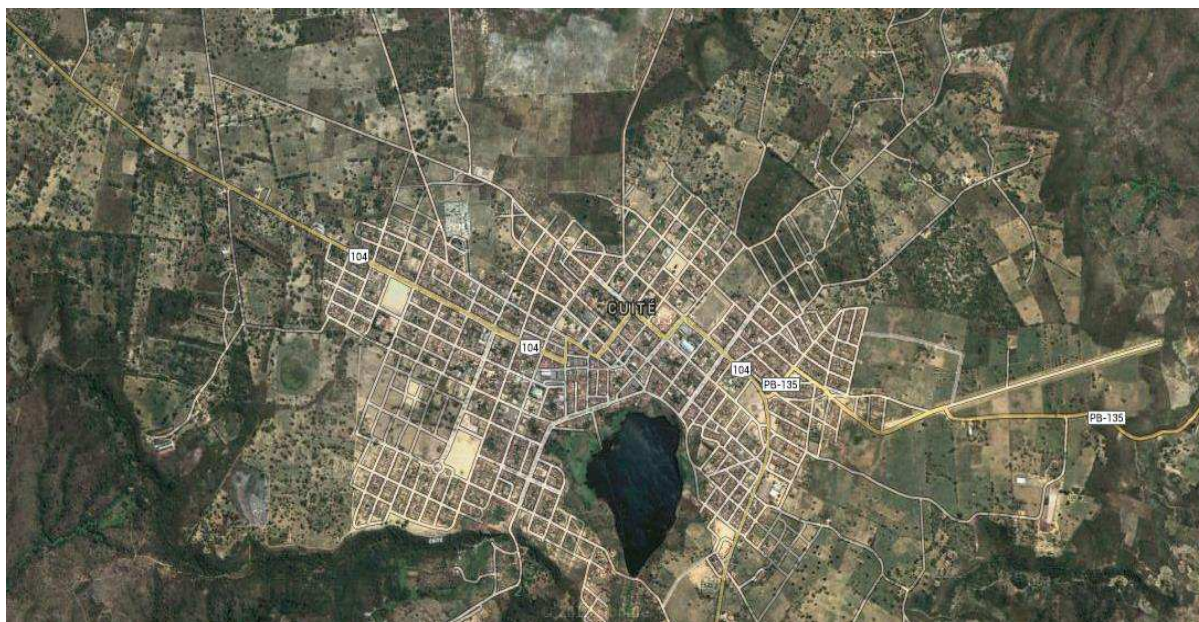
- i) são filtradas e purificadas naturalmente através de percolação, com qualidade excelente e dispensando tratamentos prévios;
- ii) não ocupam espaço em superfícies e tem maior quantidade de reservas;
- iii) sofrem menor influência nas variações climáticas;
- iv) são passíveis de extração perto do local de uso;
- v) possuem temperatura constante;
- vi) necessitam de custos menores como fonte de água;
- vii) apresentam grande proteção contra agentes poluidores.

3.9. Caracterização do Município de Cuité

O município de Cuité, localiza-se no nordeste brasileiro, região centro-norte do estado da Paraíba, Mesorregião do Agreste Paraibano e Microrregião do Curimataú Ocidental, possui segundo o IBGE (2010) uma área de 741,84 Km², sendo esta área recortada por rios perenes, com baixa vazão e encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Jacú. De acordo com o censo de 2010 (IBGE, 2010) o município conta com 19.950 habitantes, dos quais 13.462 (60,5%) moram na zona urbana e 6.488 na zona rural, com

densidade demográfica de 32,2 hab/Km². Está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, formado por maciços e outeiros altos, com altitude variando entre 650 e 1.000 metros. O relevo é geralmente movimentado, com vales profundos e estreitos dissecados. De acordo com a classificação de Köppen, o clima na região é do tipo BSH (semiárido), com precipitação pluviométrica anual de cerca de 745,8 mm (AESAs, 2009). A figura 9 apresenta a foto satélite da localização do município de Cuité-PB.

Figura 9: Vista satélite do Município de Cuité-PB



Fonte: Google Earth, 2014.

3.9.1. Poços subterrâneos cadastrados no município de Cuité-PB

Segundo o levantamento realizado no município de Cuité-PB pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em 2005, existem 131 pontos de água, sendo 04 de fontes naturais, 04 poços escavados e 123 poços tubulares, figura 10.

Figura 10: Tipos de pontos d'água cadastrados



Fonte: (MME), 2005.

Com relação à propriedade dos terrenos onde estão localizados os pontos d'água cadastrados, tem-se: terrenos públicos, quando são de serventia pública, e particulares, quando são de uso privado. Conforme ilustrado na figura 11, existem 50 pontos d'água em terrenos públicos, 78 em terrenos particulares e 03 não tiveram a propriedade definida.

Figura 11: Natureza da propriedade dos terrenos dos poços



Fonte: (MME), 2005.

Os pontos cadastrados são classificados de acordo com o tipo de abastecimento a que se destina a água. Comunitários, quando atendem a várias famílias e, particulares quando atendem apenas o proprietário. De acordo com a figura 12, 52 pontos de água destinam-se ao atendimento comunitário (40%), 10 ao atendimento particular (8%) e 69 não tiveram a finalidade do abastecimento definida (52%).

Figura 12: Finalidade do abastecimento dos poços

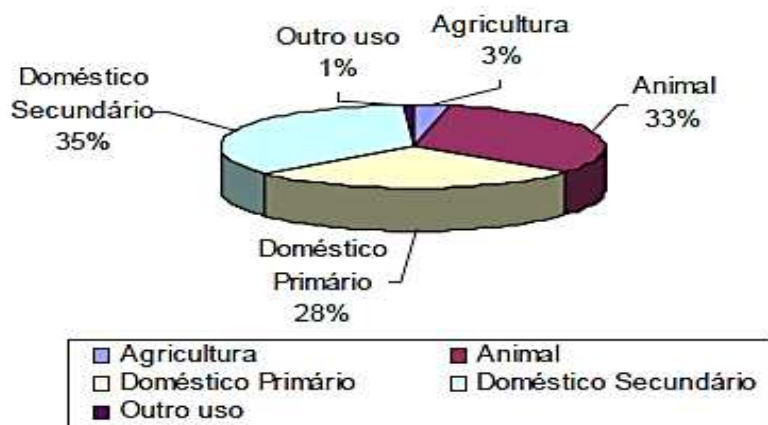


Fonte: MME, 2005.

Com relação ao uso da água, 28% dos pontos cadastrados são destinados ao uso doméstico primário (água de consumo humano para beber); 35% são para uso doméstico

secundário (água de consumo humano para uso geral); 0,3% para agricultura; 0,1 % para outros usos e 33% para dessedentação animal, figura 13.

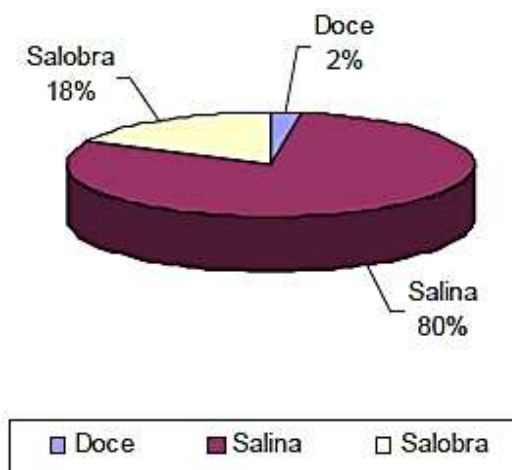
Figura 13: Situação dos poços cadastrados



Fonte: MME, 2005.

De acordo com as análises qualitativas realizadas pelo Ministério de Minas e Energia com relação à qualidade da água, constatou-se a predominância de águas salobras em 63% dos pontos, a figura 14 mostra a qualidade das águas subterrâneas.

Figura 14: Qualidade das águas subterrâneas



Fonte: MME, 2005.

4. METODOLOGIA

4.1. Área de Estudo

A área de estudo está situada na zona rural do município de Cuité- PB, figura 15, Região do Curimataú, no Cariri Paraibano. As cisternas (C.1, C.2, C.3 e C.4) estão localizadas no sítio Serra do Bom Bocadinho, os poços (P.1, P.2 e P.3) estão localizados nos Sítios; Distrito do Melo, Curral do Meio e Lajedo Liso, respectivamente, como mostra a tabela 1. Nesses sítios são desenvolvidas atividades agrícolas, principal cultivo de feijão, milho e mandioca; e também a criação de animais, como bovinos e caprinos.

Figura 15: Área de estudo, zona rural do Município de Cuité-PB



Fonte: Google Earth, 2014.

4.2. Local de Execução da Pesquisa

As análises das amostras foram realizadas no laboratório de Biocombustível e Química Ambiental e no laboratório Farmácia Escola, do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande - Campus de Cuité-PB e foram utilizadas as metodologias recomendadas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1999). Foram realizados testes de pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, alcalinidade, dureza total e cloreto. Para determinar as propriedades físico-químicas das amostras de água foram utilizados métodos titulométricos e equipamentos modernos. Todas as análises foram feitas em triplicata e foi utilizado o valor médio.

4.3. Processo de Amostragem

As amostras envolveram a coleta de águas de cisternas e de poços subterrâneos localizados na zona rural do município de Cuité. Foram selecionados quatro cisternas e após cada coleta, as amostras foram identificadas como C.1, C.2, C.3 e C.4; e também três poços subterrâneos, as quais foram identificadas, P.1, P.2 e P.3. As amostras foram coletadas em triplicatas, armazenadas e mantidas em refrigeração de acordo com as normas da Agência Nacional de Águas (ANA), (2011). As análises para avaliar as propriedades físico-químicas das águas de cisternas e poços subterrâneos foram realizadas à temperatura padrão de 25 °C.

Tabela 1: Pontos de coletas das amostras

Pontos de coleta	Local da coleta	Profundidade (m)	Vazão (L/h)
C.1, C.2, C.3 e C.4	Sítio Serra do Bom Bocadinho	–	–
P.1	Sítio Distrito do Melo	36	2.500
P.2	Sítio Curral do Meio	38	2.000
P.3	Sítio Lajedo Liso	37	2.000

Fonte: Dados da pesquisa

4.4. Procedimento para a Coleta das Amostras

- a) Lavar as mãos com água e sabão;
- b) Limpar a torneira do usuário com um pedaço de algodão embebido em álcool;
- c) Abrir a torneira e deixar escorrer a água durante 2 minutos;
- d) Abrir novamente a torneira e deixar escorrer por mais 2 ou 3 minutos;
- e) Coletar a amostra de água;
- f) Encher com pelo menos $\frac{3}{4}$ de seu volume;
- g) Tampar o frasco, identifica-lo com endereço e a data da coleta;
- h) Marcar o frasco com número da amostra;
- i) Lacrar, identificar e enviar a amostra para o laboratório.

4.5. Recipientes utilizados para a coleta das amostras

Frascos de polietileno com capacidade de 500 mL foram utilizados, previamente limpos para não contaminar e evitar interferentes nas amostras de águas a serem analisadas, e assim eliminar erros provenientes de amostragem. Os recipientes foram abertos apenas no local da coleta, preenchidas por completo e mantidas em refrigeração.

4.6. Análises físico-químicas

As análises químicas são importantes no monitoramento de espécies químicas em um determinado meio.

Para determinar as propriedades físico-químicas das amostras de águas realizou-se testes de pH, turbidez e condutividade elétrica através de equipamentos específicos para cada parâmetro estudado. Os sólidos dissolvidos totais foram obtidos através do valor da condutividade elétrica. A alcalinidade total, a dureza e o teor de cloreto foram realizados por meio de métodos titulométricos.

Segundo Branco (1991) citado por Macedo (2007), os parâmetros químicos são os índices mais importantes para que se possa caracterizar a qualidade de uma água. Segundo ele esses parâmetros permitem:

- Classificar a água por seu conteúdo mineral;
- Determinar o grau de contaminação;
- Caracterizar picos de concentração de poluentes tóxicos;
- Avaliar o equilíbrio bioquímico necessário para a manutenção da vida aquática.

4.6.1. Análise de pH

O pH é um dos parâmetros mais utilizados no monitoramento das estações de tratamento de água por interferir em diversos processos. O pH das amostras de água foram medidos em um potenciômetro (pHmetro) digital, pH 21/mV meter, da marca HANNA, modelo: pH 21 digital, figura 16.

Figura 16: pHmetro digital



Fonte: Dados da pesquisa.

O procedimento para realização das medidas de pH das amostras de água foram o seguinte:

- Ligou-se o aparelho por 15 minutos;
- Lavou-se a célula com água destilada e secou-se com papel macio;
- Calibrou-se com tampão 7,0 e 4,0;
- Adicionou-se a amostra de água a ser analisada;
- Realizou-se a leitura.

O pH influi no grau de solubilidade de diversas substâncias, e como consequência na intensidade da cor, na distribuição das formas livres e ionizadas de diversos compostos químicos, definindo também o potencial de toxicidade de vários elementos (LIBÂNIO, 2010).

4.6.2. Análise de Turbidez

As medidas de turbidez das amostras de água foram realizadas em um turbidímetro modelo TB 1000 da marca Tecnopon, figura 17.

Figura 17: Turbidímetro digital modelo TB 1000



Fonte: Dados da pesquisa

Para as medidas de turbidez das amostras de água foram realizados os seguintes procedimentos:

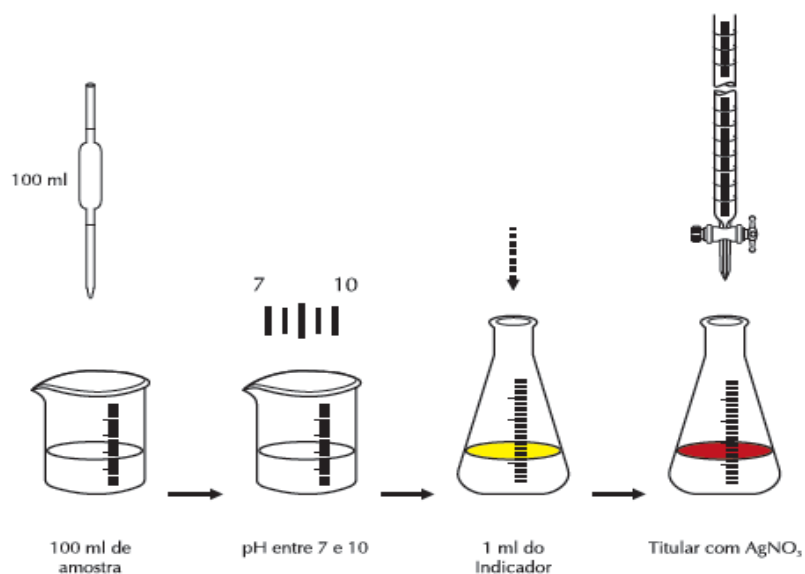
- Ligou-se o turbidímetro por 15 minutos;
- Retiraram-se as ampolas da embalagem de proteção;
- Limpou-se o vidro das ampolas para remover as impurezas;
- Calibrou-se o aparelho com as amostras padrões, 0,1 NTU, 0,8, NTU, 8 NTU, 80 NTU e 1000 NTU;
- Inseriu-se a amostra a ser analisada;
- Realizou-se a leitura.

4.6.3. Determinação de Cloretos

O método utilizado para a determinação de cloretos foi à volumetria de precipitação, com uma solução de nitrato de prata (AgNO_3) $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, e o indicador K_2CrO_4 através do método de Mohr.

A figura 18 mostra as etapas envolvidas no processo da volumetria de precipitação.

Figura 18: Fluxograma da análise de cloretos.



Fonte: BRASIL, 2009.

As titulações foram realizadas em triplicata, seguindo o procedimento abaixo:

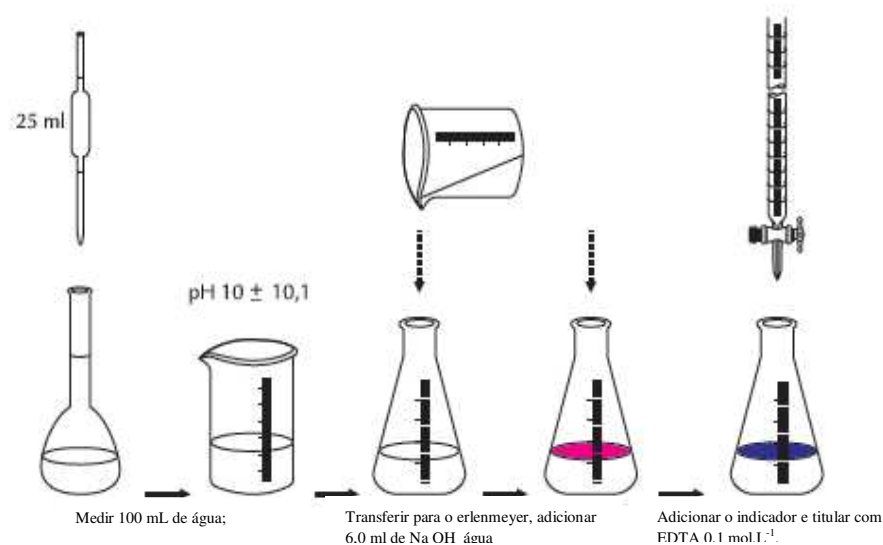
- Mediu-se em uma proveta 100 mL de água;
- Transferiu-se para um erlenmeyer de 250 mL;
- Adicionou-se 3 gotas de cromato de potássio;
- Em seguida titulou-se a solução com nitrato de prata (AgNO_3) $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, até atingir o ponto de viragem;
- Anotou-se o volume gasto.

4.6.4. Determinação da Dureza

Para a determinação da dureza das amostras de água das cisternas e poços, foi empregado o método clássico de volumetria de complexação, utilizando o EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

A figura 19 mostra as etapas envolvidas no processo da volumetria de complexação.

Figura 19: Fluxograma da análise de dureza.



Fonte: BRASIL, 2009.

As titulações foram realizadas em triplicatas e tomando-se a média dos volumes gastos. Seguindo o procedimento abaixo:

- Mediu-se em uma proveta 100 mL de água;
- Transferiu-se para um erlenmeyer de 250 mL;
- Adicionou-se 6 ml da solução de hidróxido de sódio $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$;
- Adicionaram-se cristais do indicador (murexida);
- Em seguida titulou-se a solução com EDTA $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, até atingir o ponto de viragem;
- Anotou-se o volume gasto.

4.6.5 Alcalinidade

4.6.5.1. Preparo da solução de carbonato de sódio $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$

O carbonato de sódio é um padrão primário muito utilizado para padronização de soluções ácidas. Para a preparação da solução de carbonato de sódio $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$, primeiramente secou-se 1,52 g de Na_2CO_3 (padrão primário), a $250 \text{ }^\circ\text{C}$ por quatro horas. Após a amostra foi resfriada no dessecador, por uma hora. Em seguida, pesou-se 1,06 g, transferiu-se para um béquer e dissolveu-se em 250 mL de água destilada, em seguida transferiu-se para

um balão volumétrico de 1 L, evitando qualquer perda, com inúmeras águas de lavagens, por fim completou-se com água destilada o balão até a marca de aferição.

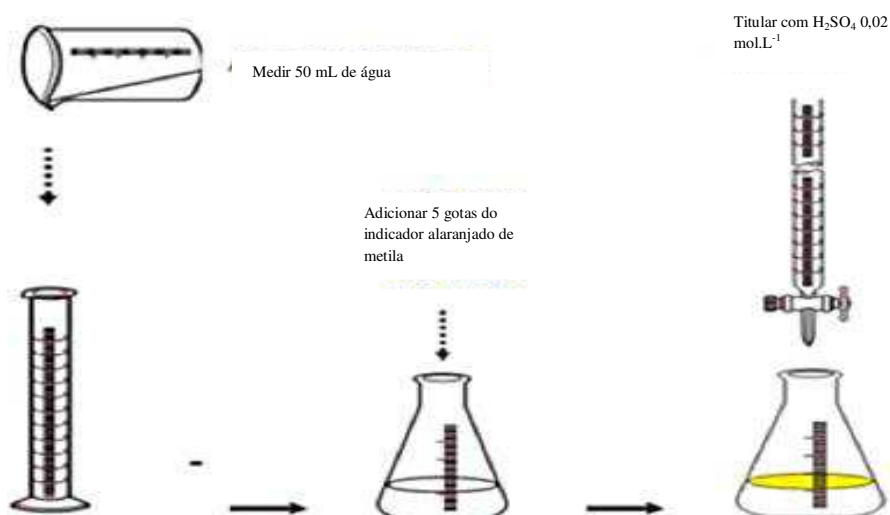
4.6.5.2. Padronização da solução de H_2SO_4

Tomou-se 50 ml da solução de carbonato de sódio $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ e colocou-se no erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se 5 gotas do indicador alaranjado de metila. Em seguida titulou-se com H_2SO_4 $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$, até a mudança de cor. Anotou-se o volume do ácido gasto e calculou-se a concentração.

4.6.5.3. Determinação da Alcalinidade

O método empregado para a determinação da alcalinidade das amostras foi à volumetria de neutralização com ácido sulfúrico $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ como agente titulante e solução indicadora, alaranjado de metila figura 20, e expressas em termos de mg.L^{-1} de CaCO_3 .

Figura 20: Fluxograma de análise da alcalinidade.



Fonte: BRASIL, 2006.

As titulações foram realizadas em triplicata e tomando-se a média dos volumes gastos, seguindo o procedimento abaixo:

- Mediu-se em uma proveta 50 mL de água;
- Transferiu-se para um erlenmeyer de 250 mL;
- Adicionou-se 5 gotas de alaranjado de metila;
- Titulou-se a solução com H_2SO_4 , $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$, até atingir o ponto de viragem;
- Anotou-se o volume gasto.

4.6.6. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica ou condutância específica indica a capacidade da água natural de transmitir a corrente elétrica 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 foi determinada por meio de um condutivímetro digital, modelo MS TECNOPON instrumentação, figura 21.

Figura 21: Condutivímetro digital



Fonte: Dados da pesquisa

As medidas de condutância das amostras de águas foram realizadas seguindo as seguintes etapas:

- Ligou-se o aparelho por um tempo de 15 minutos;
- Lavou-se a célula com água destilada;
- Secou-se com papel absorvente macio com cuidado para não atingir as platinas;
- Calibrou-se a célula e o sensor de temperatura na solução padrão de KCl, $146,9 \mu S \cdot cm^{-1}$, esperou até que se estabilizasse;
- Inseriu-se na amostra a ser analisada;
- Anotou-se o valor da condutividade.

4.6.7. Sólidos Dissolvidos Totais

Os valores de sólidos dissolvidos totais (SDT) para as amostras de águas de cisternas foram realizados a partir dos valores de condutividade elétrica (CE) pela equação 01, (OLIVEIRA, et al., 2009; APHA, 1999; CASALI, 2008), os valores são expressos em mg.L^{-1} .

$$SDT_{(\text{mg.L}^{-1})} = 0,64. CE_{(\mu\text{S.cm}^{-1})} \quad \text{Eq.01}$$

Segundo o Ministério de Minas e Energia a condutividade multiplicada por um fator 0,65 fornece a quantidade de sólidos dissolvidos totais das águas de poços subterrâneos. Logo foi utilizada essa relação para calcular os sólidos dissolvidos totais para as amostras de águas de poços subterrâneos equação 2.

$$SDT_{(\text{mg.L}^{-1})} = 0,65. CE_{(\mu\text{S.cm}^{-1})} \quad \text{Eq.02}$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Medidas de pH

As medidas de pH para as amostras tanto de águas de cisternas quanto para as águas dos poços estão entre 6,0 e 9,5 valor máximo permitido pela portaria, estando portanto dentro do padrão aceito para consumo humano pelo Ministério da Saúde, Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, tabela 2.

Tabela 2: Medidas de pH/desvio padrão das amostras de águas

Pontos de coleta	Valores de pH			Valores Médios de pH	Desvio Padrão	VMP* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03			
C.1	6,98	7,03	7,06	7,00	0,07	6,0 a 9,5
C.2	7,42	7,39	7,44	7,42	0,2	
C.3	7,22	7,30	7,30	7,27	0,05	
C.4	6,70	6,76	6,99	6,82	0,1	
P.1	7,48	7,60	7,68	7,58	0,1	
P.2	7,12	7,07	7,07	7,08	0,03	
P.3	7,38	7,53	7,60	7,50	0,1	

*VMP = valor máximo permitido; **Portaria Ministério da Saúde.

Fonte: Dados da pesquisa.

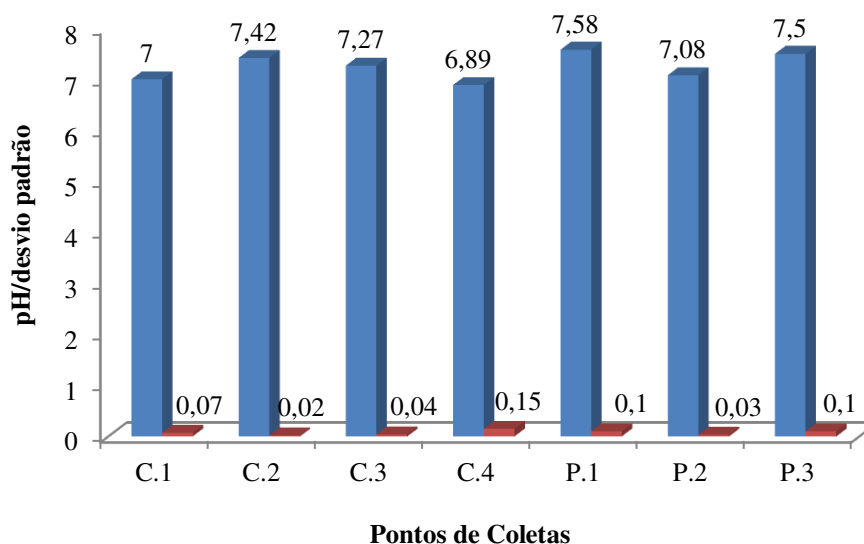
As cisternas, C.2 e C.3, apresentaram pH básico. De acordo com Macedo (2007), a água de chuvas possui pH relativamente baixo, e este pode ser agressivo ao concreto e potencializar a liberação de metais, comprometendo a qualidade da água consumida pela população.

Segundo Silva (2006), a água da chuva adquire características 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.

Segundo Parron, et al., (2011), as águas naturais, frequentemente, possuem pH na faixa de 4,0 e 9,0, e a maioria é ligeiramente básica, devido à presença de bicarbonatos e carbonatos dos metais alcalinos e alcalinos terrosos.

Contudo os padrões de potabilidade nacional estabelecem amplo intervalo para pH da água tratada (6,0 a 9,5) com o objetivo de minimizar as perspectivas de corrosão (para valores muito baixos) ou incrustações (para valores elevados) nas redes de distribuição.

Os resultados referentes às medidas de pH para as amostras de águas das cisternas e dos poços estão mais claramente apresentados no Gráfico 1.

Gráfico 1: Valores de pH/desvio padrão de águas de cisternas e poços

Fonte: Dados da pesquisa.

Resultados próximos de pH para o presente trabalho, foram encontrados por Tavares (2009) em estudos com águas de cisternas da região semiárida da Paraíba e Alves, et al., (2012) em cisternas do semiárido do Pernambuco.

5.2. 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, siltes em suspensão, fontes de poluição que lançam materiais finos e outros (MACEDO, 2001).

Ainda que com menor frequência, a turbidez pode ser causada pela precipitação de carbonato de cálcio para águas duras, e óxidos de ferro e de compostos de alumínio em águas tratadas (LIBÂNIO, 2010).

A turbidez da água tem sua importância no processo de tratamento da água. Com relação à turbidez, quase todas as amostras de água se encontram com valores dentro do permitido pela portaria 2.914/2011 que é igual a 5,0 NTU (unidades nefelométrica de turbidez), porém o poço P.1 apresentou valor igual a 5,65 NTU, portanto fora do padrão estabelecido.

A tabela 3 apresenta os valores encontrados de turbidez e os desvios padrões das amostras das águas de cisternas e dos poços.

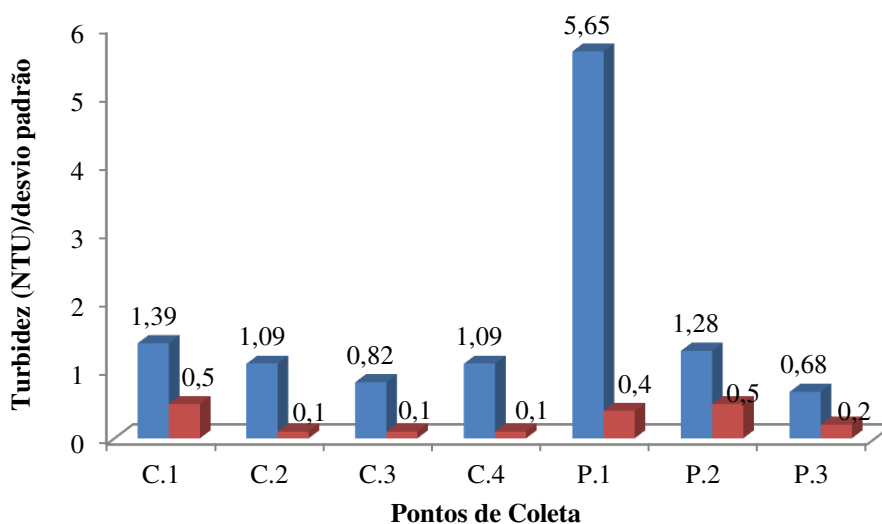
Tabela 3: Medidas de turbidez e desvio padrão das amostras

Pontos de coleta	Valores de turbidez (NTU)			Valores Médios turbidez (NTU)	Desvio Padrão (S)	VMP* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03			
C.1	0,76	1,66	1,77	1,39	0,5	5,0 NTU
C.2	0,93	1,15	1,20	1,09	0,1	
C.3	0,85	0,71	0,89	0,82	0,1	
C.4	1,33	1,18	0,75	1,09	0,1	
P.1	5,21	5,87	5,88	5,65	0,4	
P.2	1,45	1,69	0,71	1,28	0,5	
P.3	0,57	0,87	0,59	0,68	0,2	

*VMP = valor máximo permitido; **Portaria Ministério da Saúde.

Fonte: Dados da pesquisa.

O poço P.1 encontra-se com valor de turbidez igual 5,65 NTU, logo sendo impróprio para consumo humano. Segundo Libânio (2010), no Brasil, a turbidez é particularmente elevada em regiões com solos erodíveis, pois as precipitações podem carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rochas e óxidos. Um problema que pode ter ocasionado o aumento da turbidez para a água do poço P.1 foi à manutenção do reservatório onde a água estava armazenada. O gráfico 2 apresenta claramente os valores de turbidez das amostras de águas de cisternas e poços.

Gráfico 2: Valores de turbidez/desvio padrão de águas de cisternas e poços

Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores máximos permitidos de turbidez para consumo humano, atribuídos pela portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde é de 5,0 NTU para águas de qualquer ponto de distribuição, para águas subterrâneas desinfetadas e água filtrada após tratamento completo

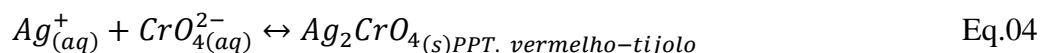
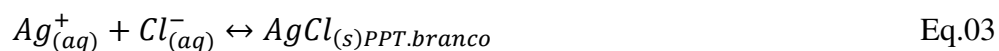
ou filtração direta é 1,0 NTU e para água resultante de filtração lenta o valor máximo permitido é de 2,0 NTU (BRASIL, 2009).

5.3. Determinação de 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 (BRASIL, 2009).

A volumetria de precipitação envolve a reação onde há a formação de um produto de baixa solubilidade. A determinação de cloreto, pelo método de Mohr é um processo de precipitação fracionada: primeiro, precipita o analito (AgCl - precipitado branco); no ponto final, precipita o (K_2CrO_4) indicador (ROSA, et al., 2013).

As reações que ocorrem durante a titulação são as seguintes:



Utilizou-se o método de Mohr para a determinação de cloretos nas amostras de águas. Na medida em que se processa a titulação, íons cloreto reagem com a solução de nitrato de prata e ocorre à formação de dois precipitados, o cloreto de prata (AgCl) e o cromato de prata (Ag_2CrO_4).

A identificação do ponto final da titulação pode ser detectada a partir da formação do precipitado de cromato de potássio que apresenta a cor pouco avermelhado, como mostra a figura 22.

Figura 22: Titulação com AgNO_3 , $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$



Fonte: Dados da pesquisa.

As titulações foram feitas em triplicatas, foram calculadas as médias dos volumes de nitrato de prata (AgNO_3 , $0,1\text{mol.L}^{-1}$) gastos nas titulações. Os cálculos para determinação da concentração de cloreto presentes nas amostras de águas foram realizados a partir das médias dos volumes gastos de AgNO_3 .

Os desvios padrões das amostras de águas de cisternas e poços foram realizados a partir da equação 05 (HARRIS, 2005).

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{Eq.05}$$

Os valores de cloretos encontrados para as amostras de águas de cisternas encontram-se dentro dos valores permitidos pelo Ministério da Saúde, com relação às amostras de água dos poços, apenas o poço P.1 encontra-se dentro do padrão de potabilidade aceito. As águas dos poços P.2 e P.3 estão com uma concentração de cloreto acima do valor permitido, sendo, portanto imprópria para consumo humano, tabela 4.

Tabela 4: Volumes gastos de AgNO_3 ; \bar{x} ; desvio padrão e cloreto das amostras.

Pontos de coleta	Volumes gastos de AgNO_3 (mL)			Valores Médios (mL)	Desvio Padrão (S)	Cloreto (mg.L^{-1})	VMP* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03				
C.1	0,5	0,4	0,5	0,47	0,06	2,74	250 mg.L^{-1}
C.2	0,5	0,5	0,5	0,5	0	2,34	
C.3	0,7	0,6	0,6	0,63	0,06	4,10	
C.4	0,4	0,4	0,3	0,36	0,06	3,09	
P.1	15,9	15,9	15,8	15,86	0,06	92,70	
P.2	74,5	75,0	74,5	74,66	0,3	436,38	
P.3	83,2	83,4	83,3	83,3	0,1	486,88	

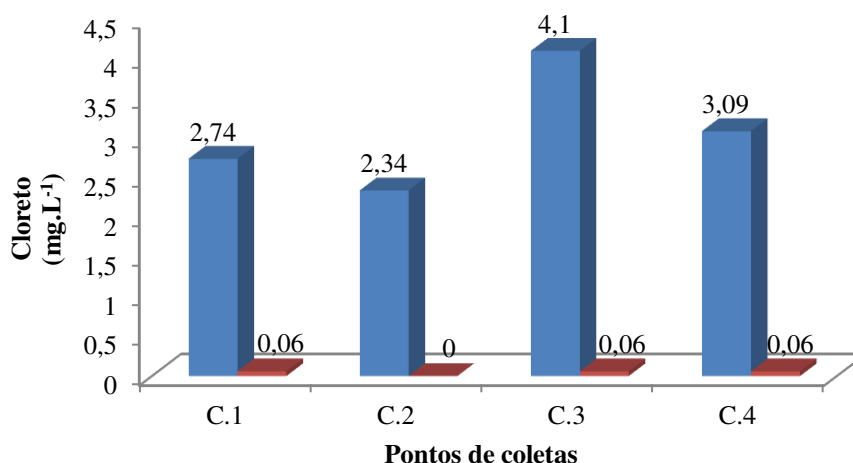
*VMP = valor máximo permitido; **Portaria Ministério da Saúde.

Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo Andrade Neto (2004), o consumo de águas de cisternas é seguro, tendo em vista que problemas relacionados a tal prática são muito pequenos se comparado ao número de pessoas que fazem uso doméstico de águas de cisterna em todo o mundo com segurança.

As águas das chuvas coletadas em cisternas apresentaram uma concentração relativamente baixa de cloreto, contudo o padrão estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 é de 250mg.L^{-1} valor máximo de cloreto para água potável, logo estão de acordo com o padrão, gráfico 3.

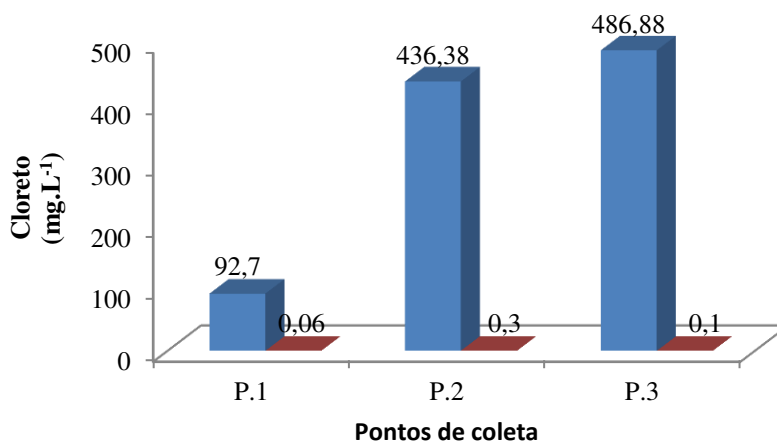
Gráfico 3: Valores de cloreto/desvio padrão das águas de cisternas



Fonte: Dados da pesquisa.

As águas dos poços P.2 e P.3 apresentaram elevadas concentrações de cloretos, o que pode ser atribuídos ao uso de agrotóxicos nas plantações, apenas o poço P.1 apresentou um teor de cloreto igual a 92,7 mg.L⁻¹ dentro dos padrões de potabilidade do Ministério da Saúde, Portaria nº 2.914/11, gráfico 4.

Gráfico 4: Valores de cloreto/desvio padrão das águas de poços



Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com Macedo (2007), elevadas concentrações de cloreto caracterizam a presença de esgotos sanitários e aumenta o poder de corrosão da água. Macêdo (2009), cita que elevadas concentrações de cloreto confere a água um sabor desagradável com características de água salobra

Segundo Brasil (2009), altas concentrações de cloretos podem restringir o uso da água, em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar.

5.4. Determinação da Dureza

O índice de dureza da água é um índice muito importante para avaliar a sua qualidade (ROSA, et al., 2013). A dureza da água é propriamente decorrente da presença de metais alcalinos terrosos e resulta da dissolução de minério do solo e das rochas ou aporte de resíduos industriais (ROCHA, et al., 2004).

A dureza da água TABELA 5, é definida como a soma das concentrações totais de Ca^{2+} e Mg^{2+} dissolvidos (GIRARD, 2013). Quando as concentrações desses sais são altas, diz-se que a água é dura e quando é baixa, que é mole (ROCHA, et al., 2004).

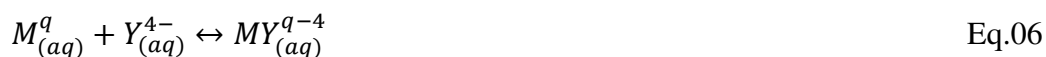
Tabela 5: Classificação da dureza das águas naturais.

Classificação	Concentração como CaCO_3 (mg.L^{-1})
Água mole	< 50
Água moderadamente mole	50 a 100
Água levemente dura	100 a 150
Água moderadamente dura	150 a 250
Água dura	250 a 350
Águas muito dura	> 350

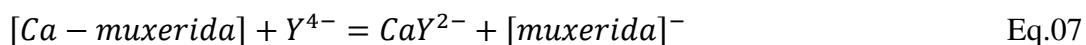
Fonte: ROCHA, et al., 2004.

A titulometria, com formação de complexos ou complexiometria, baseia-se em reações que envolvem um íon metálico e um agente ligante com formação de um complexo suficiente estável (ROSA, et al., 2013).

Os complexos formados com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) são os mais comuns. A reação com o íon metálico pode ser genericamente representada pela equação 06 (ROSA, et al., 2013).



Quando se adiciona os cristais de murexida à água contendo a solução de NaOH, 0,5 M, obtém-se uma coloração rosa, essa cor é proveniente da presença de íons cálcio na solução, como mostra a equação 07:



À medida que se procede a titulação os íons cátions livres são complexados primeiro, ao atingir o ponto final, o cálcio é removido do complexo Ca-murexida, e forma um complexo de cor violeta intenso, figuras 23 e 24.

Figura 23: Titulação água de cisterna



Fonte: Dados da pesquisa.

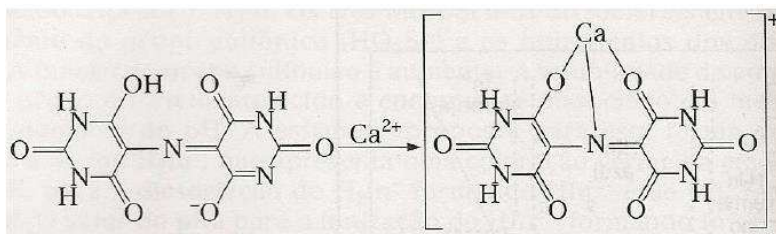
Figura 24: Titulação água de poço



Fonte: Dados da pesquisa.

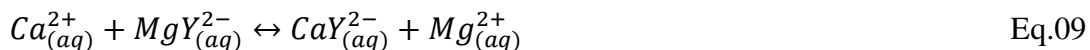
A reação que ocorre no final da titulação com o EDTA e o íon de cálcio é representada pela figura 25.

Figura 25: Formação de Complexo cálcio-EDTA

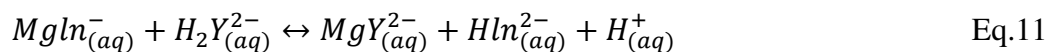
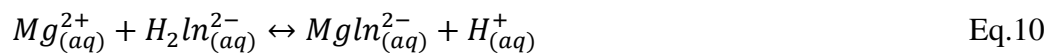


Fonte: BACCAN, et al., 2001.

À medida que o titulante H_2Y^{2-} é adicionado ao analito, os íons de cálcio e magnésio são complexados, e forma os respectivos íons complexos:



Quando todos os íons de cálcio são complexados, os íons magnésio são liberados novamente e se combinam com o EDTA e forma as seguintes reações:



As concentrações das amostras de águas de cisternas e poços foram calculadas a partir da equação:

$$Dureza = \frac{C_{EDTA} \cdot V_{EDTA} \cdot MM_{CaCO_3}}{V_{\text{água ml}}} \cdot 1000 \quad \text{Eq.12}$$

Com base na tabela 5, as cisternas C.1 e C.2 são classificadas como água mole, pois apresentaram valores de dureza abaixo de 50 mg.L⁻¹ de CaCO₃, enquanto que as cisternas C.3 e C.4 são classificadas como água moderadamente mole, pois se encontram com valores entre 50 e 150 mg.L⁻¹ de CaCO₃. Com relação às águas dos poços, são classificadas como águas muito duras, tendo em vista que se encontram com dureza acima de 350 mg.L⁻¹.

De acordo com os valores de dureza apresentados na tabela 6, todas as amostras de águas de cisternas provenientes de chuvas apresentaram valores dentro do permitido pelo Ministério da Saúde, enquanto que para as águas de poços subterrâneos apenas o poço P.1 apresentou valor abaixo do valor máximo permitido os demais poços estão com elevadas concentrações de carbonato de cálcio.

Tabela 6: Volumes gastos de EDTA; \bar{x} ; desvio padrão e dureza das amostras.

Pontos de coleta	Volumes gastos de EDTA (mL)			Valores Médios \bar{x}	Desvio Padrão (S)	Dureza CaCO ₃ (mg.L ⁻¹)	VMP* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03				
C.1	0,5	0,4	0,5	0,47	0,06	47,04	500 mg.L ⁻¹
C.2	0,4	0,4	0,4	0,4	0	40,04	
C.3	0,7	0,7	0,7	0,7	0	70,06	
C.4	0,5	0,5	0,6	0,53	0,06	53,04	
P.1	3,6	3,5	3,5	3,53	0,06	353,32	
P.2	7,0	7,0	7,1	7,03	0,06	703,63	
P.3	9,4	9,5	9,4	9,43	0,06	943,84	

*VMP = valor máximo permitido; **Portaria Ministério da Saúde.

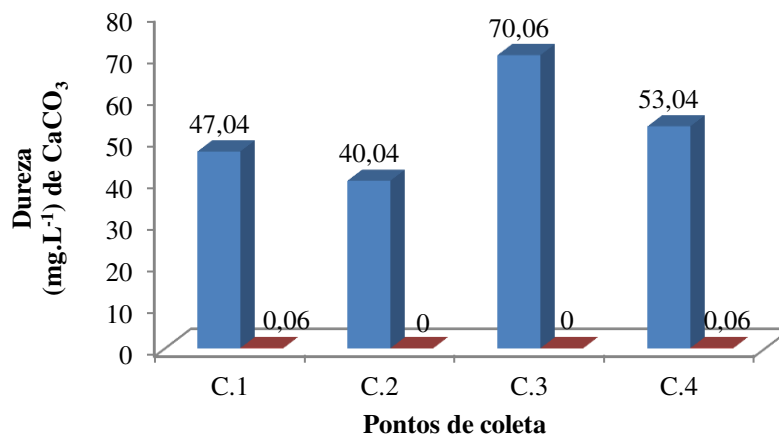
Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com Libânio (2010), a dureza da água é mais característica e mais evidente nas regiões de formação calcária e menos significantes em zonas de terrenos arenosos ou argilosos. Roloff (2006), cita que a dureza da água causa sabor desagradável e efeitos laxativos.

Segundo Libânio (2010), a dureza da água reduz a formação de espuma, elevando o consumo de sabões e provoca incrustações nas tubulações de água. Macêdo (2009), cita que a água dura confere sabor desagradável.

Todas as amostras de águas de cisternas analisadas apresentaram níveis de dureza dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, Portaria nº 2.914/11, sendo, portanto adequadas para consumo humano, gráfico 5.

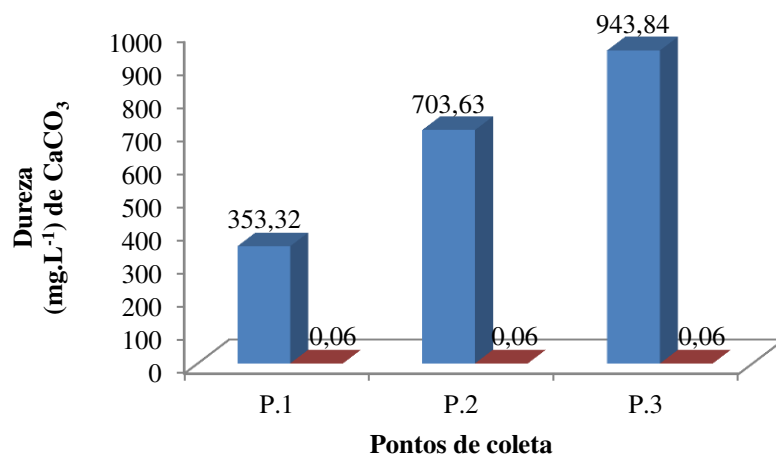
Gráfico 5: Valores de dureza/desvio padrão das águas de cisternas



Fonte: Dados da pesquisa.

Apenas o poço P.1 apresentou dureza igual a 353,32 mg.L⁻¹, dentro dos padrões estabelecidos pelo ministério da saúde. Os poços P.2 e P.3 apresentaram valores de dureza acima de 500 mg.L⁻¹, portanto, impróprias para o consumo humano. A Portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde estabelece valor máximo de dureza de 500 mg.L⁻¹. O gráfico 6 apresenta com maior clareza os valores de dureza das amostras de águas dos poços analisados.

Gráfico 6: Valores de dureza/desvio padrão das águas de poços



Fonte: Dados da pesquisa.

5.5. Alcalinidade

A alcalinidade das águas naturais traduz a capacidade de neutralizar ácidos ou a capacidade de minimizar variações significativas de pH, constituindo-se especialmente de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-). Na potabilização das águas para consumo humano, a alcalinidade adquire função primordial no êxito do processo de coagulação minimizando a redução muito significativa do pH após a dispersão do coagulante (LIBÂNIO, 2010).

A alcalinidade é a capacidade que um corpo d'água tem de neutralizar os ácidos. A alcalinidade leva em conta os componentes receptores de prótons presentes nas águas naturais e é um indicador muito importante do ponto de acidificação de lagos e rios (GIRARD, 2013).

Para uma solução contendo íons carbonato e bicarbonato, assim como OH^- e H^+ , por definição tem-se:

$$\text{Alcalinidade Total} = [2\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{OH}^-] + [\text{H}^+] \quad \text{Eq.13}$$

Na titulação de neutralização das amostras de águas de cisternas e poços foi utilizado o alaranjado de metila, pois este indicador é usado para determinar a alcalinidade total. O alaranjado de metila muda de cor quando a solução fica levemente ácida ($\text{pH}=4$). A figura 26 mostra o ponto final da titulação de neutralização com o ácido sulfúrico.

Figura 26: Titulação de neutralização



Fonte: Dados da pesquisa

Para a determinação da alcalinidade das amostras de águas de cisternas e poços foi utilizada a equação 14 (BRASIL, 2009).

$$\text{Alcalinidade (mg.L}^{-1}\text{)} = V_{\text{H}_2\text{SO}_4(\text{ml})} \times 20 \quad \text{Eq.14}$$

Os valores de alcalinidade total encontrados para as amostras de águas das cisternas estão variando entre 12 e 18 mg.L⁻¹ de CaCO₃. As águas dos poços se encontram com valores bem mais elevados 109,2 a 154,6 mg.L⁻¹ de CaCO₃. A tabela 7 apresenta os resultados da alcalinidade para as amostras de águas de cisternas e dos poços.

Tabela 7: Volumes gastos de H₂SO₄; \bar{x} ; desvio padrão e alcalinidade.

Pontos de coleta	Volumes gastos de H ₂ SO ₄ (mL)			Valores Médios (mL)	Desvio Padrão (S)	Alcalinidade e mg.L ⁻¹ de CaCO ₃	VMP* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03				
C.1	0,7	0,8	0,7	0,73	0,06	14,6	Não especificado
C.2	0,6	0,6	0,6	0,6	0	12	
C.3	0,8	0,7	0,8	0,76	0,08	15,2	
C.4	0,9	0,9	0,9	0,9	0	18	
P.1	5,5	5,4	5,5	5,46	0,2	109,2	
P.2	7,8	7,7	7,7	7,73	0,05	154,6	
P.3	6,9	6,8	6,9	6,86	0,06	137,2	

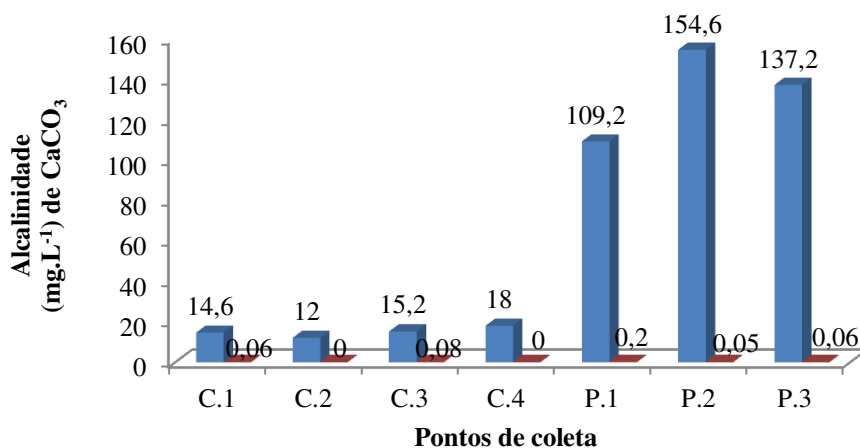
*VMP = valor máximo permitido; **Portaria Ministério da Saúde.

Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo Ferreira (2012), a maioria das águas naturais apresentam valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg.L⁻¹ de CaCO₃, valores elevados estão associados a processos de decomposição da matéria orgânica e a alta taxa de respiração de micro-organismos, com liberação e dissolução do gás carbônico na água.

A medida da alcalinidade é de fundamental importância durante o processo de tratamento de água, pois é em função do seu teor que se estabelece a dosagem dos produtos químicos utilizados (BRASIL, 2009). O gráfico 7 mostra mais claramente a alcalinidade total e os desvios padrões das amostras de águas de cisternas e dos poços.

Gráfico 7: Valores de alcalinidade/desvio padrão das águas de cisternas e poços



Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com Sperling (2005), a alcalinidade não tem significado relevante do ponto de vista sanitário, contudo para valores altos conferem gosto amargo à água. Segundo ele a principal importância está nos processos de tratamento de água, uma vez que essa característica está envolvida em operações como coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações.

5.6. Condutividade Elétrica

A condutância de uma solução resulta da soma das atribuições de todos os íons presentes. Embora todos os íons presentes contribuam para a condução da corrente, a fração da corrente transportada por uma dada espécie iônica depende de sua concentração relativa e da facilidade com que se movimentam no meio (ROSA, et al., (2013).

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

Na tabela 8 estão representados os valores de condutividade elétrica (CE) e desvio padrão para as amostras de água das cisternas e dos poços subterrâneos. Todas as medidas foram realizadas em triplicata e calculadas as médias de CE. Os resultados de condutividade elétrica para as amostras de águas apresentaram valores variados, pode-se destacar a cisterna C.2 que apresentou valor igual a 0,083 mS.cm⁻¹, e o poço P.3 com maior valor de CE igual a 8,02 mS.cm⁻¹.

Tabela 8: Medidas de condutividade elétrica e desvio padrão das amostras.

Pontos de coleta	Valores de Condutividade elétrica (mS.cm ⁻¹)			Valores Médios CE (mS.cm ⁻¹)	Desvio Padrão (S)	VMP* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03			
C.1	0,162	0,162	0,163	0,162	0,001	Não Especificado
C.2	0,082	0,084	0,083	0,083	0,001	
C.3	0,210	0,209	0,210	0,209	0,001	
C.4	0,135	0,134	0,134	0,134	0,001	
P.1	1,710	1,716	1,713	1,713	0,01	
P.2	7,49	7,48	7,50	7,49	0,01	
P.3	8,18	7,91	7,97	8,02	0,1	

*VMP = valor máximo permitido; **Portaria Ministério da Saúde.

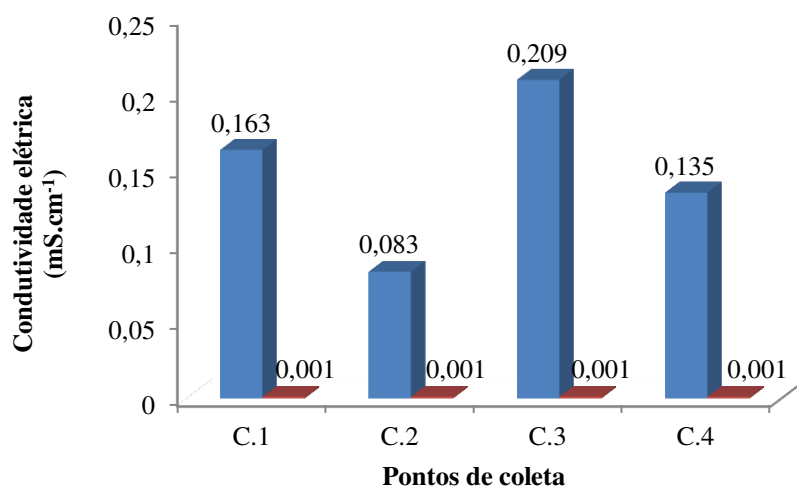
Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com Libânio (2010), a condutividade elétrica (CE) vincula-se ao teor de salinidade, característica relevante para muitos mananciais subterrâneos e águas superficiais próximos ao litoral passíveis de intrusão de água salgada. Segundo ele, as águas naturais

apresentam usualmente condutividade elétrica inferior a $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, podendo atingir $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ em corpos de água receptores de elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais.

Pode-se observar uma grande diferença de condutividade elétrica para as amostras de águas de cisterna, isso pode ser justificado devido as diferentes concentrações de sais dissolvidos totais presentes. A cisterna C.3 apresentou o maior valor encontrado, com CE igual a $0,209 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. O gráfico 8 apresenta os resultados médios de condutividade elétrica e os desvios padrões das amostras de águas de cisternas.

Gráfico 8: Valores de condutividade elétrica/desvio padrão das águas de cisternas



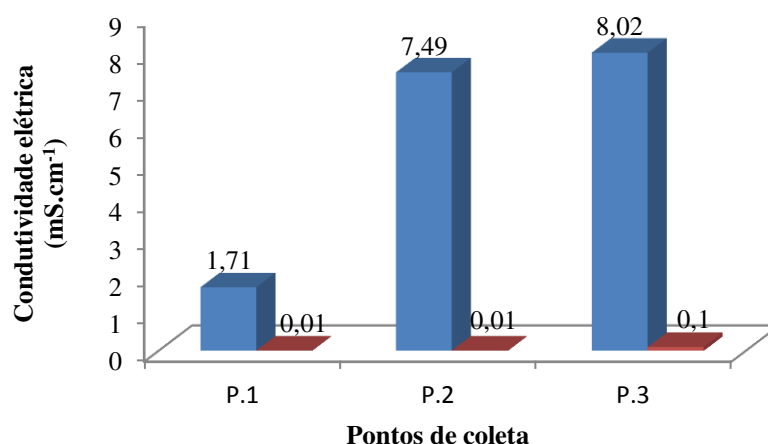
Fonte: Dados da pesquisa.

As águas dos poços analisados se encontram com uma condutividade elétrica muito acima de $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. De acordo com Libânio (2010), períodos longos de estiagem, em regiões de maior insolação, favorecem o aumento da salinidade e da condutividade elétrica, portanto o aumento de condutividade elétrica para as águas de poços analisadas pode ser atribuído a este fato uma vez que a região está passando por um longo período de estiagem e ocasiona a autodepuração das águas subterrâneas.

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.

O gráfico 9 mostra mais claramente os valores de condutividade elétrica e os desvios padrões para as águas dos poços subterrâneos.

Gráfico 9: Valores de condutividade elétrica/desvio padrão das águas de poços



Fonte: Dados da pesquisa.

5.7. Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

As concentrações de sólidos dissolvidos totais foram obtidas a partir do valor da condutividade elétrica encontradas para as amostras de águas. As concentrações de sólidos totais dissolvidos presentes nas amostras de águas de cisternas foram obtidas utilizando a equação 01, e para os poços a equação 02. A tabela 9 apresenta os valores obtidos para os sólidos dissolvidos totais para as águas de cisternas e dos poços subterrâneos.

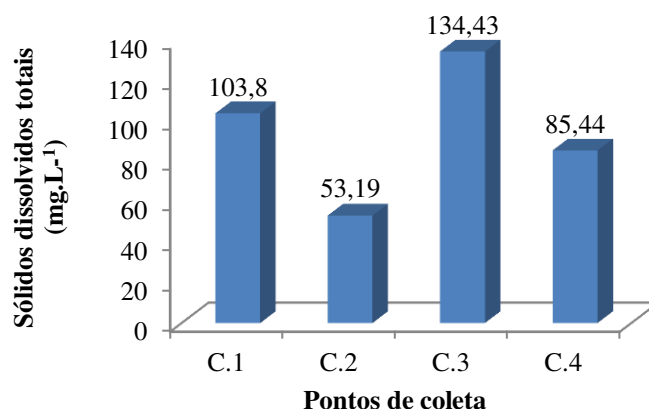
Tabela 9: CE, sólidos dissolvidos totais das amostras de águas de cisternas e poços.

Pontos de coleta	\bar{x} , CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	SDT (mg.L^{-1})	VMP* 2.914/2011**
C.1	162,2	103,8	1000 (mg.L^{-1})
C.2	83,11	53,19	
C.3	210,06	134,43	
C.4	134,5	85,44	
P.1	1713	1113,4	
P.2	7490	4868,5	
P.3	8020	5213,0	

*VMP = valor máximo permitido; **Portaria Ministério da Saúde.

Fonte: Dados da pesquisa.

O Ministério da saúde estabelece o valor máximo de 1000 mg.L^{-1} para sólidos dissolvidos totais para águas destinadas ao consumo humano. Portanto, as águas de cisternas estão com valores de sólidos dissolvidos totais variando entre $53,19$ a $134,43 \text{ mg.L}^{-1}$, portanto, encontram-se dentro do padrão estabelecidos pelo Ministério da Saúde portaria 2.914/2011, gráfico 10.

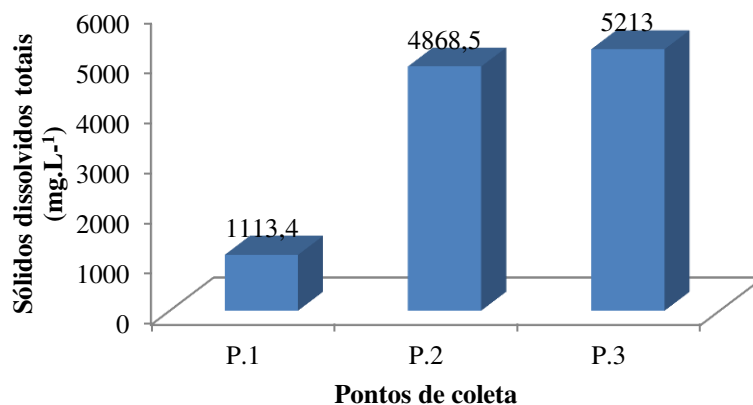
Gráfico 10: Valores de SDT das amostras de águas de cisternas

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com trabalho publicado por Tavares (2009), foram constatadas variações nos valores de sólidos dissolvidos totais em cisternas que armazenam águas de chuvas e também de carros-pipa.

Para as águas subterrâneas a condutividade elétrica multiplicada pelo fator 0,65 fornece o teor dos sólidos dissolvidos totais (BRASIL, 2005). Portanto para calcular a quantidade de sólidos dissolvidos totais foi utilizado o fator acima e multiplicado pelo valor encontrado da condutividade elétrica para a amostra.

A concentração de sólidos dissolvidos totais encontradas para as águas dos poços analisados foram bastante elevadas, podendo ser destacado o ponto P.1 que apresentou um valor igual a 1.113,4 mg.L⁻¹ enquanto que os demais poços estão com uma concentração elevadíssima de sólidos dissolvidos, gráfico 11.

Gráfico 11: Valores de SDT das amostras de águas de poços

Fonte: Dados da pesquisa.

O aumento dos sólidos dissolvidos totais nas águas dos poços, de acordo com Casali (2008) 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.

Segundo Casali (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.

6. CONCLUSÕES

A escassez hídrica no semiárido é um problema afetado não só pela quantidade, mas também pela qualidade, pois leva a população a recorrer a sistemas alternativos de abastecimento não confiável, cuja água, em geral, não passa por um tratamento adequado, podendo causar riscos a saúde humana.

Quanto às propriedades físico-químicas analisadas, as águas de chuvas coletadas em cisternas atendem aos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, tendo em vista que os resultados obtidos para os parâmetros pH, turbidez, cloreto, dureza, alcalinidade, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais, se encontram dentro do valor máximo permitido pela Portaria nº 2.914/2011, sendo portanto adequadas para consumo humano.

Considerando que as águas de cisternas tenham apresentado características físico-químicas dentro do estabelecido, esta deve ser consumida com cuidado, pois é necessário o monitoramento e tratamento periódicos de forma a averiguar a sua qualidade, uma vez que a ausência de tratamento da água favorece o alto nível de contaminação. Dessa forma estudos complementares sobre análises microbiológicas dessas águas são importantes, tendo em vista que esse parâmetro é um dos critérios utilizados para a definição da potabilidade da água.

Com base nos valores máximos permitidos pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde, as águas dos poços analisados não atendem ao padrão de potabilidade tendo em vista que apresentaram alterações em alguns parâmetros analisados, com valores acima do limite máximo estabelecido pela Portaria nº 2.914/11, logo se deve atentar para o uso destas águas como fonte para consumo humano.

A partir destes estudos iniciais sobre as características de águas de cisternas e poços da região observa-se que outras pesquisas poderão ser realizadas aprofundando a análise de outras substâncias como metais, organoclorados, entre outras.

7. REFERÊNCIAS

AESA. AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DE ÁGUAS DO ESTADO DA PARAIBA. Relatório Anual sobre a situação dos recursos hídricos no estado da Paraíba, 2009.

ALVES, Felipe; et al. **Qualidade de água em cisternas do semiárido pernambucano**. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Campina Grande- PB, 2012.

AMBIENTE BRASIL. **Qualidade das Águas Subterrâneas**. Disponível em: http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/aguas_subterraneas/qualidade_das_aguas_subterraneas.html. Acesso em 02 de julho de 2014.

AMORIM, M. C. C de; PORTO, E. R. **Avaliação da Qualidade Bacteriológica das Águas de Cisternas: estudo de Caso no Município de Petrolina**. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO, 3., 2001, Petrolina. **Anais...** Pernambuco: ABCMA, 2001.

AMORIM, M. C. C de; PORTO, E. R. **Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos**. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO, 4., 2003, Petrolina. **Anais...** Juazeiro: ABCMAC; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2003.

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

ANDRADE NETO, C. O de. **Proteção sanitária das cisternas rurais**. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11., 2004. Natal. **Anais...** Natal: ABES/APESB/APRH, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Disponível em: www.abas.org/educacao.php. Acesso em 20/06/2014.

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

BACCAN, N., et al.; **Química Analítica Quantitativa Elementar**, 3ª edição, Editora Edgard Blücher LTDA, São Paulo – SP, 2001.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª edição, Bookman, Porto Alegre, 2002.

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

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual Prático de Análise de Água**. Brasília, 2006.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria n.º518, de 25 de março de 2004**. Dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano. Brasília: SVS, 2004.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Águas subterrâneas - Um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília, 2007. Disponível em: [http://www.agrolink.com.br/downloads/AGUAS SUBTERRANEAS.pdf](http://www.agrolink.com.br/downloads/AGUAS_SUBTERRANEAS.pdf). Acesso em 19/06/2014.

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. **Diário Oficial da União, Brasília, DF**, janeiro de 2012.

BRITO, Luzia Teixeira de Lima, et al. **Avaliação das características físico-químicas e bacteriológica das águas de cisternas da comunidade de Atalho, Petrolina-PE**. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Terezina. **Anais...** Terezina, PI, 2005.

CASALI, Carlos Alberto. **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.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Operações e Manutenção de ETA**. Secretária dos Serviços e Obras Públicas, São Paulo, 1973.

EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A.E. **Standard Methods for the examination of Water and Wasterwater**, American Public Health Association, Washington, 1995.

FERREIRA, F. A. G. **Qualidade da água: Como determinar a Alcalinidade da água**. Disponível em: <http://omelhordabiologia.blogspot.com.br/2012/08/qualidade-da-agua-como-determinar.html>. Acesso em 06 de julho de 2014.

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

FURTADO, D. de A; KONIG, A. **Gestão Integral de Recursos Hídricos**. 1ª edição, Campina Grande, 2008.

GIRARD, J. E. **Princípios de química ambiental**. Tradução Marcos José de Oliveira; revisão técnica Marco Tadeu Grassi. LTC, Rio de Janeiro, 2013.

GRASSI, Marco Tadeu. **As águas do planeta terra**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola Edição especial. Maio, 2011. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>. Acesso em: 30/05/14.

HARRIS, C. D. **Análise Química Quantitativa**. Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2010. **Cidades**. Disponível em: <http://www.ibge.gov/cidadesat/topwindow.html>. Acessado em 20/07/2014.

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

MACÊDO, Flávia Souza Canário - **Avaliação da qualidade da água subterrânea utilizada para abastecimento público da universidade estadual de feira de Santana – UEFS**. (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil)- Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, 2009.

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

MELO, Maria Jubelita Silva – **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.

MELO, Maria Jucilene de Macedo – **Estudo analítico da dureza e alcalinidade de águas visando abrandamento por meio de resina de troca iônica.** (Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Diagnóstico do Município de Cuité.** Recife, 2005. Disponível em <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/CUIT066.pdf>, acessado em 20/07/2014.

OLIVEIRA, Rui de; et al. **Relação entre condutividade e sólidos totais dissolvidos.** In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2009, Rio de Janeiro: [s.n], 2009.

PARRON, L. M., et al.; **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** Dados eletrônicos. - Colombo: Embrapa Florestas, 2011. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57612/1/Doc232ultimaversao.pdf>. Acesso em 20 de Junho de 2014.

PHILIPPI Jr, A.; PELICIONI. M. C. F. **Educação Ambiental e Sustentabilidade.** Barueri, SP: Manole, 2005.

ROCHA, J. C., et al. **Introdução a química ambiental.** Bookman, Porto Alegre, 2004.

ROSA, G., et al. **Química Analítica: práticas de laboratório.** Bookman, 2013.

ROLOFF, Tatiana Aparecida. **Efeitos da não aplicação do controle de qualidade da água nas indústrias alimentícias.** SaBios: Revista de Saúde e Biologia, campo Mourão, v. 1,n.1. 2006.

SANTOS, Francirenildo Andrade – **Avaliação físico-química da água de um poço subterrâneo e comparação de alguns parâmetros com a água de abastecimento do Município de Nova Floresta-PB.** (Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, 2013.

SILVA, N. de M. D da. **Qualidade microbiológica das águas de chuva em cisternas da área rural do município de Inhambupe, no semiárido Baiano e seus fatores intervenientes.** Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA).** Ciência & Saúde coletiva, V. 8, n.º.4, 2003.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M., HOLLER, J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de química analítica.** 8ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

SOUSA, T. P.; NETO, E. P. S. **Capacitação e armazenamento da água de chuva em comunidade rurais do Município de João Dias- RN.** (Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva.) Campina Grande-PB, 2012. Disponível em <http://www.bibliotekevirtual.org/simposios/8SBCMAC/8sbcmac-a002.pdf>, acessado em 20/07/2014.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

TAVARES, Adriana Carneiro. **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.

TORDO, O. C. **Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências Tecnológicas e Programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2004.

VAITSMAN, D.S.; VAITSMAN, M.S. **Água Mineral**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.