



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE - CES
UNIDADE ACADÊMICA DE BIOLOGIA E QUÍMICA – UABQ
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

RAIANY ANIELLY SILVA CARDOSO

Análise Físico-Química de Águas do Município de Frei Martinho- PB

Cuité/PB

2017

RAIANY ANIELLY SILVA CARDOSO

Análise Físico-Química de Águas do Município de Frei Martinho- PB

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Química do Centro de Educação e Saúde (CES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito para obtenção do título de Licenciada em Química.

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

Cuité/PB

2017

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

C268a Cardoso, Raiany Anielly Silva.

Análise físico-química de águas do município de Frei Martinho / PB. / Raiany Anielly Silva Cardoso. - Cuité: CES, 2017.

54 fl.

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

Orientadora: Dra. Denise Domingos da Silva.

1. Água. 2. Qualidade da água. 3. Poços artesianos. 4. Açude municipal. 5. Análises físico-químicas. I. Título.

Biblioteca do CES - UFCG

CDU 556

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Inserir aqui a ficha gerada a partir do Sistema de Geração Automática de Fichas Catalográficas.

RAIANY ANIELLY SILVA CARDOSO

Análise Físico-Química de Águas do Município de Frei Martinho-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 título de Licenciada em Química.

Aprovado em: 28/03/2017

Banca Examinadora:

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

Prof. Dr. José Antônio Barros Leal Reis Alves – UFCG/CES (Examinador)

Prof.^a Dr.^a. Vilma Araújo da Costa- UFRN (Examinadora)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho àqueles que mais lutaram e torceram
pela realização deste sonho, meus pais, Reginaldo
Hermínio e M^a do Sacramento.

Com todo o meu amor.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente nas horas de angústia.

Agradeço aos meus pais Reginaldo e Maria do Sacramento, que pela arte de amar incondicionalmente um ao outro me geraram e souberam me amar, me educar, me transmitindo os mais valorosos saberes, compartilhando comigo cada vitória, cada derrota, cada lagrima e alegrias. Por seu cuidado e dedicação em todos os momentos. O meu eterno agradecimento. AMO VOCÊS.

Agradeço também ao meu esposo Andrew Bernathe que de forma especial e carinhosa me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldades, pois sem ele eu não teria forças para essa longa jornada.

Aos meus irmãos Raissy e Esaú, por estarem sempre ao meu lado, mesmo eu sendo chata estressada e insuportável como vocês vivem falando. Amo vocês.

Aos meus amigos, em especial a Andreia e Eliane, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida.

Ao Curso de Química da UFCG/CES, e às pessoas com quem convivi nesses espaços ao longo desses anos. A experiência de uma produção compartilhada na comunhão com amigos nesses espaços foram a melhor experiência da minha formação acadêmica.

Agradeço imensamente aos Tutores José Carlos de F. Paula e Cláudia Patrícia Fernandes dos Santos a chance de ter participado do PET-Química, foi a melhor e mais completa experiência acadêmica durante o período em que fui aluna da UFCG/CES.

A professora de Denise Domingos, pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia.

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

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram
conquistadas do que parecia impossível.”

(Charles Chaplin)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo hidrológico.	19
Figura 2: Distribuição de água no mundo.	20
Figura 3: Titulação com EDTA 0,01 Mol/L.....	29
Figura 4: Titulação com AgNO ₃ 0,1 Mol/L.	30
Figura 5: Titulação com H ₂ SO ₄ 0,02 Mol/L.....	31
Figura 6: Localização do município de Frei Martinho-PB.....	32
Figura 7: Tipos de pontos d'água cadastrados no município.	32
Figura 8: Natureza da propriedade dos terrenos onde existem os pontos d'água.	33
Figura 9: Uso da água.....	33
Figura 10: Qualidade das águas subterrâneas do município.	34
Figura 11: Localização dos poços e do açude de acordo com a aplicação Google Earth.	35
Figura 12: pHmetro	37
Figura 13: Condutivímetro.	38
Figura 14: Turbidímetro.	38
Figura 15: Fluxograma da análise de cloretos.	39
Figura 16: Fluxograma da análise de dureza total.....	40
Figura 17: Fluxograma da análise de alcalinidade.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Medidas de pH e desvio padrão das amostras.....	42
Tabela 2: Medidas de condutividade elétrica e desvio padrão das amostras.....	43
Tabela 3: Medidas de turbidez e desvio padrão das amostras.....	44
Tabela 4: Estimativa de sólidos dissolvidos totais das amostras.....	46
Tabela 5: Volumes gastos de AgNO_3 , cloretos das amostras e desvio padrão.....	47
Tabela 6: Valores gastos de EDTA, dureza das amostras e desvio padrão.	48
Tabela 7: Volumes gastos de H_2SO_4 , alcalinidade e desvio padrão das amostras.....	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Medidas de pH	42
Gráfico 2: Medidas de condutividade elétrica.....	44
Gráfico 3: Medidas de turbidez	45
Gráfico 4: Medidas de sólidos dissolvidos totais.....	46
Gráfico 5: Valores da concentração de cloretos das amostras.....	47
Gráfico 6: Medidas da dureza.....	48
Gráfico 7: Medidas de alcalinidade total.....	49

LISTAS DE EQUAÇÕES

Equação 1: Cálculo de sólidos dissolvidos totais.....	39
Equação 1: Cálculo dos cloretos.....	40
Equação 3: Cálculo da dureza total.....	41
Equação 4: Cálculo da alcalinidade total.....	42

RESUMO

A água é um dos recursos ambientais mais preciosos da humanidade. O Brasil é um país privilegiado com relação à disponibilidade de água. No entanto, mesmo com a grande disponibilidade de recursos hídricos, o país vem sofrendo com a escassez de água potável em diversos lugares. No município de Frei Martinho- PB (inserido no polígono das secas) poucos estudos foram realizados sobre as características de suas águas. O presente trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físico-químicas de amostras de poços artesianos e do açude do município de Frei Martinho-PB. A metodologia envolveu coletas de águas de amostras de águas de cinco poços distintos na zona rural, onde a mesma é consumida por um segmento da população rural e urbana do município e uma amostra do açude municipal. Os parâmetros estudados foram pH, turbidez, teor de cloreto, dureza total, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais. A classificação da potabilidade baseou-se nos parâmetros físico-químicos Portaria nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. As análises de dureza para as águas do açude municipal estão de acordo com o valor permitido pelo ministério da saúde, já para os (poços 4 e 5) as análises da dureza apresentaram valores elevados; acima de 500 mg/L de CaCO₃, estas águas estão classificadas como muito duras. A alcalinidade variou entre 96 e 464,6 mg/L, e as medidas de condutividade elétrica apresentaram valores entre 204,1 e 3393,3 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, já para os sólidos dissolvidos totais apresentaram valores que variaram de 130,62 a 2171,7 mg/L. Dessa forma, considera-se que é necessário e de extrema importância um monitoramento com análises mais criteriosas que possam contribuir para elucidar cada vez mais as características inerentes desta matriz

Palavras-chave: Qualidade da água; Poços artesianos; Açude Municipal; Análises Físico-Químicas.

ABSTRACT

Water is one of humanity's most precious environmental resources. Brazil is a privileged country in relation to the availability of water. However, even with the great availability of water resources, the country has been suffering from the devastating shortage of drinking water in many places. In the municipality of Frei Martinho - PB (inserted in the drought polygon) few studies were carried out on the characteristics of its waters. The present work aims to evaluate the physico-chemical properties of samples from artesian wells and the municipality of Frei Martinho - PB reservoir. The methodology involved water samples from five wells in the rural area, where it is consumed by a segment of the rural and urban population of the municipality and a sample of the municipal reservoir. The parameters studied were pH, turbidity, chloride content, total hardness, electrical conductivity and total dissolved solids. The classification of potability was based on the physico-chemical parameters Portaria nº 2,914, of December 12, 2011 of the Ministry of Health. The analyzes of hardness for the waters of the municipal dam are in agreement with the value allowed by the ministry of health, since For wells (wells 4 and 5) the hardness analyzes presented high values; Above 500 mg / L of CaCO₃, these waters are classified as very hard. The alkalinity varied between 96 and 464.6 mg / L, and the electrical conductivity measurements presented values between 204.1 and 3393.3 $\mu\text{S} / \text{cm}^{-1}$, whereas for the total dissolved solids presented values ranging from 130.62 to 2171, 7 mg / L. Thus, it is considered that monitoring is necessary and of extreme importance with more careful analyzes that can contribute to elucidate more and more the inherent characteristics of this matrix.

Keywords: Water quality; Artesian wells; Municipal dam; Physicochemical analysis.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 Gerais	18
2.1 Específicos	18
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1 Água.....	19
3.2 Escassez de água e a necessidade de gestão	20
3.3 Águas subterrâneas	23
3.4 Classificação, usos e exigências de qualidade da água.....	24
3.5 Parâmetros físicos	27
3.5.1 Turbidez.....	27
3.5.2 Condutividade elétrica.....	27
3.5.3 Sólidos dissolvidos totais	27
3.6 Parâmetros químicos.....	28
3.6.1 Potencial hidrogeniônico (pH)	28
3.6.2 Dureza.....	28
3.6.3 Teor de cloretos	29
3.6.4 Alcalinidade total.....	30
3.7 Caracterização da área de estudo	31
3.7.1 Localização.....	31
3.7.2 Caracterização dos poços cadastrados no município de Frei Martinho-PB	32
4. METODOLOGIA	35
4.1 Área de Estudo.....	35
4.2 Local de execução da pesquisa	36
4.3 Processo de coleta e acondicionamento.....	36
4.4 Análises físico-químicas	36
4.4.1 Determinação do pH.....	36

4.4.2	Determinação de condutividade elétrica.....	37
4.4.3	Determinação da turbidez.....	38
4.4.4	Determinação de sólidos totais dissolvidos.....	39
4.4.5	Determinação de cloretos	39
4.4.6	Determinação de dureza total	40
4.4.7	Determinação da alcalinidade total	41
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1	Análise do pH	42
5.2	Análise de Condutividade elétrica	43
5.3	Análise de turbidez	44
5.4	Determinação de sólidos totais dissolvidos totais.....	45
5.5	Análise de cloretos.....	46
5.6	Análise da dureza total.....	48
5.7	Análise da alcalinidade total	49
6.	CONCLUSÃO	50
7.	REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

A água tem fundamental importância para a subsistência da vida no planeta. Falar da importância dos conhecimentos sobre a água em suas diversas esferas é falar da sobrevivência das espécies, da conservação e do equilíbrio da diversidade biológica e também das relações de dependência entre seres vivos e o meio em que vive (BACCI; PATACA, 2008). A água ocupa aproximadamente 75% da superfície da terra, contudo, com tanta água que existe no planeta Terra apenas 2,5% dela é água doce e é utilizável e, desta apenas 0,1% é água potável (LIBÂNIO, 2010).

No Brasil, as águas subterrâneas vêm sendo progressivamente exploradas para o abastecimento de cidades e núcleos urbanos, assim como para a indústria, irrigação e turismo. Com a ocorrência de secas, os mananciais subterrâneos vêm assumindo cada vez mais o papel de fonte estratégica de recurso hídrico, seja para as gerações atuais, mas, sobretudo, para as futuras gerações; ainda mais, nos cenários que se desenham no horizonte, com crescimento demográfico significativo, aglomerações urbanas cada vez maiores, pressões ambientais e um incremento de produção de alimentos, entre outros, aliados às significativas mudanças climáticas globais em curso (FILHO et al, 2011).

Embora o Brasil possua em seu subsolo as maiores reservas subterrâneas de água doce do planeta, muitos estados vem sendo severamente castigados com a escassez de água. Em particular, o Nordeste é a região mais exposta aos riscos da variabilidade climática e a um possível processo de aridez do solo e subsequente desertificação devido às próprias mudanças climáticas, sofrendo, portanto com o polígono das secas (CABRAL, 2012).

Localizado na microrregião do Curimataú paraibano, o município de Frei Martinho está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, ocupando uma área territorial de 244,317 km². Sendo esta área recortada por rios perenes, com baixa vazão e estando inserida nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, sub-bacia do Rio Seridó, tendo como principal corpo de acumulação o açude de Frei Martinho. Segundo o censo de 2010 (IBGE, 2010), o município de Frei Martinho conta uma população de 2.933 habitantes, dos quais os domiciliados são abastecidos pela água de rede geral, e o restante da população é abastecido por poços e cisternas.

Um levantamento realizado no município registrou a existência de 23 pontos d'água em 2005, sendo 02 poços escavados e 21 poços tubulares. Em relação à natureza da propriedade, existem 02 pontos d'água em terrenos públicos, 19 em terrenos particulares e 02 pontos não tiveram a propriedade definida (BRASIL, 2005).

Em razão disso, devido às necessidades enfrentadas pela população de Frei Martinho ao consumo de águas subterrâneas para o uso primário, o presente estudo tem como objetivo analisar as propriedades físico-químicas de águas de alguns poços utilizados por esta população e do açude municipal de Frei Martinho.

2. OBJETIVOS

2.1 Gerais

Analisar as propriedades físico-químicas de águas de poços subterrâneos e do açude municipal de Frei Martinho- Paraíba.

2.1 Específicos

- ❖ Coletar as amostras seguindo os procedimentos de amostragem, segundo o Standard Methods of Examination of Water and Wastewater (1999).
- ❖ Medir o pH , turbidez e condutividade elétrica das amostras de águas;
- ❖ Determinar a alcalinidade, cloreto, dureza e sólidos totais dissolvidos das amostras;
- ❖ Realizar levantamento das características físico-químicas e verificar se as amostras estão de acordo com o padrão de potabilidade indicado pela portaria do Ministério da Saúde.

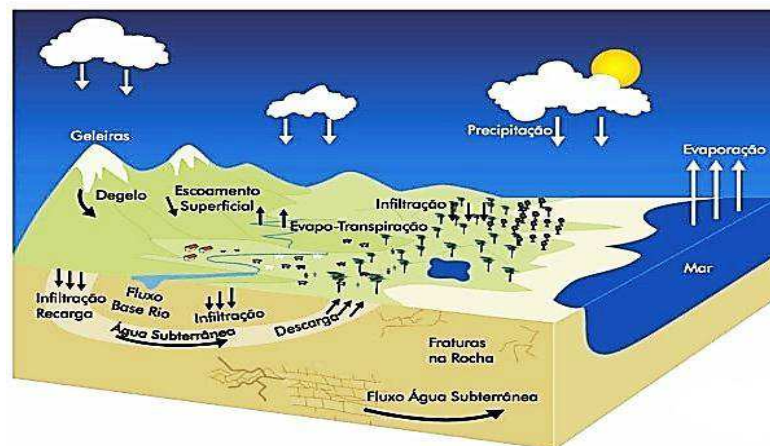
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Água

A água é um mineral presente em toda a natureza, e pode ser encontrada nos estados sólido, líquido e gasoso. É um bem finito e extremamente necessário para a existência da vida na Terra. Pois, todas as atividades da sociedade demandam o uso de água.

É considerado um recurso natural peculiar, pois se renova pelos processos físicos do ciclo hidrológico. O ciclo hidrológico começa a partir das precipitações e retorna à atmosfera através da evaporação de corpos de água e transpiração dos vegetais (Figura 1). Os componentes do ciclo hidrológico se distribuem desuniformemente entre as várias regiões do planeta, razão pela qual são afetados por ações antrópicas capazes de alterar sua disponibilidade, em termos quantitativos e qualitativos (ALMEIDA, 2010).

Figura 1: Ciclo hidrológico.



Fonte: Ministério do meio ambiente, 2007.

A água ocupa aproximadamente 75% da superfície da terra, contudo, com tanta água que existe no planeta Terra apenas 2,5% dela é água doce e é utilizável, desta apenas 0,1% é água potável (LIBÂNIO, 2010). Os 97,5% restantes correspondem às águas dos mares e oceanos. Da parcela de água doce, 68,9% encontram-se nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% compõe a umidade do solo e dos pântanos e apenas 0,3% constitui a porção superficial de água doce presente em rios e lagos (Figura 2).

Figura 2: Distribuição de água no mundo.

Fonte: Brasil escola, 2006.

A água doce não está distribuída uniformemente pelo globo e sua distribuição depende essencialmente dos ecossistemas que compõem o território de cada país. O Brasil detém 8% de toda essa reserva de água, sendo que 80% da água doce do país encontram-se na região Amazônica, ficando os restantes 20% circunscritos ao abastecimento das áreas do território brasileiro onde se concentram 95% da população (FREITAS, 2001). Embora incluído entre os países de maior disponibilidade hídrica mundial, por conta de suas dimensões geográficas e condições climáticas, já apresenta problemas de escassez de recursos hídricos, seja por causas naturais ou pela demanda excessiva, principalmente em regiões altamente urbanizadas.

Dentre as regiões que mais sofrem com a escassez de água se destacam as zonas semiáridas. Onde estas, estão sujeitas as chuvas de distribuição irregular, produzindo longos períodos de estiagem, a assim chamada seca. Como na região semiárida do Nordeste e mais recentemente, grande metrópoles como São Paulo, Fortaleza, Recife, entre outras, (TUCCI, 2001).

Dessa forma, a exploração descontrolada dos recursos hídricos levou a uma crise socioambiental preocupante. Hoje, nos deparamos com uma situação na qual estamos ameaçados por esta falta de água, que pode se tornar um dos mais graves problemas a serem enfrentados neste século (BACCI; PATACA, 2008).

3.2 Escassez de água e a necessidade de gestão

Perante a aparente abundância, a utilização dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, vem sendo utilizado sem mecanismos adequados de controle. Além da quantidade, a qualidade das águas também sofre alterações em decorrência das causas naturais e ações do homem.

A escassez de água vem se tornando uma das grandes insuficiências mundiais e vem aumentando ao longo dos anos, resultado da combinação da variabilidade hidrológica e do aumento da população. Sabe-se que a problemática da escassez de água no planeta não está relacionada à quantidade de água existente, mas sim, com a desigualdade na distribuição nas diversas regiões e com sua qualidade. Os efeitos na qualidade e na quantidade da água disponível, relacionados com o rápido crescimento da população já evidência que uma grande parte da população mundial já sofre com a falta de água (VERIATO et al, 2015).

Frente a tal situação, a gestão dos recursos hídricos, na realidade apresenta vários obstáculos. Dentre eles: a poluição e a ação degradadora do homem que vêm intensificando ainda mais esse fenômeno de escassez da água.

Sobre o assunto, Barros e Amim (2008, p. 75) afirmam que:

A junção destes fatores leva a inferir que este recurso não pode mais ser entendido como um bem comum, pois a confrontação de sua disponibilidade com suas demandas tende a acarretar a escassez. Assim, faz-se necessário reconhecer que a água é um bem econômico e um recurso estratégico essencial ao desenvolvimento econômico e social dos países.

Os problemas da escassez da água estão diretamente relacionados com das relações históricas entre o homem e o meio ambiente e suas atividades produtivas, as quais tem resultado numa grave crise ambiental no nosso planeta. Daí cada vez mais aumenta a preocupação com os problemas nos domínios dos recursos hídricos, principalmente no que se refere aos desafios relacionados com a escassez de água, a poluição e contaminação das águas, entre outros, que podem cada vez mais condicionar o desejável desenvolvimento socioeconômico dos países.

Os recursos hídricos necessitam, portanto de uma gestão adequada, onde alternativas devem ser implementadas para garantir água em quantidade e qualidade necessária para a vida humana.

A Lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para executar o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Trata-se de um corpo legal amplo e profundo, nos quais estabelece os princípios basilares em seu Art. 1º diz que a água é considerada um bem de domínio público, é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas, de forma descentralizada e participativa, contando com a participação do Poder

Público, dos usuários e das comunidades. Em situações de escassez o uso prioritário da água é para o consumo humano e para a dessedentação de animais.

Com relação aos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos enumerados em seu Art. 2º são claros e direcionam-se no sentido de assegurar:

- ❖ À atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- ❖ A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- ❖ A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

A composição do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, conforme o Art 33º da Lei 9.433/97 é a seguinte:

- ❖ O Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- ❖ Os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;
- ❖ Os Comitês de Bacia Hidrográfica;
- ❖ Os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos;
- ❖ As Agências de Água.

A gestão dos recursos hídricos trata-se, pois de uma combinação entre o poder público e as forças vivas da sociedade, representadas pelos usuários da água e as comunidades envolvida para garantir serviços de abastecimento de água, saneamento confiáveis e acessíveis. Tendo como objetivo a preservação dos Recursos Hídricos e a sua sustentabilidade como princípio de uso. A gestão com responsabilidade da água contribui fortemente para a segurança, no futuro, dos recursos hídricos do nosso planeta.

Dessa forma, de acordo com Porto (2008) a Lei n. 9.433/97 iniciou a implantação da gestão integrada das águas no Brasil. Esse conceito, apesar de amplamente aceito, é de alta complexidade e encontra inúmeras dificuldades para sua implantação. A contribuição essencial dessa lei para o país é sua contribuição para um novo paradigma de gestão de um bem de uso comum, cuja má administração pode trazer efeitos bastante perversos para toda a sociedade brasileira.

3.3 Águas subterrâneas

As águas subterrâneas são aquelas presentes no subsolo do planeta Terra, localizando-se, principalmente, em espaços vazios entre as rochas. Estas águas representam uma importante fatia da água doce do planeta e estão presentes, principalmente, nos aquíferos. Com a crescente degradação águas superficiais, as águas subterrâneas tendem a assumir uma posição de maior importância. A qualidade das águas subterrâneas é dada, a princípio, pela dissolução dos minerais presentes nas rochas que constituem os aquíferos por ela percolados. 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 (CAPUCI et al, 2001).

Atualmente, com a modernização das técnicas de localização precisa, perfuração e extração, a captação de água através de poços não pode mais continuar sem uma fiscalização rigorosa, pois embora seja um recurso renovável, poucos aquíferos podem suportar elevadas taxas de extração (CAPUCI et al, 2001). Dessa forma, para assegurar suprimentos de água subterrânea para as gerações futuras, a extração de água de um aquífero jamais deve exceder sua recarga. Quando a extração de água subterrânea ultrapassa a recarga natural, por longos períodos de tempo, os aquíferos sofrem depleção e o lençol freático começa a baixar.

Nessa situação, de acordo com Capuci et al (2001) os seguintes problemas são ocasionados quando há uma superexploração:

- ❖ Poços rasos, usados para abastecimentos locais e irrigações, secam;
- ❖ Poços de produção têm que ser perfurados a profundidades cada vez maiores,
- ❖ Aquíferos litorâneos podem sofrer contaminação por intrusão da água do mar e
- ❖ Compactação gradual do subsolo, provocando subsidência de terrenos.

Para que haja um monitoramento da água subterrânea, O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) no Capítulo v, Art.29 mais precisamente pela Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008 estabelece que na profundidade onde estejam ocorrendo às captações para os usos preponderantes, devem ser considerados no mínimo:

- ❖ A caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica;
- ❖ A caracterização da vulnerabilidade e dos riscos de poluição;
- ❖ O cadastramento de poços existentes e em operação;
- ❖ O uso e a ocupação do solo e seu histórico;

- ❖ A viabilidade técnica e econômica do enquadramento;
- ❖ A localização das fontes potenciais de poluição e
- ❖ A qualidade natural e a condição de qualidade das águas subterrâneas.

3.4 Classificação, usos e exigências de qualidade da água

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/05, “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”.

Nesta resolução, as águas são classificadas em três categorias: doces, salobras e salinas. Esta classificação é realizada considerando, que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, à saúde, o bem-estar humano e ao equilíbrio ecológico aquático. Para cada classe de água, a resolução estabelece limites máximos para os parâmetros físicos, químicos e biológicos. A mesma ainda afirma que as águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes (FURTADO E KONIG, 2006).

Com base na Resolução CONAMA nº 357/05 as águas doces são classificadas águas doces são classificadas em cinco classes:

- ❖ **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.

Para as águas salobras a Resolução CONAMA n° 357/05 As águas salobras são classificadas em quatro classes:

- ❖ **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.

Para as águas salinas a Resolução CONAMA n° 357/05 As águas salinas são classificadas em quatro classes:

- ❖ **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.

A qualidade da água está relacionada aos aspectos físicos, químicos e biológicos que ela apresenta, de acordo com a sua utilização. Os padrões de classificação mais usados pretendem classificar a água de acordo com a sua potabilidade, a segurança que apresenta para o ser humano e para o bem estar dos ecossistemas. São inúmeras as impurezas que se apresentam nas águas naturais, várias delas inócuas e algumas extremamente perigosas. Entre as impurezas nocivas encontram-se vírus, bactérias, parasitos, substâncias tóxicas e, até mesmo, elementos radioativos. Os diversos componentes presentes na água, e que alteram seu

grau de pureza, podem ser retratados de uma maneira ampla e simplificados em termos de suas características físicas, químicas e biológicas, estas características representam à qualidade da água através de diversos parâmetros.

A água tem múltiplos usos, de acordo com Guimarães; Carvalho e Silva (2007), os principais usos da água estão dispostos na (Tabela 1):

Tabela 1: Associação entre os usos da água e requisitos de qualidade.

Uso geral	Uso específico	Qualidade requerida
Abastecimento doméstico de água	Consumo humano, higiene pessoal e usos domésticos.	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde Adequada para serviços Domésticos, Baixa agressividade e dureza Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor; ausência de micro e macro organismos)
Abastecimento industrial	A água não entra em contato com o produto (refrigeração, caldeira, etc.)	Baixa agressividade e dureza
	A água entra em contato com o produto	Variável com o produto
	A água é incorporada ao produto (alimentos, bebida, etc.).	Isenta de substâncias químicas e organismos patogênicos esteticamente agradável
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde, Salinidade não excessiva
Dessedentação de animais	----	Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde dos animais
Preservação da fauna e da flora	----	Variável com os requisitos ambientais da fauna e da flora que se deseja preservar
Recreação e lazer	Contato primário (contato direto com o meio líquido)	Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde Baixos teores de sólidos em suspensão, óleos e graxas
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido)	Aparência agradável
Geração de energia	Usinas hidrelétricas	Baixa agressividade
	Usinas nucleares ou termelétricas	Baixa dureza
Diluição de despejos	----	----
Transporte	----	Baixa presença de material grosseiro que possa colocar em risco as embarcações
Aquicultura	----	Presença de nutrientes e qualidade compatível com as exigências das espécies a serem cultivadas

3.5 Parâmetros físicos

3.5.1 Turbidez

A turbidez de uma amostra de água é o grau de redução de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, ocasionado por partículas em suspensão que provocam a sua difusão e absorção (LIBÂNIO, 2010). É determinada através da turbidimetria, o método baseia-se na comparação da intensidade da luz dispersada pela amostra sob condições definidas, com a intensidade de luz dispersada por uma suspensão de referência padrão sob as mesmas condições, ou seja, quanto maior a quantidade de luz dispersada, maior a turbidez.

3.5.2 Condutividade elétrica

A condutividade indica a capacidade que a água natural tem de transmitir corrente elétrica e está diretamente relacionada à concentração de espécies iônicas dissolvidas, principalmente inorgânicas. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica (LIBÂNIO, 2010).

De acordo com Libânio (2010), a condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. Embora não seja um parâmetro integrante do padrão de potabilidade, constitui-se importante indicador de lançamentos de efluentes por relacionar-se a concentração de sólidos totais dissolvidos (STD).

3.5.3 Sólidos dissolvidos totais

Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma: em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos), (FUNASA, 2014). Todas as impurezas presente na água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos presentes nos recursos hídricos. Sólidos são classificados de acordo com seu tamanho e características químicas, (MACÊDO, 2007).

De acordo com Azevedo (1991), a quantidade total de sólidos contidos na água é um fator de extrema importância. Pois os teores de sólidos devem ser baixos, uma vez que altos

teores de minerais na água são prejudiciais à saúde humana e indesejáveis para o uso industrial da água.

Para Corcovia e Celligoi (2012, p. 40),

Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir a corrente elétrica. Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, pode-se estimar o teor de sais pela medida de condutividade de uma água. A medida de condutividade elétrica, multiplicada por um fator que varia entre 0,55 e 0,75, fornece uma boa estimativa do STD de uma água subterrânea.

3.6 Parâmetros químicos

3.6.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogênionico 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, definido também o potencial de toxicidade de vários elementos. É um valor característico em soluções aquosas, que convencionalmente representa a sua acidez e alcalinidade. Esse valor deve ser acompanhado para aperfeiçoar os processos de tratamento e preservar as tubulações contra corrosões e entupimentos. É um parâmetro que não tem risco sanitário associado diretamente a sua medida. Com os seus valores em mãos, caso apresente $\text{pH} < 7,0$, determina-se sua acidez, $\text{pH} > 7,0$ determina-se sua basicidade.

3.6.2 Dureza

A dureza indica a concentração de cátions em solução na água, sobretudo de Cálcio e Magnésio. O uso de uma água com excesso destes íons leva a nível industrial: problemas de incrustações ou depósitos que podem provocar rupturas em tubulações por causa do superaquecimento, corrosão, perda de eficiência na transmissão de calor em caldeiras e em sistemas de refrigeração, além de prejudicar o processo de higienização nas indústrias de alimentos (LIBÂNIO, 2010).

A dureza da água pode ser determinada mediante a titulação de uma amostra com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA). Consiste em uma técnica de análise volumétrica que objetiva à formação de um complexo de coloração através da reação entre o analito e o

titulante. Nestas titulações é muito importante o ajuste do pH do meio em análise, uma vez que em meio ácido, os íons H^+ competirá com os íons metálicos na quelação e em meio alcalino os íons metálicos tendem à formação de hidróxidos alcalinos pouco solúveis (BACCAN et al, 1979).

É adicionado uma pequena quantidade do indicador negro de Ericromo-T a amostra de água já tamponada a pH 10 com hidróxido de amônio. A coloração do indicador, que é vermelho-vinho em presença do íon metálico, muda para azul no ponto final da titulação (Figura 3).

Figura 3: Titulação com EDTA 0,01 Mol/L.



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

De acordo com Libânio (2010), a dureza da água é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e pode ser classificada em:

- ❖ Mole ou branda: < 50 mg/L de $CaCO_3$;
- ❖ Dureza moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de $CaCO_3$;
- ❖ Dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de $CaCO_3$ e
- ❖ Muito dura: >300 mg/L de $CaCO_3$.

3.6.3 Teor de cloretos

Os cloretos estão presentes em todas as águas naturais, em concentrações variáveis. Geralmente, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar, e ainda podem advir dos esgotos domésticos ou industriais. Estão presentes na forma de cloretos de sódio,

cálcio e magnésio, (FUNASA, 2013). Níveis altos de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar.

A determinação de cloreto, pelo método de Mohr, consiste em uma técnica volumétrica de precipitação que emprega solução padrão de AgNO_3 (0,1 Mol/L). Esse método é chamado de método argentométrico. Para determinação de cloretos existem três métodos: o método de Mohr, Volhard e Fajans (BACCAN et al, 1979). Segundo o método de Mohr para a determinação de cloretos, o haleto é titulado com a solução de nitrato de prata utilizando como indicador o cromato de potássio. No ponto final, quando a precipitação do cloreto for completa, formará um precipitado vermelho-tijolo de cromato de prata (Figura 4), (SKOOG et al, 2008).

As reações que ocorrem durante a titulação são as seguintes:

- ❖ Reação de titulação: $\text{Ag}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)} \rightleftharpoons \text{AgCl}_{(s)}$ (precipitado branco)
- ❖ Reação do indicador: $2\text{Ag}^+_{(aq)} + \text{CrO}_4^{2-}_{(aq)} \rightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4_{(s)}$ (precipitado vermelho tijolo)

Figura 4: Titulação com AgNO_3 0,1 Mol/L.



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

3.6.4 Alcalinidade total

A alcalinidade total de uma água é dada pelo somatório das diferentes formas de alcalinidade existentes, ou seja, é a concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, expressa em termos de CaCO_3 , (FUNASA, 2013). Logo pode ser definida como sua capacidade de reagir quantitativamente com um ácido forte até um valor definido de pH ou ainda ser definida como a capacidade de neutralizar um ácido. Para uma solução contendo íons carbonato e bicarbonato, assim como H^+ OH^- por definição tem-se:

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

De acordo com Macêdo (2007, p. 72),

A alcalinidade se deve principalmente à presença de silicatos, fosfatos, bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, provenientes da dissolução de rochas, da reação do CO_2 com a água (CO_2 que pode ser oriundo da atmosfera ou da decomposição de matéria orgânica) e ainda de despejos de efluentes industriais. O bicarbonato é o principal composto que confere alcalinidade à água.

Para determinar a alcalinidade das amostras de água do município de Frei Martinho-PB, utilizou-se o método de titulação com ácido sulfúrico com o indicador alaranjado de metila (Metilorange) (Figura 5). O alaranjado de metila muda de cor quando a solução fica levemente acida (pH 4).

Figura 5: Titulação com H_2SO_4 0,02 Mol/L.



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

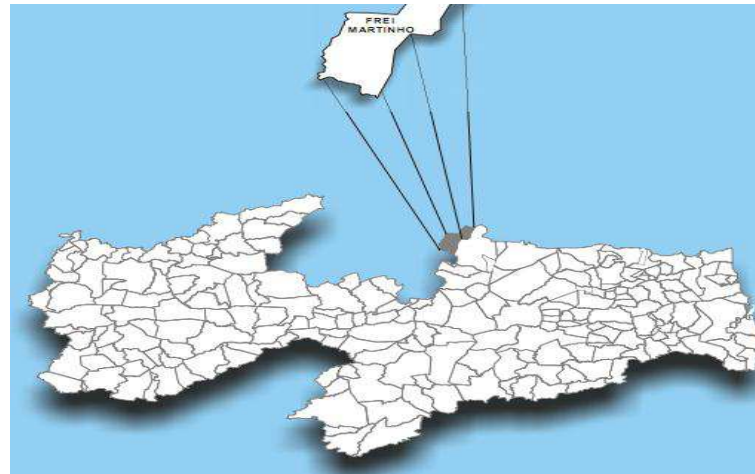
3.7 Caracterização da área de estudo

3.7.1 Localização

O Estado da Paraíba tem uma área territorial de pouco mais de 56 mil de km^2 , na qual estão distribuídos 223 municípios que juntos totalizam uma população de 3.766.528 habitantes. Dentre os 223 municípios, tem o município de Frei Martinho, que possui uma área de $244,317 \text{ km}^2$ e apresentava em 2010 uma população de 2.933 habitantes, (IBGE, 2010).

Frei Martinho localiza-se na região central-norte do Estado da Paraíba, Mesorregião Borborema e Microrregião Seridó Oriental Paraibano. Limita-se ao norte com o município de Currais Novos (RN), leste com Picuí, sul com Carnaúba dos Dantas (RN) e oeste com Acarí (RN) (Figura 6), (BRASIL, 2005).

Figura 6: Localização do município de Frei Martinho-PB.



Fonte: Brasil (2005).

3.7.2 Caracterização dos poços cadastrados no município de Frei Martinho-PB

Segundo o levantamento realizado pelo Ministério de Minas e Energia disposto no diagnóstico do município de Frei Martinho- PB (2005) registrou-se a existência de 23 pontos d' água, sendo 02 poços escavados e 21 poços tubulares, conforme mostra a (Figura 7).

Figura 7: Tipos de pontos d' água cadastrados no município.

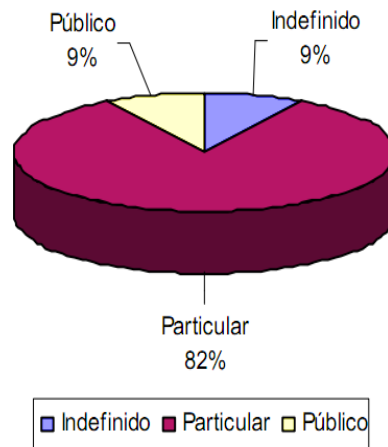


Fonte: Brasil (2005).

Com relação à propriedade dos terrenos onde estão localizados os pontos d' água cadastrados, podemos ter: terrenos públicos, quando os terrenos forem de serventia pública e, particulares, quando forem de uso privado. Conforme ilustrado na (Figura 08), existem 02

pontos d' água em terrenos públicos, 19 em terrenos particulares e 02 pontos não tiveram a propriedade definida.

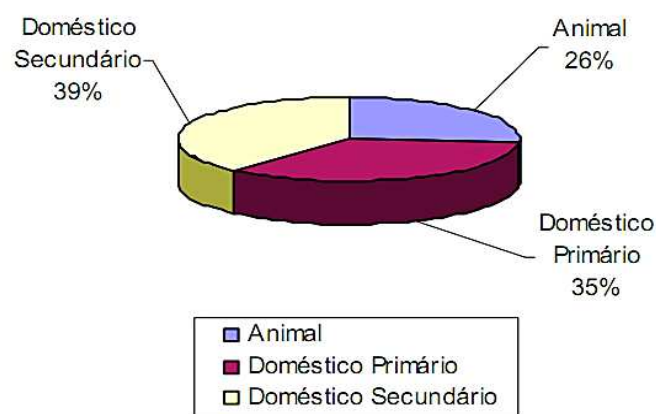
Figura 8: Natureza da propriedade dos terrenos onde existem os pontos d' água.



Fonte: Brasil (2005).

Em relação ao uso da água, 35% dos pontos cadastrados são destinados ao uso doméstico primário (água de consumo humano para beber); 39% são utilizados para o uso doméstico secundário (água de consumo humano para uso geral); e 26% para dessedentação animal, conforme mostra a (Figura 9).

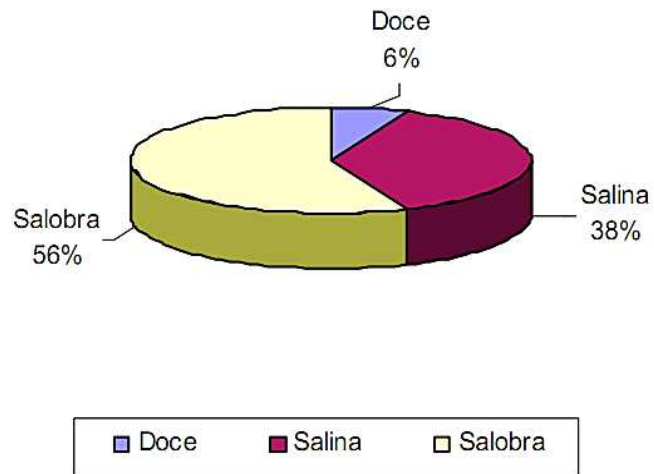
Figura 9: Uso da água.



Fonte: Brasil (2005).

Com relação à qualidade das águas dos pontos cadastrados conforme a situação de cada poço é mostrada na (Figura 10).

Figura 10: Qualidade das águas subterrâneas do município.



Fonte: Brasil (2005).

4. METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

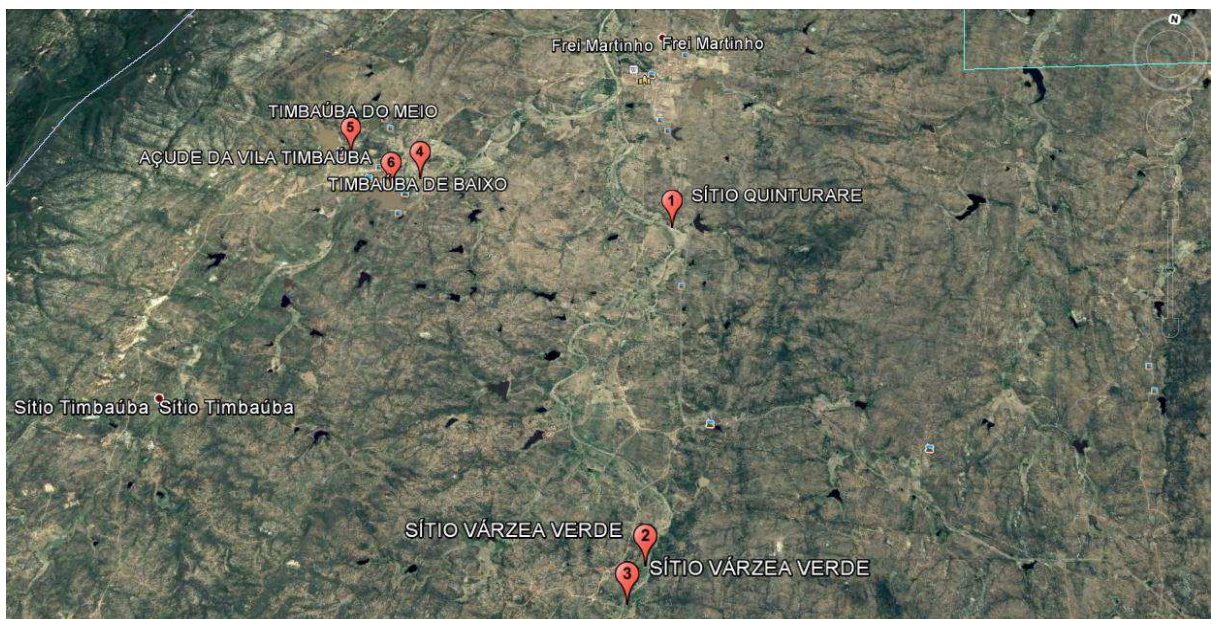
A área de estudo está situada no município de Frei Martinho-PB, Região do Curimataú. Foram selecionados 6 pontos (sendo 5 poços e o açude municipal) sendo que em cada um dos poços foram coletados três amostras, *in loco*, no período de novembro de 2016, como mostrado na (Tabela 2).

Tabela 2: Localização das amostras analisadas.

Pontos analisados	Localização
Poço 1	Sítio Quinturaré
Poço 2	Sítio Várzea Verde I
Poço 3	Sítio Várzea Verde II
Poço 4	Sítio Timbaúba de Baixo
Poço 5	Sítio Timbaúba do Meio
Açude	Açude Municipal

Fonte: Dados da Pesquisa.

Figura 11: Localização dos poços e do açude de acordo com a aplicação Google Earth. .



Fonte: *print screen* da aplicação Google Earth no sistema operacional Windows 10.

4.2 Local de execução da pesquisa

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. Todos os experimentos foram realizados em triplicata, permitindo a realização do cálculo de um valor médio utilizado como valor de referência para os cálculos posteriores, acerca das propriedades físico-químicas. As análises foram realizadas no Laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande- Campus de Cuité-PB e no Laboratório Didático de Química Geral e Inorgânica e foram utilizadas as metodologias recomendadas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1999).

4.3 Processo de coleta e acondicionamento

A coleta e o armazenamento das amostras de água procederam seguindo os procedimentos de amostragem adequados para evitar ao máximo a presença de interferentes que pudessem posteriormente prejudicar os resultados desta pesquisa. No processo de coleta do material, as águas foram armazenadas em frascos de politereftalato de etileno (PET) com capacidade de armazenamento de 2,0 L. Antes da coleta, estas garrafas foram previamente higienizadas e lavadas com três enxágues com a própria água que irá ser coletada, desprezando-se os quinze primeiros segundos de vazão da água da torneira. Por fim, preenchidas por completo com as amostras.

4.4 Análises físico-químicas

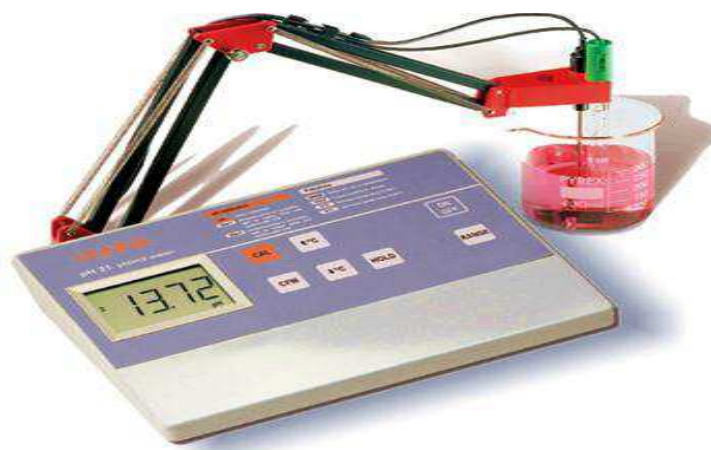
Para determinar as propriedades físico-químicas das amostras de águas foram utilizados métodos titulométricos. As determinações das variáveis estudadas ocorreram pelo manual prático de análise de água da fundação nacional de saúde (FUNASA, 2014).

4.4.1 Determinação do pH

O pH das amostras foram medidos em um potenciômetro (pHmetro) digital acoplado a um eletrodo combinado de vidro, modelo pH METER MODEL, da marca PHTEK, modelo: PHS-3B digital (Figura 12). O procedimento de calibração do pHmetro está descrito nas seguintes etapas:

- ❖ O aparelho foi ligado por um tempo de 15 min antes da utilização;
- ❖ Lavou-se a célula com água destilada e em seguida seca com papel absorvente macio com cuidado para que não danifique a célula;
- ❖ Em seguida, foi previamente calibrado com soluções tampão ácido ($7,00 \pm 0,01$) e básico ($4,00 \pm 0,01$);
- ❖ Por fim, realizada as medidas de pH das amostras em triplicata e anotado os valores.

Figura 12: pHmetro



Fonte: <http://www.splabor.com.br>.

4.4.2 Determinação de condutividade elétrica

Os valores de condutividade foram determinados por meio de um condutivímetro digital, modelo mCA-150/Mca-150 (Figura 13). As medidas de condutância foram realizadas seguindo as etapas:

- ❖ O aparelho foi ligado por um tempo de 15 min;
- ❖ Lavou-se a célula com água destilada e em seguida secada com papel absorvente macio com cuidado para que não danificasse a célula;
- ❖ Em seguida, o condutivímetro foi calibrado com solução padrão de cloreto de potássio (KCl) $146,9 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 0,5\%$, com uma temperatura padronizada de 25°C ;
- ❖ Por fim, são realizadas as medidas de condutividade das amostras em triplicata e anotado os valores.

Figura 13: Condutivímetro.



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

4.4.3 Determinação da turbidez

Os valores referentes à turbidez das amostras foram determinados por meio de um turbidímetro modelo TB1000, em que o mesmo foi previamente calibrado com soluções padrões de 0,1 NTU, 0,8 NTU, 8 NTU, 80 NTU e 1000 NTU, (Figura 14), seguindo as seguintes etapas:

- ❖ O aparelho foi ligado por um tempo de 15 min;
- ❖ Retiraram-se as ampolas da embalagem de proteção e as limpa cuidadosamente para remover as impurezas;
- ❖ Em seguida, efetua-se a calibração com soluções padrões de 0,1 NTU, 0,8 NTU, 8 NTU, 80 NTU e 1000 NTU;
- ❖ Por fim, foi inserida a amostra a ser analisada e após a leitura foi anotado os valores.

Figura 14: Turbidímetro.



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

4.4.4 Determinação de sólidos totais dissolvidos

Os valores de sólidos totais dissolvidos (SDT) foram obtidos a partir dos valores de condutividade elétrica descrito por (OLIVEIRA et al., 2009; APHA, 1999; CASALI, 2008). Tais valores são expressos em mg/L através de uma relação aproximada entre a condutividade e o teor de sólidos dissolvidos na água, (Equação 1).

Equação 1: Cálculo de sólidos dissolvidos totais.

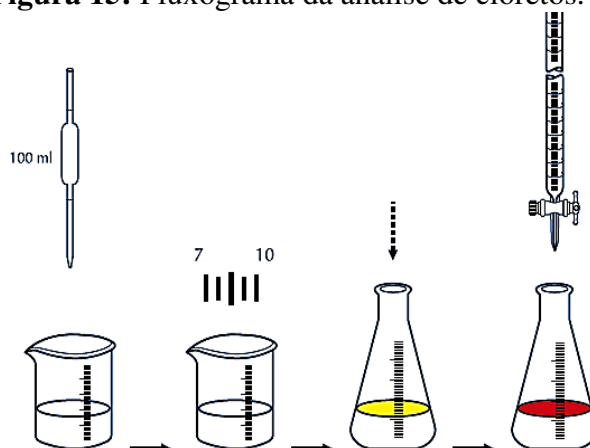
$$\text{SDT mg/L}^{-1} = 0,64. \text{CE } (\mu\text{s. cm}^{-1})$$

4.4.5 Determinação de cloretos

Para determinação do teor de cloreto foi utilizada a técnica da volumetria de precipitação, onde foram realizadas titulações com solução-padrão de nitrato de prata (AgNO_3) e a solução indicadora cromato de potássio (K_2CrO_4), (Figura 15). As etapas para determinação de cloretos seguem a seguinte sequência (FUNASA, 2014):

- ❖ Colocar 100 ml de amostra no Erlenmeyer;
- ❖ Ajustar o pH entre 7 e 10, se necessário, com NaOH ou H_2SO_4 ;
- ❖ Adicionar 1 ml da solução indicadora de K_2CrO_4 ;
- ❖ Titular com a solução-padrão de nitrato de prata 0,1 M até a viragem para amarelo avermelhado que é o ponto final da titulação;
- ❖ Fazer um branco da mesma maneira que a amostra.

Figura 15: Fluxograma da análise de cloretos.



Fonte: Manual prático de análise de água, 2014.

Equação 2: Cálculo dos cloretos.

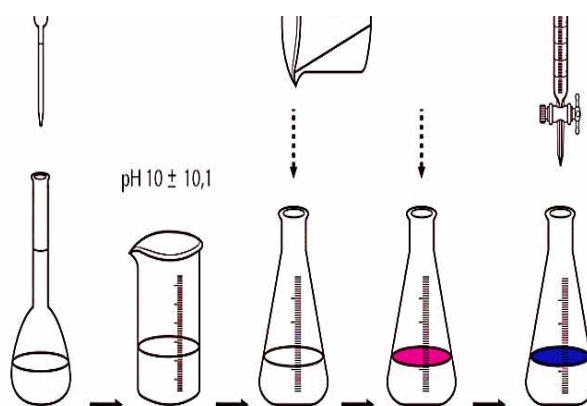
$$\text{Teor de Cloreto} = \frac{\text{Volume de AgNO}_3 \text{ (mL)} \cdot \text{Concentração do AgNO}_3 \text{ (mol.L}^{-1}\text{)} \cdot 35,45}{\text{Volume da amostra (mL)}}$$

4.4.6 Determinação de dureza total

O método empregado foi à volumetria de complexação, onde foram realizadas titulações com solução-padrão de EDTA 0,1 M e a solução indicadora negro de eriocromo, (Figura 16) seguindo os procedimentos abaixo:

- ❖ Tomar 50 ml da amostra e diluir para 250 ml com água destilada em balão volumétrico;
- ❖ Transferir para um bécher de 100 ml e adicionar 1 a 2 ml da solução tampão NH_4OH 5% para elevar o pH a $10 \pm 0,1$;
- ❖ Transferir para um frasco Erlenmeyer de 250 ml e adicionar aproximadamente 0,05 gramas do Indicador negro de eriocromo T;
- ❖ Titular com EDTA 0,01M agitando continuamente até o desaparecimento da cor púrpura avermelhada e o aparecimento da cor azul (final da titulação);
- ❖ Anotar o volume de EDTA gasto (ml);

Figura 16: Fluxograma da análise de dureza total.



Fonte: Manual prático de análise de água, 2014.

Equação 3: Cálculo da dureza total.

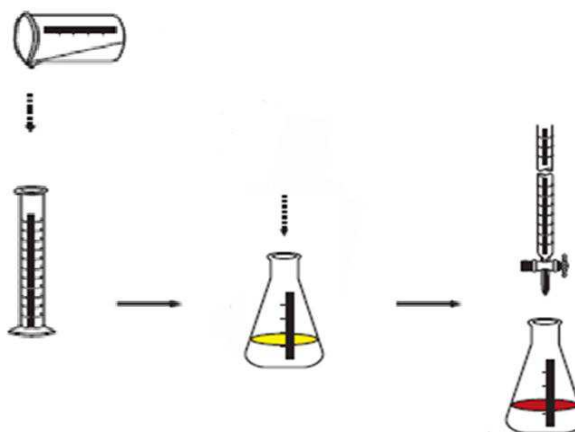
$$\text{Dureza Total em mg/L CaCO}_3 = \frac{\text{ml de EDTA}_{(\text{gasto})} \cdot 1000}{\text{ml de amostra}}$$

4.4.7 Determinação da alcalinidade total

No parâmetro de alcalinidade foi utilizada a técnica clássica de volumetria de neutralização, utilizando como titulante a solução-padrão de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e como substância indicadora o alaranjado de metila (Figura 17). A alcalinidade é determinada pelo método de titulação com Ácido Sulfúrico, seguem a seguinte sequência:

- ❖ Tomar 50 ml da amostra e colocar no Erlenmeyer;
- ❖ Adicionar 3 gotas da solução indicadora alaranjado de metila;
- ❖ Titular com a solução de ácido sulfúrico 0,02 M até a mudança da cor amarela para alaranjado;
- ❖ Anotar o volume total de H_2SO_4 gasto (V) em ml.

Figura 3: Fluxograma da análise de alcalinidade.



Fonte: Manual prático de análise de água, 2014.

Equação 4: Cálculo da alcalinidade total.

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

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise do pH

Verificou-se, por meio das análises, que as medidas tanto das águas dos poços quanto e o açude municipal variam entre 7,21 e 8,22 (Tabela 3), estando, portanto nem conformidade com o padrão organoléptico de potabilidade recomendando para o parâmetro pH.

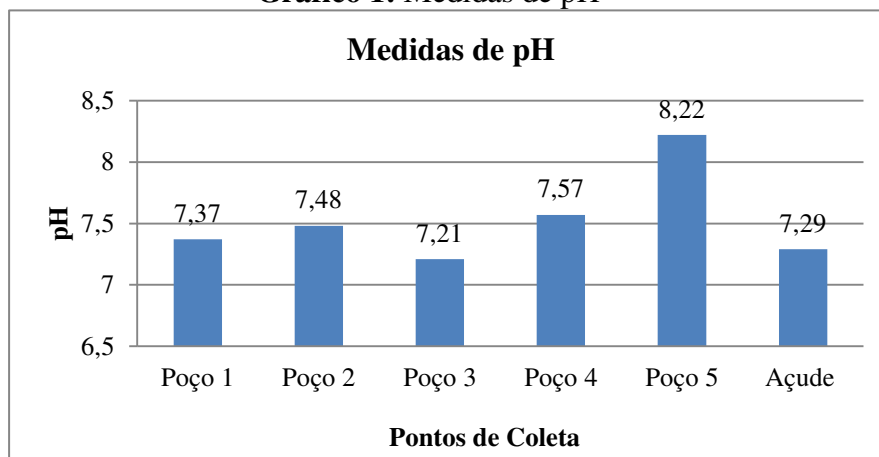
Tabela 3: Medidas de pH e desvio padrão das amostras.

Pontos de coleta	Valores de pH			Valores Médios	Desvio padrão	VMP* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03			
Poço 1	7,39	7,37	7,35	7,37	0,02	6.0 a 9,5
Poço 2	7,49	7,45	7,49	7,48	0,04	
Poço 3	7,05	7,25	7,32	7,21	0,14	
Poço 4	7,54	7,60	7,58	7,57	0,03	
Poço 5	8,24	8,18	8,24	8,22	0,03	
Açude	7,29	7,30	7,28	7,29	0,01	

*VMP=Valor Máximo Permitido; **Portaria Ministério da Saúde; Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

De acordo com Lima e Garcia (2008) a análise do Potencial de Hidrogênio da água é de suma importância para que haja controle de sua acidez, pois a acidez da água influi no processo de tratamento da água de tal maneira que para valores baixos de pH, as águas tornam-se mais corrosivas e contribuindo para a corrosão das estruturas das instalações hidráulicas e do sistema de distribuição. Por outro lado, em pH elevado, há possibilidade de surgimento de incrustações das canalizações. Os resultados referentes às medidas de pH para as amostras de águas do município de Frei Martinho, encontram-se no (Gráfico 1).

Gráfico 1: Medidas de pH



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

O gráfico 1 indica que todas as amostras analisadas possuem valores ligeiramente básicos. Segundo Parron (2011), as águas naturais, frequentemente possuem valores de pH na faixa de 4,0 e 9,0, e a maioria é ligeiramente básica. Isso ocorre principalmente devido a presença de bicarbonatos e carbonatos dos metais alcalinos e alcalinos terrosos.

5.2 Análise de Condutividade elétrica

Na Tabela 4 estão representados os valores de condutividade elétrica e o desvio padrão para as amostras de água. Os valores de condutividade elétrica para as amostras apresentaram valores bem distintos. O maior valor foi do poço 5 que obteve $3393,3 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ e o menor valor foi referente ao poço 2 que foi $204,1 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$.

Tabela 4: Medidas de condutividade elétrica e desvio padrão das amostras.

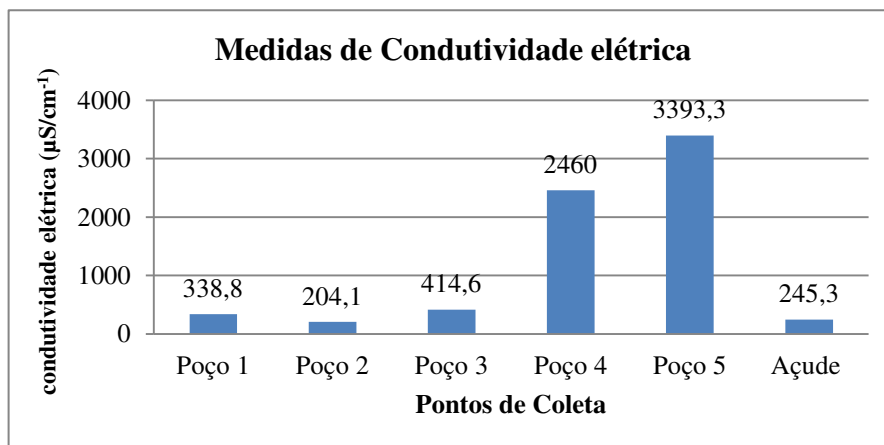
Pontos de coleta	Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$)			Média dos valores	Desvio padrão	VMP* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03			
Poço 1	357,3	347,4	311,8	338,8	23,9	Não especificado
Poço 2	201,0	205,4	205,8	204,1	2,70	
Poço 3	417,1	411,7	415,1	414,6	2,73	
Poço 4	2500	2043	2450	2460,0	296,3	
Poço 5	3190	3540	3450	3393,3	181,7	
Açude	247,8	243,9	244,3	245,3	2,14	

*VMP=Valor Máximo Permitido; **Portaria Ministério da Saúde; Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

De acordo com Libânio (2010), águas naturais apresentam condutividade elétrica inferior a $100 \mu\text{S}/\text{cm}$, podendo atingir $1000 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ em corpos d'água que recebem efluentes domésticos e industriais.

Pode-se observar que houve diferenças bastante significativas nos resultados da condutividade elétrica para as amostras de água, isso pode ser justificado devido as concentrações de sais dissolvidos totais presentes. Os valores obtidos para cada ponto variaram de $204,1$ a $3393,3 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ respectivamente (Gráfico 2).

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.

Gráfico 2: Medidas de Condutividade elétrica.

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

5.3 Análise de turbidez

A Tabela 5 apresenta os valores encontrados de turbidez e os desvios padrões das amostras das águas.

Tabela 5: Medidas de turbidez e desvio padrão das amostras.

Pontos de coleta	Valores de turbidez (NTU)			Média dos valores	Desvio padrão	VMP* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03			
Poço 1	0,03	0,03	0,02	0,03	0,01	5,0 NTU
Poço 2	2,08	2,08	2,03	2,06	0,03	
Poço 3	0,49	0,49	0,49	0,49	0,00	
Poço 4	2,77	2,76	2,75	2,76	0,01	
Poço 5	2,31	2,29	2,27	2,29	0,02	
Açude	10,03	10,04	10	10,02	0,02	

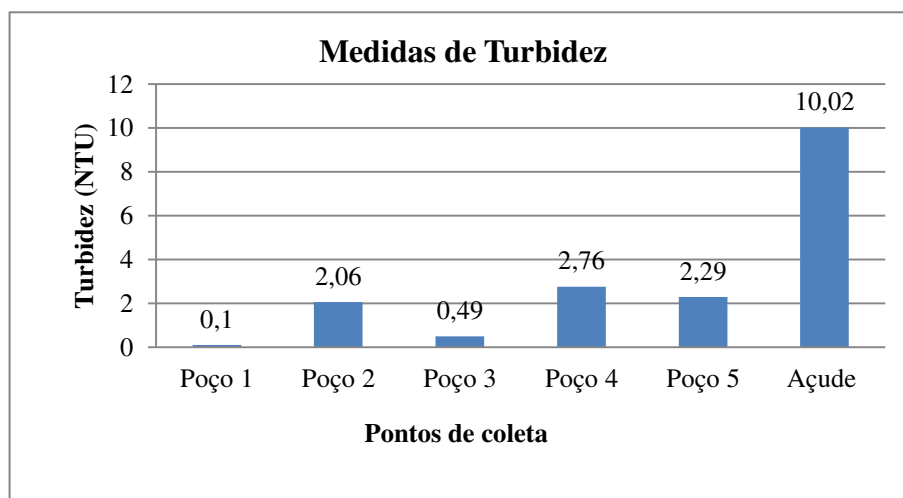
*VMP=Valor Máximo Permitido;**Portaria Ministério da Saúde; Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

De acordo com a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde para água subterrânea com desinfecção, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 NTU. A determinação de turbidez da água é diretamente influenciada pela presença de material sólido em suspensão, o que afeta a transparência da mesma.

Quanto maior a quantidade de sólidos dispersos no corpo hídrico, maiores os valores dos parâmetros turbidez, colorimetria e sólidos totais (TEIXEIRA e SENHORELO, 2000 apud ZERWES et al, 2015). A partir de tal parâmetro é perceptível observar (Gráfico 3) que as amostras de água do açude municipal se encontram em desacordo, poderia melhorar se

fosse realizado algum tipo de tratamento antes do consumo dessa água pelas famílias abastecidas por essas comunidades.

Gráfico 3: Medidas de turbidez.



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Os valores elevados nas águas naturais do açude municipal podem estar relacionados à presença de materiais sólidos suspensos como detritos, de árvores mortas, vegetação na margem, erosão da barragem, tudo isso resulta no valor acima do máximo estabelecido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da saúde.

5.4 Determinação de sólidos totais dissolvidos totais

As concentrações de sólidos dissolvidos totais foram obtidas a partir do valor da condutividade elétrica encontrada para as amostras de águas dos poços e do açude municipal, foram obtidas através da Equação 1.

A tabela 6 apresenta os valores médios de sólidos dissolvidos totais. A estimativa de SDT através de sua relação com a condutividade elétrica tem sido proposta (OLIVEIRA et al., 2009; APHA, 1999; CASALI, 2008) como uma alternativa rápida e fácil para conhecer uma concentração relativa de sais presentes nas amostras de águas.

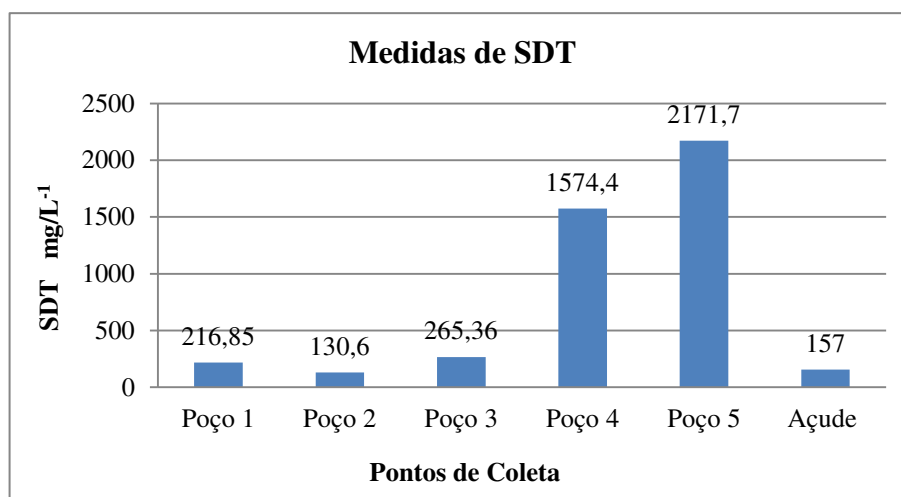
Casali (2008) afirma que, a água com excesso de sólidos dissolvidos totais se tornam implantável, devido à alteração no gosto, ocasionando problemas de corrosão nas tubulações, causa acúmulo de sais na corrente sanguínea e possibilita a formação de cálculos renais.

Tabela 6: Estimativa de sólidos dissolvidos totais das amostras.

Sólidos Dissolvidos Totais		
Pontos de coleta	Resultado em mg/L de SDT	VMP* 2.914/2011**
Poço 1	216,85	1000 mg/L
Poço 2	130,62	
Poço 3	265,34	
Poço 4	1574,4	
Poço 5	2171,7	
Açude	157,01	

*VMP=Valor Máximo Permitido;**Portaria Ministério da Saúde; Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Conforme o (Gráfico 4) podemos observar que as amostras de água do (Poço 4) e (Poço 5) se encontram em desacordo com os padrões estabelecidos pela Portaria 2.914/2011. A amostra do poço 5 foi a que obteve maior valor $2171,7 \text{ mg/L}^{-1}$, já para a amostra do poço 4 $1574,4 \text{ mg/L}^{-1}$.

Gráfico 4: Medidas de Sólidos Dissolvidos Totais.

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

5.5 Análise de cloretos

As titulações foram realizadas em triplicatas, onde foram calculadas as medias dos volumes de Nitrato de Prata utilizados nas titulações. Os cálculos para a determinação da concentração de cloreto presentes nas amostras de águas foram realizadas a partir dos

volumes de utilizados de AgNO_3 . Os valores médios de Cloretos podem ser observados na (Tabela 7):

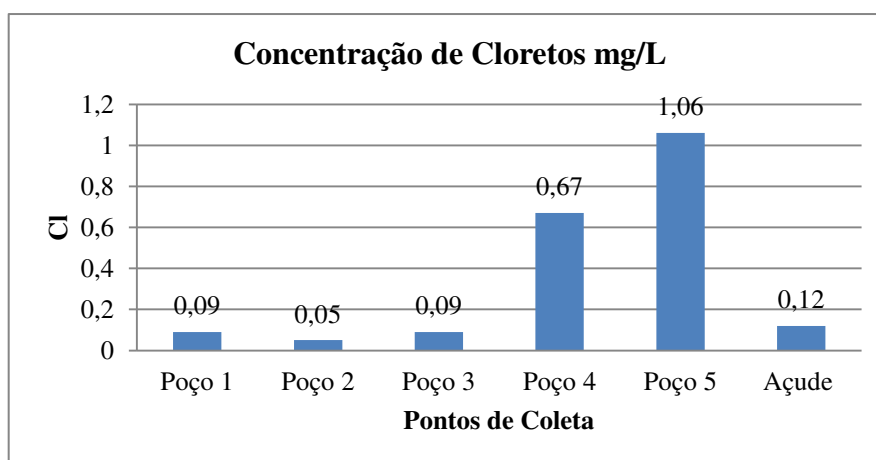
Tabela 7: Volumes gastos de AgNO_3 , cloretos das amostras e desvio padrão.

Pontos de coleta	Volumes gastos de AgNO_3 (mL)			Média dos valores	Resultado em mg/L de cloretos	Desvio padrão	VMP* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03				
Poço 1	2,8	2,6	2,5	2,6	0,09	0,16	250 mg/L
Poço 2	1,5	1,1	1,2	1,3	0,05	0,21	
Poço 3	2,7	2,8	2,7	2,7	0,09	0,06	
Poço 4	18,9	18,9	18,6	18,9	0,67	0,21	
Poço 5	30	29,9	29,9	29,9	1,06	0,07	
Açude	3,2	3,5	3,4	3,4	0,12	0,16	

*VMP=Valor Máximo Permitido; **Portaria Ministério da Saúde; Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

A concentração de cloretos está diretamente associada à alteração de gosto e, portanto, à aceitação para consumo. Além de conferir gosto salino às águas, teores elevados de cloretos podem interferir na coagulação durante o tratamento da água e como também aumentar o poder de corrosão da mesma. A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o teor de 250 mg/L como o valor máximo permitido para água potável. De acordo com os padrões de potabilidade, todas as águas estudadas compatíveis com este parâmetro (Gráfico 5). Observa-se que os valores de cloretos das amostras de águas estão variando entre 0,05 a 1,06 mg/L⁻¹.

Gráfico 5: Valores da Concentração de Cloretos das amostras.



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

5.6 Análise da dureza total

Com base na Tabela 8, as amostras de águas analisadas dos ((poços 1, 2,3) e do açude municipal) são classificadas como águas duras, pois apresentam valores de dureza entre 150 mg/L⁻¹ e 300 mg/L de CaCO₃, enquanto que as amostras dos poços 4 e 5 são consideradas águas muito duras, pois se encontram com valores maiores que 300 mg/L⁻¹ de CaCO₃.

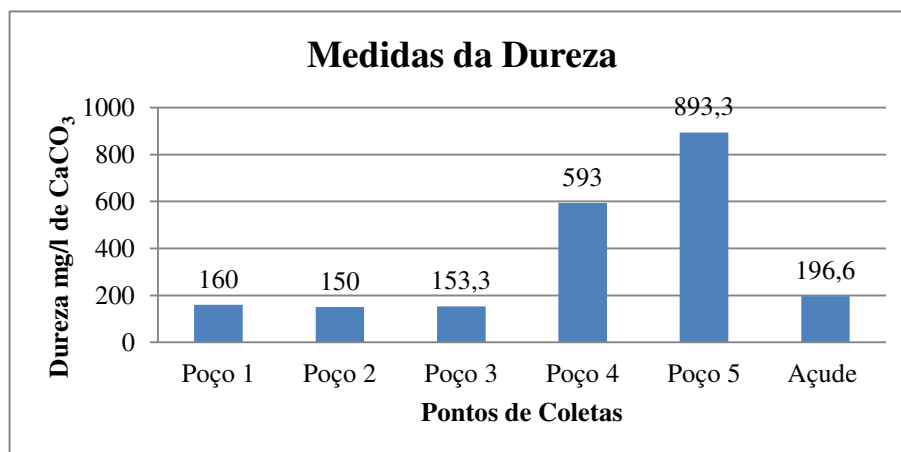
Tabela 8: Valores gastos de EDTA, dureza das amostras e desvio padrão.

Pontos de coleta	Volumes gastos de EDTA (mL)			Média dos valores	Resultado em mg/L da dureza	Desvio padrão	VMP* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03				
Poço 1	1,5	1,7	1,6	1,60	160,0	0,12	500 mg/L de CaCO₃
Poço 2	1,6	1,4	1,5	1,50	150,0	0,12	
Poço 3	1,5	1,6	1,5	1,53	153,3	0,06	
Poço 4	5,9	5,9	6,0	5,93	593,0	0,07	
Poço 5	8,9	9,0	8,9	8,93	893,3	0,06	
Açude	2,0	1,9	2,0	1,96	196,6	0,06	

*VMP=Valor Máximo Permitido;**Portaria Ministério da Saúde; Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que, para águas de abastecimento o padrão de potabilidade estabelece o limite de 500 mg/L CaCO₃. De acordo com os valores de dureza apresentadas na Tabela 11, apenas as amostras dos (Poço 4) e (Poço 5) se encontram em desacordo com os padrões de potabilidade permitidos pelo Ministério da Saúde. Conforme o Gráfico 6 observa-se que as águas dos (Poço 4) e (Poço 5) possuem valores bem mais elevado dos que as demais amostras.

Gráfico 6: Medidas da Dureza.



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

5.7 Análise da alcalinidade total

Conforme a Tabela 9, os valores encontrados para alcalinidade total das amostras de águas variaram entre 96,00 e 464,6 mg/L⁻¹ de CaCO₃. Segundo a Portaria 2.914/2011 o valor máximo permitido para este parâmetro esta na faixa de 30 a 500 mg/L de CaCO₃, estando portanto, todas as amostras estudadas encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde.

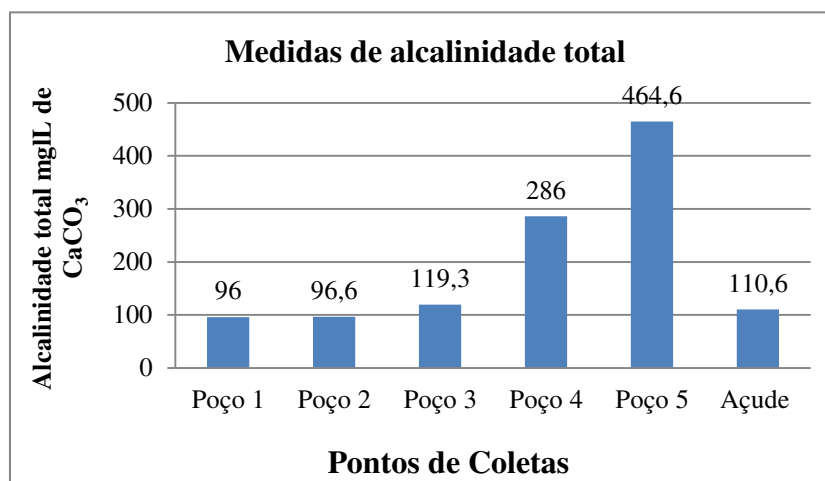
Tabela 9: Volumes gastos de H₂SO₄, alcalinidade e desvio padrão das amostras.

Pontos de coleta	Volumes gastos de H ₂ SO ₄ (ml)			Média dos valores	Resultado em mg/L de alcalinidade	Desvio padrão	VMP* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03				
Poço 1	4,7	4,9	4,8	4,80	96,00	0,10	30 a 500 mg/L de CaCO₃
Poço 2	4,8	4,9	4,8	4,83	96,60	0,06	
Poço 3	6,0	5,8	6,1	5,97	119,4	0,15	
Poço 4	14,3	14,2	14,4	14,3	286,6	0,10	
Poço 5	23,9	23,1	22,7	23,2	464,6	0,60	
Açude	5,6	5,5	5,5	5,53	110,6	0,06	

*VMP=Valor Máximo Permitido; **Portaria Ministério da Saúde; Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

De acordo com o gráfico 7 pode-se observar que houve diferenças bastante significativas nos resultados da alcalinidade total para as amostra de água. 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 (FERREIRA, 2012).

Gráfico 7: Medidas de Alcalinidade Total.



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

6. CONCLUSÃO

Após a realização deste estudo nas águas de poços artesianos e do açude municipal de Frei Martinho- PB observou-se que as propriedades físico-químicas analisadas das amostras dos poços artesianos em geral atendem aos padrões de potabilidade exigidos pelo Ministério da Saúde, pois apresentam concentrações dos valores estabelecidos pela portaria 2914/2011 para as medidas de pH, alcalinidade, turbidez, condutividade e cloreto, com exceção dos sólidos dissolvidos totais e dureza, que em alguns poços estão fora do estabelecido.

Portanto, considerando que as amostras das águas analisadas neste estudo tenham apresentado algumas características físico-químicas dentro do estabelecido, estas devem ser utilizadas para atividades em geral, pois para consumo humano é necessário um monitoramento e tratamento periódico de forma a averiguar a qualidade das águas, considerando também as análises microbiológicas. A pesquisa foi exitosa, por atingir seus principais objetivos, contribuindo de forma significativa para a comunidade acadêmica quanto para a população do Município de Frei Martinho-PB.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Otávio Álvares. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

AZEVEDO, Netto José M. **Tratamento de água. Tecnologia atualizada**. São Paulo, SP: Editor Edgard Blücher LTDA, 1991.

APHA. **Standard Methods of Examination of Water and Wastewater**, 20th Edition. American Public Health Association. 1999.

BACCAN, Nivaldo; ANDRADE, J. C.; GODINHO, O.E.S. **Química analítica quantitativa elementar**. São Paulo: Edgard Blucher, 1979.

BACCI, D. C.; PATACA, E. M. **Educação para a água. Estudos Avançados**, São Paulo, SP, v.22, n.63, 2008. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10302/11957>>. Acesso em: 01/12/2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado da Paraíba: Diagnóstico do município de Frei Martinho**, 2005. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/SOSS205.pdf>>. Acesso em: 24/11/2015.

BRASIL. Lei no. 9.433. de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília, 1997.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria n.º 2.914/2011, 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. Brasília: SVS, 2011.

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA n° 396**, de 3 de abril de 2008. Publicada no DOU n° 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68 Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_396.pdf>. Acessado em: 05/11/2016.

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA** n° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Publicada no DOU n° 053, de 18/03/2005, págs. 58-63 Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em< <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado em: 05/11/2016.

BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 75-108, 2008.

CABRAL, P. **Semiárido brasileiro 'ganhará um Alagoas' até 2070**. BBC- Brasília, 2012. Disponível em< http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2012/06/120615_seca_projecoes_pc.shtml>. Acessado em 02/03/2017.

CAPUCCI, E. et al. **Poços tubulares e outras captações de água subterrâneas: orientação aos usuários**. Rio de Janeiro: DRM - SEMADS, 2001 .

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

CORCÓVIA, J. A.; CELLIGOI, A. **Avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea no município de Ibiporã- PR**. Revista de Estudos Ambientais (Online),v. 14, n. 2, p. 39-48, 2012.

FILHO, J. L. A.; BARBOSA, M. C.; AZEVEDO, S. G.; CARVALHO, A. M. **O papel das águas subterrâneas como reserva estratégica de água e diretrizes para a sua gestão sustentável**. Revista Recursos Hídricos, São Paulo, SP, v.32, n. 2, 2011. Disponível em : <http://www.aprh.pt/rh/pdf/rh32_n2-5.pdf>. Acesso em: 23/12/2015.

FUNASA. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2014.

FREITAS, M. B. **Tratamento de água para consumo humano**. FIOCRUZ/ENSP- Departamento de Saneamento Ambiental. Rio de Janeiro, 2001.

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-comodeterminar.html>. Acesso em 06/01/2017.

FURTADO, D. A.; KONIG, A. **Gestão integrada dos recursos hídricos**. Campina Grande: Gráfica Agenda, 2008. 115p.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico e meio ambiente**. Ago. 2007. Disponível em <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acesso em: 11/12/2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. **Síntese das informações**. Disponível em <www.ibge.gov.br/cidade@>. Acesso em: 10/06/ 2016.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora átomo, 2010.

LIMA, W. S.; GARCIA, C. A. B. **Qualidade da Água em Ribeirópolis-SE: O Açude do Cajueiro e a Barragem do João Ferreira**. Scientia Plena. Aracaju, SE. v.4, n.12, 2008. Disponível: <<http://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/650/314>>. Acesso em: 10/02/2017.

MACÊDO, J. A. B. **Águas & Águas**. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2007.

OLIVEIRA, R. et al. **Relação entre Condutividade e Sólidos Totais Dissolvidos**. In: 20º Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental. Rio De Janeiro: [s.n], 2009.

PARRON, L. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Dados eletrônicos. –Colombo: Embrapa Florestas, 2001. Disponível em <<https://core.ac.uk/download/pdf/15440973.pdf>>. Acesso em 20/01/2017.

PORTO, M.F.A., PORTO, R.L. **Gestão de Bacias Hidrográficas, Estudos Avançados**, ISSN, São Paulo, 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004>. Acessado em: 22/01/2017.

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

TUCCI, C. E. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001.

VERIATO M. K. L. et al. **Água: escassez, crise e perspectivas para 2050**. Revista Verde (Pombal - PB - Brasil), VOL. 10. , Nº 5 (ESPECIAL), p. 17 - 22, Dez., 2015. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i5.3869>>. Acessado em: 20/01/2017.

ZERWES, C. M. et al. **Análise da qualidade da água de poços artesianos do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS.** *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 37 n.4 set-dez. 2015, p. 651-663.