



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE  
CAMPUS DE CUITÉ

**ESTUDO ANALÍTICO DE ÁGUAS DE POÇOS SUBTERRÂNEOS DA  
ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE PICUÍ – PB**

**CUITÉ – PB**

**2014**

ANA IZABELA GUEDES ARAÚJO

**ESTUDO ANALÍTICO DE ÁGUAS DE POÇOS SUBTERRÂNEOS DA  
ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE PICUÍ – 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.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dra. Denise Domingos da Silva

CUITÉ – PB

2014

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

A663e Araújo, Ana Izabela Guedes.

Estudo analítico de águas de poços subterrâneos da zona rural do município de Picuí - PB. / Ana Izabela Guedes Araújo – Cuité: CES, 2014.

55 fl.

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

Orientadora: Dra. Denise Domingos da Silva.

1. Poços subterrâneos. 2. Abastecimento. 3. Parâmetros. I.  
Título.

CDU 556

ANA IZABELA GUEDES ARAÚJO

**ESTUDO ANALÍTICO DE ÁGUAS DE POÇOS SUBTERRÂNEOS DA ZONA  
RURAL DO MUNICÍPIO DE PICUÍ – 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.

Aprovada em: 04/ 09/ 2014

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Denise Domingos da Silva (Orientadora)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Marta Maria da Conceição - UFPB

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Garcia Santos - UFCG/CES

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada. Aos meus pais, irmãos, meu filho David Gabriel, meu esposo e a toda minha família que, com muito carinho e apoio não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me dado força, coragem e os dons da sabedoria e da inteligência para que eu chegasse ao fim de mais um percurso longo e difícil, mas gratificante.

Aos meus pais Jonas Soares e Francisca Rosa que não mediram esforços para me apoiar e orientar durante toda a minha caminhada rumo á formação acadêmica.

Ao meu esposo Josival Oliveira pela a paciência, compreensão e apoio nas horas em que precisei de tempo disponível para a realização de meus trabalhos acadêmicos.

A meu irmão Isaias, que tem me apoiado desde minha aprovação no vestibular.

À Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Denise Domingos da Silva, pela orientação atenta e disponibilidade.

A todos os meus professores que foram mais que transmissores de conhecimento, foram amigos e orientadores para que eu tivesse uma melhor formação profissional.

A todos os meus amigos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui.

*“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.”*

*Paulo Freire*

## RESUMO

A água é um recurso essencial para a sobrevivência da espécie humana e tem influência direta sobre a saúde do ser humano, portanto, deve ser de boa qualidade para ser consumida. O crescimento e desenvolvimento das cidades trouxe como consequência uma perda muito grande da qualidade da mesma, seja pelo uso indevido ou pela falta de preservação. As águas subterrâneas no momento em que vivemos vêm-se constituindo uma importante alternativa para o abastecimento de comunidades urbanas e rurais, para uso agrícola, industrial, consumo e uso doméstico. O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade das águas de poços subterrâneos localizados na zona rural do Município de Picuí- PB. Para a execução desse trabalho, foram coletadas amostras de água de sete poços, para a realização das análises físico-químicas. Os parâmetros analisados foram: pH, turbidez, alcalinidade total, dureza, condutividade elétrica, cloretos e sólidos dissolvidos totais. Os resultados obtidos para as águas dos poços analisados em geral não atendem aos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, Portaria n° 2.914/2011, pois apresentaram uma grande variabilidade para as medidas de pH, sólidos dissolvidos totais, dureza, alcalinidade, turbidez, condutividade e cloreto. Para as medidas de pH dos 7 poços analisados, três apresentaram valores fora do estabelecido. Quanto à turbidez o poço P.02 apresentou valor igual a 5,67 NTU. A concentração de cloreto e dureza para o P.01 foi de 256,01 mg.L<sup>-1</sup> e 636,57 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente, onde se encontra acima do valor máximo permitido. A alcalinidade das amostras analisadas apresentaram valores entre 4,0 e 11,2 mg.L<sup>-1</sup>. Para as medidas de sólidos dissolvidos totais 5 poços apresentaram valores acima do estabelecido. Portanto as águas dos poços analisados encontram-se, na maioria dos parâmetros avaliados, fora do padrão de aceitabilidade para consumo humano.

**Palavras chaves:** parâmetros, poços subterrâneos, abastecimento.

## ABSTRACT

Water is an essential resource for the survival of the human species and has direct influence on the health of human beings, therefore, must be of good quality to be consumed. The growth and development of cities brought as a consequence a very large loss of quality of the same, either by improper use or lack of preservation. Groundwater at the time in which we live have come up constituting an important alternative for the supply of urban and rural communities, agricultural use, industrial, and household consumption. The aim of this study was to evaluate the quality of water from underground wells located in the rural municipality of Picuí- PB. To perform this work, samples from seven wells were collected for the realization of physicochemical analyzes. The parameters analyzed were: pH, turbidity, total alkalinity, hardness, conductivity, chlorides and total dissolved solids. The results obtained for the waters of the wells analyzed in general do not meet the standards set by the Ministry of Health, Ordinance No. 2914/2011, they presented a great variability for measurements of pH, total dissolved solids, hardness, alkalinity, turbidity, conductivity and chloride. For pH measurements of seven wells analyzed, three showed values outside the set. As for the well P.02 turbidity was equal to 5.67 NTU. The concentration of chloride and hardness for the P.01 was 256.01 mg L<sup>-1</sup> and 636.57 mg L<sup>-1</sup> respectively, which is above the maximum allowed. The alkalinity of samples showed values between 4.0 and 11.2 mg l<sup>-1</sup>. For measurements of total dissolved solids 5 wells had values above the established. So the waters of the wells are analyzed in most of the evaluated parameters outside the standard of acceptability for human consumption.

**Keywords:** Parameters, underground wells, supply.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Distribuição da água na terra.....	18
<b>Figura 02:</b> Ciclo hidrológico.....	19
<b>Figura 03:</b> Sistema de abastecimento de água.....	21
<b>Figura 04:</b> Principais fontes de poluição de origem urbana das águas subterrâneas	22
<b>Figura 05:</b> Município de Picuí-PB.....	25
<b>Figura 06:</b> Tipos de pontos de água cadastrados no município.....	25
<b>Figura 07:</b> Propriedade dos terrenos onde existem pontos de água.....	26
<b>Figura 08:</b> Situação dos poços cadastrados.....	26
<b>Figura 09:</b> Uso da água.....	27
<b>Figura 10:</b> Qualidade das águas subterrâneas do município.....	27
<b>Figura 11:</b> Estrutura do EDTA.....	28
<b>Figura 12:</b> Pontos de coleta na zona rural do município de Picuí-PB.....	31
<b>Figura 13:</b> pHmetro.....	33
<b>Figura 14:</b> Turbidímetro.....	33
<b>Figura 15:</b> Procedimento de determinação da dureza.....	35
<b>Figura 16:</b> Procedimento de determinação da alcalinidade.....	36
<b>Figura 17:</b> Condutivímetro.....	37
<b>Figura 18:</b> Ponto final da titulação de complexação.....	41
<b>Figura 19:</b> Formação de complexo cálcio – EDTA.....	41
<b>Figura 20:</b> Titulação com $\text{AgNO}_3$ 0,1 Mol/L.....	44
<b>Figura 21:</b> Ponto final da titulação de neutralização.....	46

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 01:</b> Pontos de coleta das amostras.....	31
<b>Tabela 02:</b> Medidas de pH das amostras.....	38
<b>Tabela 03:</b> Medidas de turbidez das amostras.....	39
<b>Tabela 04:</b> Classificação da dureza.....	42
<b>Tabela 05:</b> Concentração de dureza das amostras .....	42
<b>Tabela 06:</b> Concentração de cloreto para as amostras coletadas.....	45
<b>Tabela 07:</b> Alcalinidade das amostras coletadas.....	47
<b>Tabela 08:</b> Condutividade elétrica das amostras coletadas.....	49
<b>Tabela 09:</b> Concentração dos sólidos dissolvidos totais das amostras.....	50
<b>Tabela 10:</b> Classificação das águas.....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 01:</b> Medidas de pH/Desvio padrão das amostras.....	39
<b>Gráfico 02:</b> Medidas de turbidez/Desvio padrão das amostras.....	40
<b>Gráfico 03:</b> Representação da dureza/ Desvio padrão das amostras.....	43
<b>Gráfico 04:</b> Representação da concentração de cloretos/ Desvio padrão das amostras...	45
<b>Gráfico 05:</b> Valores da alcalinidade/ Desvio padrão das amostras.....	48
<b>Gráfico 06:</b> Condutividade elétrica/ Desvio padrão das amostras.....	49
<b>Gráfico 07:</b> Valores dos sólidos dissolvidos totais.....	51

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
2.1. Objetivo Geral.....	17
2.2. Objetivos específicos.....	17
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Água.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2. Classificação das águas.....</b>	<b>19</b>
3.2.1. Águas doces.....	19
3.2.2. Águas salinas.....	20
3.2.3. Águas salobras.....	20
<b>3.3. Elementos que compõem um sistema de abastecimento.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4. Usos múltiplos das águas.....</b>	<b>22</b>
<b>3.5. Principais fontes de poluição.....</b>	<b>22</b>
<b>3.6. Águas subterrâneas.....</b>	<b>23</b>
<b>3.7. Qualidade das águas subterrâneas.....</b>	<b>23</b>
<b>3.8. Uso das águas subterrâneas.....</b>	<b>24</b>
<b>3.9. Área em estudo.....</b>	<b>24</b>
<b>3.10. Caracterização dos poços cadastrados no município de Picuí-PB.....</b>	<b>25</b>
<b>3.11. Volumetria de complexação.....</b>	<b>27</b>
<b>3.12. Alcalinidade das águas naturais.....</b>	<b>29</b>
<b>3.13. Volumetria de neutralização.....</b>	<b>29</b>
<b>3.14. Volumetria de precipitação.....</b>	<b>30</b>
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1. Coleta das amostras.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2. Recipientes utilizados para a coleta das amostras.....</b>	<b>32</b>
<b>4.3. Procedimento para coleta das amostras.....</b>	<b>32</b>
<b>4.4. Análises físico-químicas.....</b>	<b>32</b>
4.4.1 Análises de pH.....	32
4.4.2. Análise da turbidez.....	33
4.4.3. Análise da dureza.....	34
4.4.4. Determinação de cloretos.....	35
4.4.5. Determinação da Alcalinidade.....	35

4.4.5.1. Preparo da solução de carbonato de sódio 0,02 mol/L.....	35
4.4.5.2. Padronização da solução de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	36
4.4.6 Condutividade elétrica.....	36
4.4.7 Sólidos Dissolvidos Totais.....	37
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>5.1. Medidas de pH das amostras.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2. Análise da turbidez.....</b>	<b>39</b>
<b>5.3. Dureza das amostras coletadas.....</b>	<b>40</b>
<b>5.4. Determinação dos cloretos.....</b>	<b>43</b>
<b>5.5. Alcalinidade.....</b>	<b>46</b>
<b>5.6. Condutividade Elétrica (CE).....</b>	<b>48</b>
<b>5.7. Sólido Dissolvidos Totais.....</b>	<b>50</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>

## 1. INTRODUÇÃO

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, PELICIONI, 2005).

O crescimento populacional aumenta significativamente, e em consequência a demanda por recursos naturais é proporcional a esse crescimento. Como consequência a água é o recurso que mais sofre alterações.

Aproximadamente 70% da superfície terrestre encontram-se coberta por água. No entanto, menos de 3% deste volume é de água doce, cuja maior parte está concentrada em geleiras, restando uma pequena porcentagem de águas superficiais para as atividades humanas. Segundo Borges (2009), a água tem sido utilizada de forma inadequada pela sociedade, causando problemas tanto no que se refere a sua qualidade quanto a sua quantidade.

A água subterrânea, além de ser um bem econômico, é considerada mundialmente uma fonte imprescindível de abastecimento para consumo humano, para as populações que não têm acesso à rede pública de abastecimento ou para aqueles que, tendo acesso a uma rede de abastecimento, têm o fornecimento com frequência irregular (FREITAS *et al.*, 2001).

A crescente demanda por recursos hídricos tem ocasionado uma degradação das águas em relação a sua quantidade e qualidade. A alteração das características físico-químicas da água pode ser relacionada aos grupos dos compostos orgânicos e inorgânicos, bem como a processos naturais e antropogênicos (MELO, 2010).

As águas superficiais e subterrâneas no Nordeste semiárido do Brasil são classificadas como águas de alta força iônica. Estas águas apresentam excesso de concentração de sal, de alta dureza e estão supersaturadas com carbonato de cálcio (CAVALCANTI; AGOSTINHO; NASCIMENTO, 2014).

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

A população da zona rural e urbana utiliza-se de poços como meio de abastecimento de água para consumo humano e também para outros fins. Portanto o presente trabalho visa desenvolver uma avaliação das propriedades físico-químicas de águas de poços

subterrâneos localizados na zona rural do município de Picuí- PB, por meio de coleta de amostras e análises físico-químicas, contribuindo para o bem estar e saúde da população.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Avaliar as propriedades físico-químicas de águas de poços subterrâneos localizados na zona rural do Município de Picuí- PB.

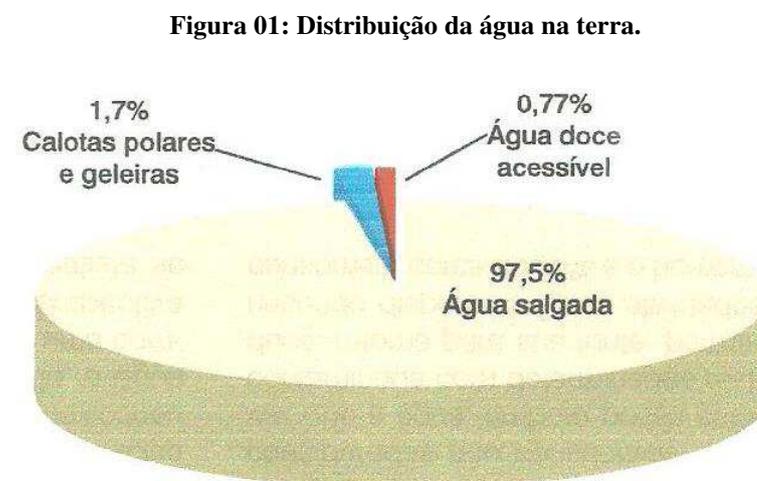
### 2.2. Objetivos específicos

- Analisar as propriedades físico-químicas de águas de poços subterrâneos;
- Medir o pH das amostras de águas;
- Determinar a turbidez observando a relação das diferenças entre poços subterrâneos;
- Analisar o índice de dureza das amostras coletadas por meio de métodos complexiométricos;
- Determinar o teor de cloretos das amostras de águas;
- Determinar a condutividade elétrica das amostras;
- Determinar os sólidos dissolvidos totais das amostras;
- Determinar o índice de alcalinidade por meio da titulometria de neutralização;

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Água

De toda água na natureza 97,5% é salgada (mares e oceanos), e o restante 2,5% é representada pelos rios, lagos e fontes subterrâneas, no entanto a maior parte desse percentual não tem aproveitamento direto, pois formam geleiras e lençóis profundos, onde a captação se torna economicamente inviável. Desse percentual aproveitável, cerca de 0,3%, a maior parte está poluída ou não oferece condições economicamente viáveis para tratamento como mostra a figura 01.



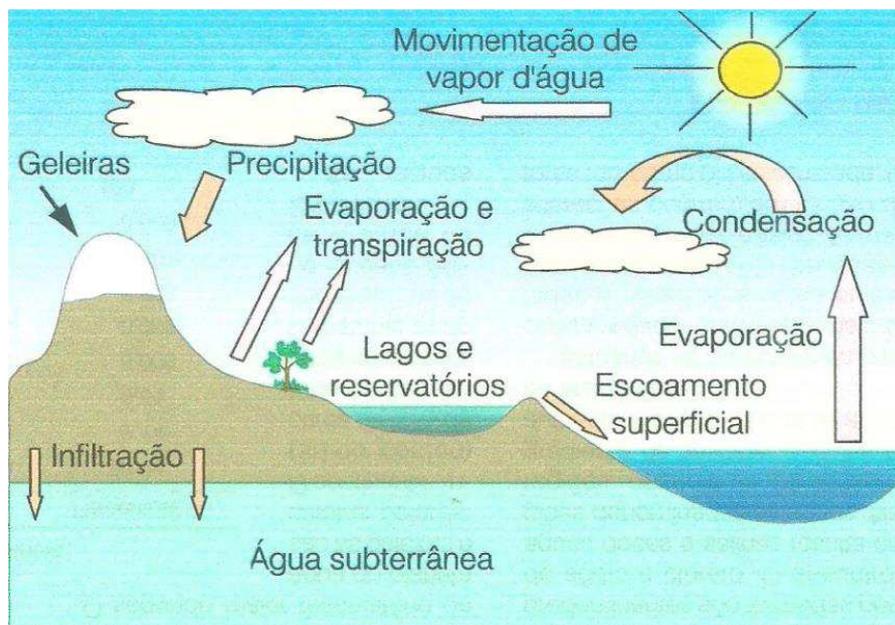
**Fonte: Grassi, 2001.**

O Brasil possui 8% da reserva de água doce do mundo. Desse total 80%, encontram-se na Região Amazônica, os 20% restantes distribuem-se nas demais regiões, onde está a grande maioria da população brasileira. (FREITAS *et al.*, 2001).

A água é uma substância encontrada na natureza nos três estados físicos: sólido, líquido e vapor. Todo organismo existente depende dela para sobreviver, sendo necessário para isto apresentar condições físicas e químicas adequadas, além de disponibilidade. Exigindo-se para tal, quantidade adequada em uma dada região e qualidade satisfatória para suprir as necessidades de determinado conjunto de seres vivos (MATHIAS *et al.*, 2010).

O ciclo hidrológico, ou ciclo da água, acontece através da evaporação das águas oceânicas e da precipitação, principalmente, é responsável pela reposição da água doce encontrada no planeta (GRASSI, 2001). A figura 02 mostra o ciclo hidrológico.

**Figura 02: Ciclo hidrológico.**



**Fonte: Grassi, 2001.**

Por efeito da radiação solar, as águas dos mares, rios e lagos evaporam-se e formam nuvens. Estas, ao encontrarem correntes frias de ar ou baixas pressões atmosféricas, condensam-se e precipitam-se sob a forma de chuvas, granizo ou neve. Da água precipitada, uma parte evapora-se antes mesmo de atingir o próprio solo ou serem interceptadas pelas folhas dos vegetais; outra parte escoam para os rios, lagos e mares; e, finalmente, outra parte infiltra-se no subsolo formando os reservatórios naturais de água subterrânea ou aquíferos (EGMONT *et al.*, 2001).

### 3.2. Classificação das águas

As águas no Brasil são classificadas em três categorias: doces, salinas e salobras. Essa classificação procura preservar a qualidade das águas a fim de assegurar os seus usos. Para enquadramento do corpo d'água em uma das classes listadas, o mesmo deve apresentar um nível de qualidade compatível com as condições exigidas para aquela classe, isto é, deverá obedecer aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução (FURTADO, KONIG, 2008).

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

### 3.2.1. 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 podem ser destinadas 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.

### 3.2.2. 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.

### 3.2.3. 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.

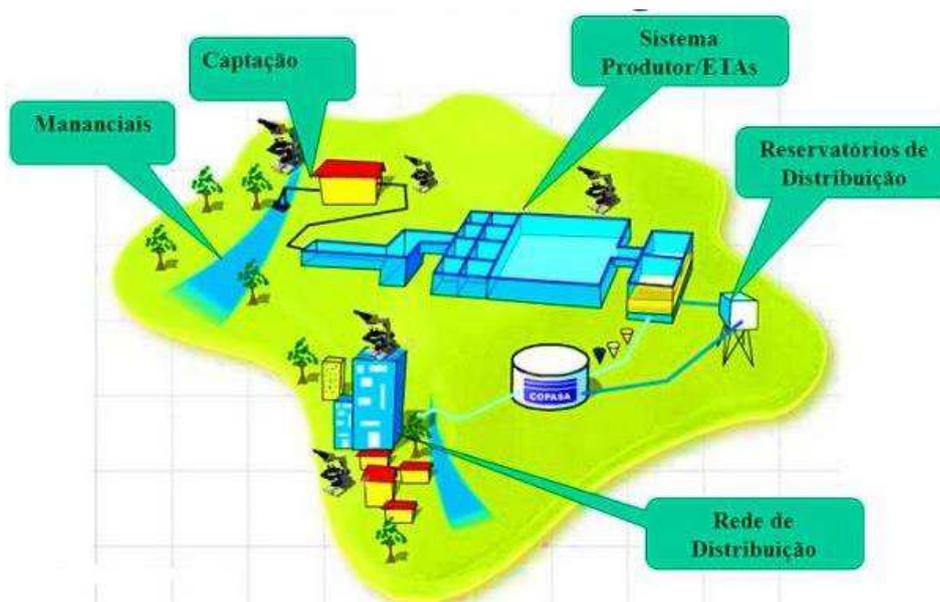
**Classe 3** – águas destinadas à navegação e a harmonia paisagística.

### 3.3. Elementos que compõem um sistema de abastecimento.

Um sistema de abastecimento (figura 03) pode ser constituído principalmente pelos seguintes itens:

- Uma fonte de abastecimento. Esta fonte pode ser um lago natural ou artificial, um rio, nascente ou poço;
- Um reservatório, de maneira que possa ser armazenada uma quantidade de água suficiente para abastecer a cidade em determinados períodos nos quais o consumo seja maior que a média diária;
- Um sistema de tubulação para conduzir a água de abastecimento até a cidade.
- Uma estação de tratamento, para a remoção das impurezas e ajustamento da referida qualidade para o consumo humano;
- Uma rede de distribuição, dotada de tubos através da qual a água pode chegar a todos os pontos da cidade.

Figura 03: Sistema de abastecimento de água.



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/366587/>

### 3.4. Usos múltiplos das águas

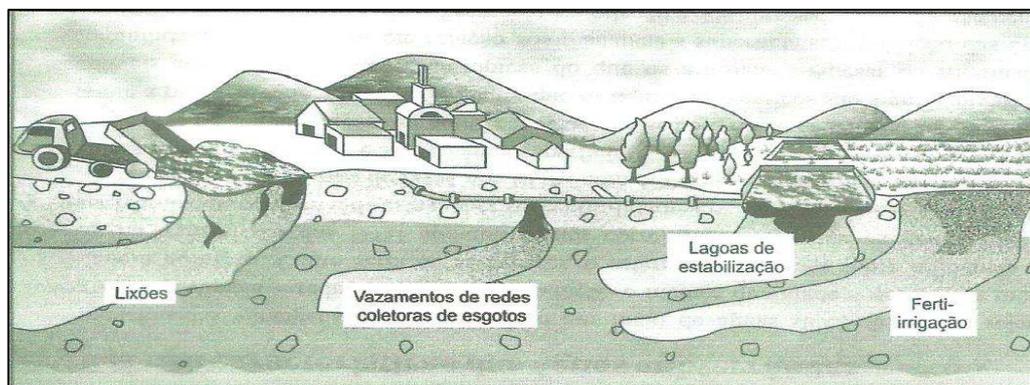
Segundo Philippi e Pelicioni (2005), nenhum recurso natural, com exceção talvez do ar, apresenta tantos usos legítimos quanto à água. A utilização da água tanto para as necessidades do homem como a preservação da vida pode ser englobada em grandes grupos:

- Abastecimento público;
- Abastecimento industrial;
- Atividades agropastoris incluindo a irrigação e a dessedentação de animais;
- Preservação da fauna e flora aquáticas;
- Recreação;
- Geração de energia elétrica;
- Navegação;
- Diluição e transporte de poluentes.

### 3.5. Principais fontes de poluição

De acordo com Furtado e König (2008), as causas da poluição das águas são cada vez mais evidentes e pertencem a três categorias: a primeira, devido ao alto grau de urbanização aliada à falta de ações de saneamento básico, particularmente aquelas relacionadas com a coleta e tratamento de lixo e esgotos domésticos; a segunda devido ao desenvolvimento da indústria e seus despejos complexos, com os mais variados poluentes; a terceira, ao aumento da produção agrícola que exige uma maior carga de fertilizantes inorgânicos e agrotóxicos diversos, os quais são transportados pelas águas, através do escoamento superficial chegando aos corpos hídricos. O resultado final de tudo isso é um alastramento da poluição não só em rios, riachos, lagos e ao longo das praias, mas também às águas subterrâneas, na figura 04 estão representadas as principais fontes de poluição.

**Figura 04: principais fontes de poluição de origem urbana das águas subterrâneas.**



**Fonte: Libânio, 2010.**

### 3.6. Águas subterrâneas

A água abaixo da superfície do solo pode ocorrer em duas zonas principais: zona de aeração (não saturada) e zona saturada. A primeira é ocupada parcialmente pela água e pelo ar, na qual ocorrem as principais interações entre os contaminantes e o solo, como uma zona de transição entre a poluição na superfície e nas águas subterrâneas. Na zona saturada, os poros do solo estão completamente preenchidos pela água formando os aquíferos, podendo até mesmo ocorrer pressões superiores à atmosférica (LIBÂNIO, 2010).

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 artesianos. As águas subterrâneas captadas através de poços profundos, geralmente, apresenta composição química com padrão definido e sem variações apreciáveis. Os poços são, em geral, mais protegidos dos agentes poluidores que afetam rapidamente as águas dos rios e outros mananciais de água de superfície (VAITSMAN, 2005).

### 3.7. Qualidade das águas subterrâneas

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).

Devido ao maior contato com os materiais geológicos, baixa velocidade de fluxo e maiores pressões e temperaturas, as águas subterrâneas são geralmente mais mineralizadas do que as águas superficiais. Pelas mesmas razões, possuem menores teores de matérias em suspensão e matéria orgânica, esta última devido à ação dos micro-organismos presentes no solo. Também, devido as suas condições de circulação, as águas subterrâneas tendem a possuir menor teor de oxigênio dissolvido do que as superficiais (AMBIENTE BRASIL, 2014).

As águas subterrâneas apresentam algumas propriedades que tornam seu uso mais vantajoso em relação ao das águas dos rios: são filtradas e purificadas naturalmente através da percolação, determinando excelente qualidade e dispensando tratamentos prévios; não ocupam espaço em superfície; sofrem menores influências nas variações climáticas; são passíveis de extração perto do local de uso; possuem temperatura constante; têm maior quantidade de reservas; necessitam de custos menores como fonte de água; as suas reservas e

captações não ocupam área superficial; apresentam grande proteção contra agentes poluidores (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2014).

Todavia, o emprego de águas subterrâneas com elevada dureza ou concentração de sais dissolvidos, que poderão conferir sabor e odor à água distribuída, poderá concorrer, quando o problema não é convenientemente sanado, para que a população acabe por rejeitar a água e abasteça-se em mananciais sanitariamente comprometidos (LIBÂNIO, 2010).

### **3.8. Uso das águas subterrâneas**

A exploração da água subterrânea está condicionada a fatores quantitativos, qualitativos e econômicos:

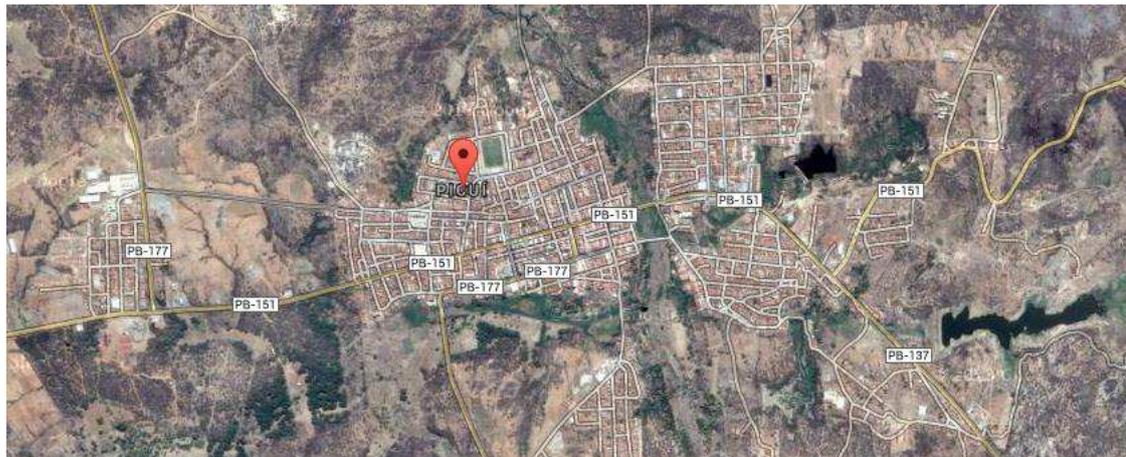
- Quantidade: intimamente ligada à condutividade hidráulica e ao de coeficiente de armazenamento dos terrenos. Os aquíferos têm diferentes taxas de recarga, alguns deles se recuperam lentamente e em outros a recuperação é mais regular;
- Qualidade: influenciada pela composição das rochas e condições climáticas e de renovação das águas;
- Econômico: depende da profundidade do aquífero e das condições de bombeamento.

Contudo, o aproveitamento das águas subterrâneas data de tempos antigos e sua evolução tem acompanhado a própria evolução da humanidade, sendo que o seu crescente uso se deve ao melhoramento das técnicas de construção de poços e dos métodos de bombeamento, permitindo a extração de água em volumes e profundidades cada vez maiores e possibilitando o suprimento de água às cidades, indústrias, projetos de irrigação, etc. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2014).

### **3.9. Área em estudo**

A área de estudo esta localizada na zona rural do Município de Picuí-PB (figura 05), localizada na mesorregião de Borborema. Os poços estão localizados nos sítios Lagoa do Canto, Novo Horizonte, Saco do Girão e Lagoa Cercada.

A população de Picuí segundo o IBGE/2010 é de 18.222 (Dezoito mil, duzentos e vinte e dois) pessoas. A área territorial do município, segundo o IBGE/2010, é de 661,658 km<sup>2</sup>, apresentando uma densidade demográfica de 27,54 hab/km<sup>2</sup>. Com 12.120 habitantes na área urbana e 6.102 habitantes na área rural, Picuí possui uma taxa de urbanização de 66,51%.

**Figura 05: Município de Picuí-PB.**

Fonte: Google Earth, 2014.

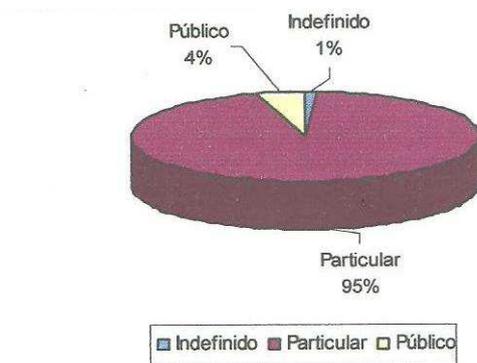
### 3.10. Caracterização dos poços cadastrados no município de Picuí-PB

Segundo o levantamento realizado pelo Ministério de Minas e Energia (2005) do município de Picuí-PB, registrou-se a existência de 89 pontos de água, sendo 01 poço escavado e 88 poços tubulares, figura 06.

**Figura 06: Tipos de pontos de água cadastrados no município.**

Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2005.

Com relação à propriedade onde estão localizados os pontos de água podemos ter terrenos públicos, quando atendem a toda a comunidade ou terrenos particulares, onde o uso é restrito ao proprietário. Conforme mostra figura 07, existem 04 pontos de água em terrenos públicos, 84 terrenos particulares e 01 não teve propriedade definida.

**Figura 07: Propriedade dos terrenos onde existem pontos de água.**

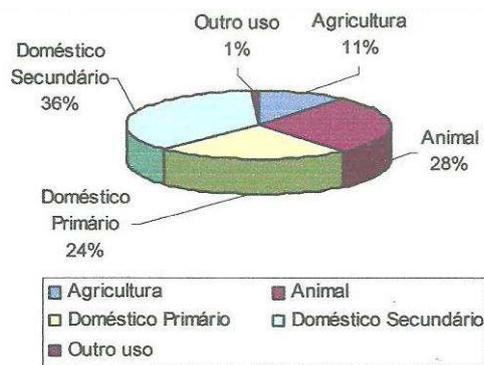
Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2005.

Segundo o Ministério de Minas e Energia quatro situações distintas foram identificadas na data da visita de campo: poços em operação, paralisados, não instalados e abandonados figura 08.

**Figura 08: Situação dos poços cadastrados.**

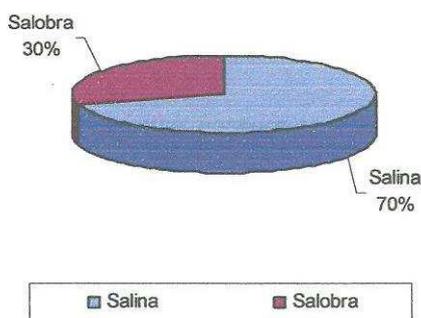
Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2005.

Em relação ao uso da água, 24% dos pontos cadastrados são destinados ao uso doméstico primário (água de consumo humano para beber); 36% são utilizadas pra o uso doméstico secundário (água de consumo humano para uso geral); 11% para agricultura; 0,1% para outros usos e 28% para dessedentação de animais, conforme a figura 09.

**Figura 09: Uso da água.**

Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2005.

Com relação à qualidade da água dos pontos cadastrados, foram realizadas *in loco* medidas de condutividade elétrica. Na maioria das águas subterrâneas naturais, a condutividade elétrica é multiplicada por um fator 0,65, que varia entre 0,55 a 0,75, gera uma boa estimativa dos sólidos totais dissolvidos na água conforme a figura 10 (MME, 2005).

**Figura 10: Qualidade das águas subterrâneas do município.**

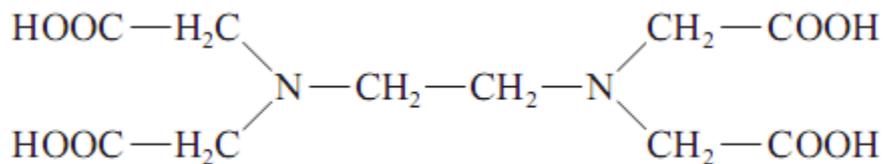
Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2005.

### 3.11. Volumetria de complexação

A volumetria de complexação ou complexometria baseia-se em reações entre íons metálicos e um ligante com formação de um complexo suficientemente estável.

O agente quelante utilizado nas titulações complexométricas é o EDTA (ácido etilenodiaminotetracético), sua fórmula estrutural apresenta seis sítios potenciais para a ligação de íons metálicos: quatro grupos carboxílicos e dois grupos amino, cada um dos últimos com um par de elétrons desemparelhados. Assim o EDTA é um ligante hexadentado, conforme ilustra a figura 11 (SKOOG *et al.*, 2008).

Figura 11: Estrutura do EDTA.



Fonte: SKOOG, *et al.*, 2008.

A solução aquosa de EDTA apresenta as espécies  $\text{H}_4\text{Y}$ ,  $\text{H}_3\text{Y}^-$ ,  $\text{H}_2\text{Y}^{2-}$ ,  $\text{HY}^{3-}$ , e  $\text{Y}^{4-}$ , sendo que a forma predominante depende do pH. O EDTA é um ácido fraco para o qual  $\text{pK}_1=2,0$ ;  $\text{pK}_2=2,7$ ;  $\text{pK}_3=6,2$ ;  $\text{pK}_4=10,3$ . Estes valores demonstram claramente que os dois primeiros prótons são mais facilmente ionizáveis do que os outros dois restantes. Este reagente possui uma grande versatilidade que provém da sua potência como agente complexante e da disponibilidade de numerosos indicadores íon-metal, cada um efetivo em um intervalo limitado de pH (MELO, 2011).

O EDTA tem uso em detergentes e xampus, pois se combina com cálcio e magnésio, evitando que se precipitem com o produto, como acontece com sabão, quando usado com águas ricas em cálcio e magnésio, sendo também utilizado para determinação da dureza da água em titulações de complexometria.

No entanto, existem muitos indicadores de compostos orgânicos recomendados para diferentes elementos ao serem titulados com EDTA ou complexantes similares, dentre eles o ério T, Calcon e a Murexida (purpurato de amônio). A murexida é considerado um bom indicador para a titulação de cálcio, que em meio a uma solução fortemente alcalina mostra uma cor violeta azulada e muda para vermelho violeta em pH abaixo de 9. Pela adição de íons cálcio a solução alcalina contendo a murexida forma uma cor salmão rósea, devido à presença do complexo cálcio murexida. Este quelato é menos estável do que aquele formado entre cálcio-EDTA.



As titulações de cálcio nas quais a murexida é usada são geralmente feitas com solução tampão alcalinas de NaOH (pH~10) para controle do pH. O ponto final consequentemente nessas condições não é muito satisfatório, mas sob um controle cuidadoso de iluminação e com experiência na observação na mudança de cor pode-se proporcionar resultados razoáveis.

Dessa forma, os métodos volumétricos apresentam praticidade e baixo custo para efetuar a análise, sendo utilizadas vidrarias básicas de laboratório, o que permite a detecção das espécies  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , associado ao uso do EDTA como principal complexante.

### 3.12. Alcalinidade das águas naturais

Nas águas de abastecimento podem ser encontradas pequenas quantidades de sais ou impurezas dissolvidas, porém apesar de mínimas estas são bastante significativas, e têm origem na dissolução ou intemperização das rochas e solos, estendendo-se a dissolução lenta do calcário, gesso e outros minerais. Assim a alcalinidade é definida como uma medida da capacidade de uma amostra de água para se comportar como uma base nas reações com prótons; e do ponto de vista operacional esta ainda pode ser compreendida como o número de mols de  $\text{H}^+$  requeridos para titular um litro de uma amostra de água até atingir o ponto final (BAIRD, 2002).

Segundo Melo (2011), águas com pH inferior a 7,0, podem em geral, apresentar alcalinidade, pois normalmente contém bicarbonatos. Dependendo do pH da água, podem ser encontrados os seguintes compostos:

- Valores de pH acima de 9,4: hidróxidos e carbonatos (alcalinidade cáustica);
- Valores de pH entre 8,3 e 9,4: carbonatos e bicarbonatos;
- Valores de pH entre 4,4 e 8,3: apenas bicarbonatos.

Para águas superficiais, a alcalinidade abaixo de 30 mg/L é considerada baixa e acima de 250 mg/L é considerada elevada. Valores médios para águas dos rios são de 100-150 mg/L. Para além do efeito de tampão, minimizando as variações de pH, a alcalinidade reduz a toxicidade dos metais pesados, formando complexos com estes (BERTOLO, 2006).

### 3.13. Volumetria de neutralização

As titulações de neutralização são bastante empregadas para determinar quantidade de ácidos e de bases. Um grande número de substâncias, chamadas indicadores de neutralização ou indicadores ácidos/bases, mudam de cor de acordo com a concentração de íons hidrogênios na solução. A característica principal destes indicadores é que a mudança de cor observada em meio ácido para a cor observada no meio básico não ocorre abruptamente, mas dentro de um pequeno intervalo de pH. Denominado faixa de viragem (VOGUEL, 2002).

Segundo Skoog, et al. (2008), as soluções padrão utilizadas nas titulações de neutralização são ácidas ou bases fortes porque essas substâncias reagem de forma mais completa com o analito do que as suas correlatas mais fracas, portanto, fornecem pontos finais mais nítidos. As soluções padrão de ácidos são preparadas por diluição de ácido clorídrico, perclórico ou sulfúrico concentrado.

Assim, as titulações de neutralização são utilizadas para determinar inumeráveis espécies inorgânicas, orgânicas e biológicas que possuem propriedades ácidas ou básicas inerentes. Igualmente importante, entretanto, são as muitas aplicações que envolvem a conversão de um analito em um ácido ou em uma base por meio de tratamento químico adequado, seguido pela titulação com um padrão de ácido ou base forte (SKOOG *et al.*, 2008).

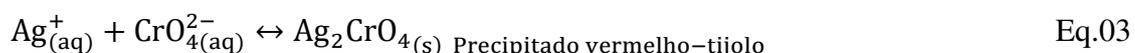
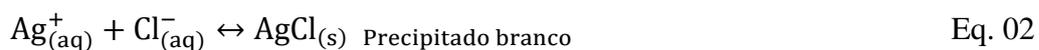
### 3.14. Volumetria de precipitação

Os métodos volumétricos que se baseiam na formação de um complexo pouco solúvel são chamados de titulações de precipitação. Essas titulações são usadas principalmente para determinação de haletos e de alguns íons metálicos (BACCAN *et al.*, 2001).

Segundo Skoog, et al. (2008), em razão da baixa velocidade de formação da maioria dos precipitados, existem poucos agentes precipitantes que podem ser usados em titulometria. O reagente precipitante mais utilizado é o nitrato de prata, que é empregado para a determinação dos haletos, ânions semelhantes aos haletos, mercaptanas, ácidos graxos e vários ânions inorgânicos bivalentes e trivalentes.

Os métodos volumétricos de precipitação, que empregam solução padrão de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) são chamados de métodos argentimétricos e são usados na determinação de haletos e de alguns íons metálicos. Para a determinação do ponto final, podemos utilizar três métodos: Método de Mohr, Método de Volhard e Método de Fajans.

A determinação de cloreto pelo método de Mohr envolve as seguintes equações (ROSA, *et al.*, 2013).



## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Coleta das amostras

As amostras foram coletadas e preservadas de acordo com as normas do guia nacional de coleta e preservação de amostras, 2011. As análises foram realizadas no laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental da UFCG campus Cuité-PB e seguiram metodologias recomendadas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1999). Todas as determinações foram realizadas em triplicata utilizando o valor médio, encontrado a partir dos dados obtidos. O processo de amostragem envolveu coletas de amostras de sete poços subterrâneos localizados na zona rural do município de Picuí-PB como mostra a figura 12, no período de abril e maio de 2014, conforme mostra a tabela 01.

**Tabela 01: pontos de coleta das amostras.**

Amostras	Local da coleta	Profundidade do poço em metros	Natureza do terreno
Poço 01	Sítio Lagoa do Canto	142	Particular
Poço 02	Sítio Novo Horizonte	18	Particular
Poço 03	Sítio Novo Horizonte	29	Particular
Poço 04	Sítio Novo Horizonte	29	Particular
Poço 05	Sítio Lagoa do Canto	33	Particular
Poço 06	Sítio Saco do Girau	29	Particular
Poço 07	Sítio Lagoa Cercada	40	Público

Fonte: Dados da pesquisa.

**Figura 12: pontos de coleta na zona rural do município de Picuí-PB.**



Fonte: Google Earth, 2014.

## 4.2 - Recipientes utilizados para a coleta das amostras

A limpeza dos frascos é de grande importância para impedir a introdução de contaminantes nas amostras e dessa forma evitar erros provenientes do processo de amostragem. Os recipientes para o armazenamento das amostras de água são garrafas de plásticos do tipo pet.

## 4.3. Procedimento para 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) Fechar e flambar a torneira;
- e) Abrir novamente a torneira e deixar escorrer por mais 2 ou 3 minutos;
- f) Coletar a amostra de água;
- g) Encher com pelo menos  $\frac{3}{4}$  de seu volume;
- h) Tampar o frasco, identifica-lo com endereço e a data da coleta;
- i) Marcar o frasco com número da amostra;
- j) Lacrar, identificar e enviar a amostra para o laboratório.

## 4.4. Análises físico-químicas

Para a determinação das propriedades físico-químicas da água foram realizados testes de pH, turbidez, condutividade, dureza e cloreto das amostras coletadas nos diferentes pontos.

Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros físico-químicos foram titulométricos. As titulações são amplamente usadas em química analítica para determinar ácidos, bases, oxidantes, redutores, íons metálicos, proteínas e muitas outras espécies (SKOOG *et al.*, 2008).

### 4.4.1. Análises de pH

Para as análises das amostras de água utilizou-se o potenciômetro (pHmetro) digital, pH 21/mV meter, da marca HANNA, modelo: pH 21 digital indicado na figura 13.

O aparelho foi ligado por um período de 15 minutos para a estabilização. Lavou-se o eletrodo várias vezes com água destilada e enxugou-o com papel absorvente macio, e em seguida realizou-se a calibração do equipamento com soluções de pH 4,0 e 7,0. Em seguida, lavou-se novamente o eletrodo para a realização das análises.

O procedimento de análise de pH foi realizado de forma similar ao processo de calibração, inserindo os eletrodos nos tubos de ensaio contendo as amostras, tomando o cuidado de lavá-los com água destilada e secá-los antes de inseri-los em cada tubo de ensaio.

**Figura 13: pHmetro.**



**Fonte: Dados da pesquisa.**

#### 4.4.2. Análise da turbidez

As medidas de turbidez das amostras foram realizadas por um turbidímetro modelo TB 1000, da marca Tecnopon indicado na Figura 14.

**Figura 14: Turbidímetro.**



**Fonte: Dados da Pesquisa.**

Na turbidimetria mede-se a intensidade do feixe de radiação luminosa que sofre espalhamento pelas partículas sólidas em suspensão. A cor da água interfere na medida da turbidez devido à absorção da radiação incidente.

### **Processo de Calibração**

Para iniciar a calibração retiraram-se as ampolas da embalagem de proteção, limpou-se o vidro para que ficasse livre de impurezas, tais como gordura ou sujeira que venham a interferir no valor padrão. Pressionou-se a tecla CAL até que mudou o display para calibração do equipamento. Inseriu-se a cubeta padrão 0,1 NTU e pressionou-se a tecla ok (tecla C), em seguida o aparelho deu sinal calibrando, que foi solicitando as outras cubetas (padrões prontos 0,01; 0,80; 80; 1000 NTU). Após o processo da calibração do turbidímetro, as amostras de água foram analisadas e desta forma determinada a sua turbidez.

### **Procedimento de determinação da turbidez**

A sequência a ser seguida é:

- 1- Ligar o turbidímetro;
- 2- Calibrar o aparelho com as amostras padrões, seguindo as instruções do mesmo;
- 3- Colocar 10 ml de amostra na cubeta;
- 4- Levantar a cubeta ao aparelho e examinar a amostra;
- 5- Fazer a leitura.

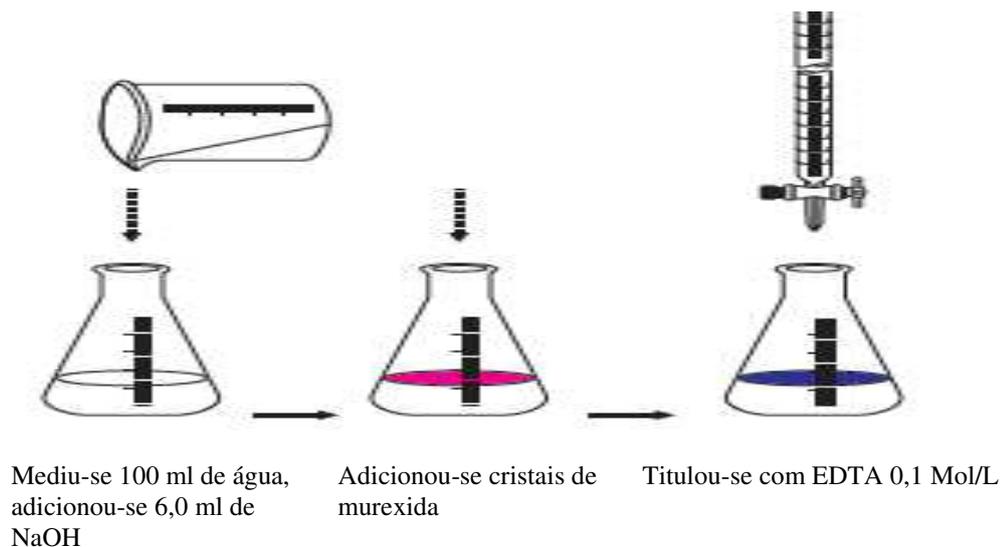
#### **4.4.3 Análise da dureza**

Para determinação da dureza total das amostras de água foi utilizado à volumetria de complexação. Foram realizadas titulações das amostras, com uma solução de EDTA numa concentração conhecida.

Para a determinação da dureza das amostras de água foi transferido 100 mL de água das amostras, adicionado 6 mL da solução de NaOH (0,5 Mol/L), adicionado cristais do indicador (Murexida). A titulação foi realizada com EDTA (0,1 Mol/L) até a presença de uma coloração violeta. Este procedimento foi realizado em triplicada para cada ponto de amostragem, afim de minimizar os erros provenientes da análise.

A figura 15 mostra o procedimento da determinação da dureza.

**Figura 15: Procedimento de determinação da dureza.**



#### 4.4.4. Determinação de cloretos

O teor de cloretos nas amostras de água analisadas será determinado por volumetria de precipitação, por uso de uma solução de nitrato de prata como titulante e cromato de potássio como indicador.

As titulações foram realizadas em triplicata. O procedimento foi realizado seguindo a sequência 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 ( $\text{AgNO}_3$ ) 0,1 mol/L até atingir o ponto de viragem;
- Anotou-se o volume gasto.

#### 4.4.5. Determinação da alcalinidade

##### 4.4.5.1. Preparo da solução de carbonato de sódio 0,02 mol/L

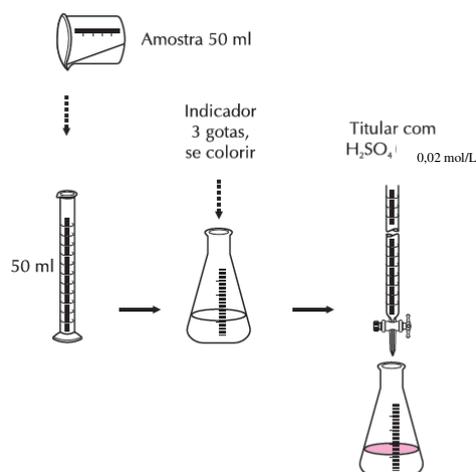
Para a preparação da solução de carbonato de sódio 0,02 mol/L, secou-se 1,52 gramas de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  grau padrão primário, a  $250^\circ\text{C}$  por quatro horas. A amostra foi resfriada no dessecador. Em seguida, pesou-se 1,06 g e dissolveu em 250 mL de água destilada e completou-se o volume para 1000 mL com água destilada em balão volumétrico.

#### 4.4.5.2. Padronização da solução de $\text{H}_2\text{SO}_4$

Colocou-se 50 mL de uma solução de carbonato de sódio 0,02 mol/L em um frasco de erlenmeyer de 250 mL e adicionou-se 5 gotas do indicador alaranjado de metila. Titulou-se com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,02 mol/L até a viragem do indicador para a leve coloração avermelhada. Anotou-se o volume do ácido gasto. Calculou-se a concentração correta.

A figura 16 mostra o procedimento da determinação da alcalinidade.

**Figura 16: procedimento de determinação da alcalinidade.**



**Fonte: FUNASA, 2009.**

A determinação da alcalinidade foi feita de acordo com os seguintes procedimentos:

- Mediu-se 50 mL da amostra de água e logo em seguida transferiu-se para um erlenmeyer;
- Adicionou-se 5 gotas do indicador alaranjado de metila;
- Realizou-se a titulação com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0,02 mol/L);
- Anotou-se o volume gasto de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para posteriores cálculos.

#### 4.4.6. Condutividade Elétrica

A condutividade foi medida em um condutivímetro mCA-150 marca Tecnopon conforme a figura 17, calibrado com uma solução padrão de cloreto de potássio  $146,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} \pm 0,5\%$  a temperatura de  $25^\circ\text{C}$  foi considerada padrão.

**Figura 17: Condutivímetro.**

**Fonte: Dados da pesquisa.**

#### 4.4.7. Sólidos Dissolvidos Totais

Os valores de sólidos dissolvidos totais (SDT) foram obtidos a partir dos valores de condutividade elétrica pela equação (04) (OLIVEIRA *et al.*, 2009; APHA, 1999; CASALI, 2008), tais valores são expressos em  $\text{mg.L}^{-1}$ .

$$\text{SDT (mg.L}^{-1}\text{)} = 0,64 \cdot \text{CE (}\mu\text{S.cm}^{-1}\text{)} \quad \text{Eq.04}$$

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Medidas de pH das amostras

O pH é um valor característico para soluções aquosas, que representa a sua acidez e alcalinidade. Os valores de pH encontrados para as amostras de água dos poços 05, 06 e 07 não apresentaram-se dentro dos padrões de potabilidade nacional (6,0 a 9,5), como mostra a tabela 2.

**Tabela 02: Medidas de pH das amostras.**

Pontos de coleta	Medidas de pH					VPM* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Média dos valores	Desvio padrão	
P.01	6,05	6,19	6,29	6,18	0,12	6,0 a 9,5
P.02	6,48	6,50	6,48	6,48	0,01	
P.03	6,56	6,60	6,61	6,59	0,02	
P.04	6,55	6,50	6,46	6,50	0,04	
P.05	5,74	5,86	5,96	5,85	0,11	
P.06	5,57	5,59	5,66	5,60	0,04	
P.07	5,96	5,95	5,95	5,95	0,01	

VPM\*(Valor máximo permitido); \*\*Portaria Ministério da Saúde.

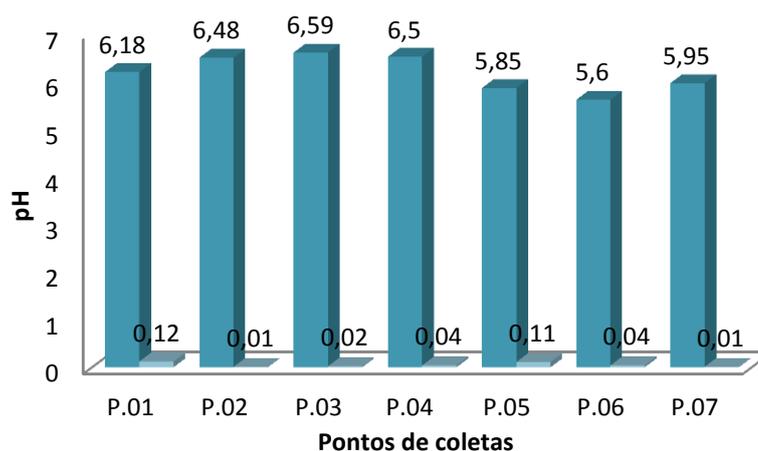
**Fonte: Dados da pesquisa.**

Segundo Parron, et al., (2011), praticamente todas as fases do tratamento de água e de efluentes, processos de neutralização, precipitação, coagulação, desinfecção e controle de corrosão dependem do valor do pH, que é utilizado na determinação de alcalinidade e do CO<sub>2</sub> e também no equilíbrio ácido-base. As águas naturais, frequentemente, possuem pH na faixa de 4 a 9, e a maioria é ligeiramente básica, devido à presença de bicarbonatos e carbonatos dos metais alcalinos e alcalinos terrosos.

As águas dos poços analisados apresentaram condições ácidas como mostra o gráfico 01, pois podem vir a ter contato com rochas calcárias. Segundo Macedo (2007), a acidez mineral é resultante da presença de resíduos industriais, materiais orgânicos sintéticos, pela ação oxidante das sulfobactérias ou pela hidrólise de sais minerais de metais.

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).

Gráfico 01: Medidas de pH/Desvio padrão.



Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com Silva e Araújo (2003), a acidez da água pode contribuir para a corrosão das estruturas das instalações hidráulicas, adicionado constituintes à água. As maiores alterações neste indicador são provocadas por despejos de origem industrial.

## 5.2. Análise da turbidez

A turbidez baseia-se na medida da intensidade da luz transmitida através de uma suspensão de partículas. A portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que o Valor Máximo Permitido seja de 1,0 NTU - Unidade de Turbidez, para água subterrânea desinfetada e água filtrada após tratamento completo ou filtração direta, e 5,0 NUT como padrão de aceitação para consumo humano (MS, 2004).

As análises de turbidez encontradas para as amostras de águas dos poços apresentam os seguintes valores indicados na tabela 03.

Tabela 03: Medidas de turbidez das amostras.

Pontos de coleta	Medidas de turbidez					VPM* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Média dos valores	Desvio padrão	
P.01	0,40 NTU	0,37 NTU	0,39 NTU	0,38 NTU	0,02	5,0 NTU
P.02	5,16 NTU	5,74 NTU	6,11 NTU	5,67 NTU	0,47	
P.03	0,86 NTU	0,82 NTU	1,18 NTU	0,95 NTU	0,19	
P.04	0,86 NTU	0,69 NTU	0,16 NTU	0,57 NTU	0,36	
P.05	0,13 NTU	0,58 NTU	0,49 NTU	0,40 NTU	0,23	
P.06	1,36 NTU	0,91 NTU	1,11 NTU	1,12 NTU	0,22	
P.07	1,81 NTU	1,94 NTU	1,59 NTU	1,78 NTU	0,17	

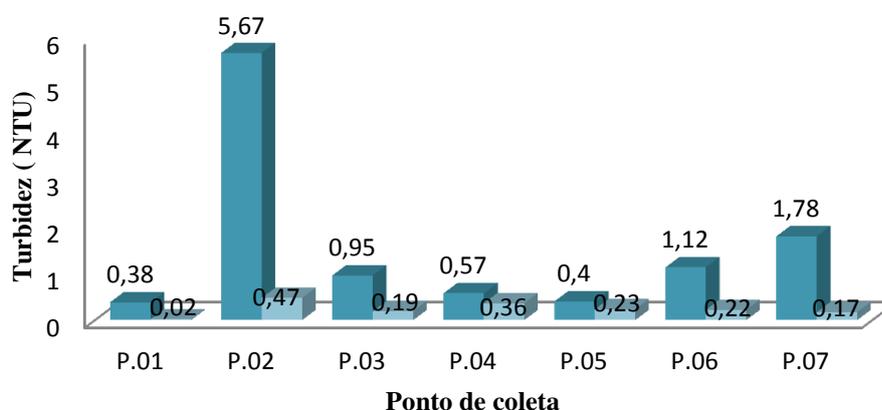
VPM\*(Valor máximo permitido); \*\*Portaria Ministério da Saúde.

Fonte: Dados da pesquisa.

Nas amostras analisadas o poço 02 não está dentro dos padrões estabelecidos pelo ministério da Saúde que é de até 5,0 NTU, entretanto houve uma variação significativa entre as amostras conforme mostra o gráfico 02.

Segundo Sperling (2005) o elevado teor de turbidez surge por matéria orgânica e inorgânica em suspensão o que pode servir de abrigo para microrganismos e diminuir a eficiência do tratamento químico ou físico da água. Embora estes valores sejam aceitáveis, muitos autores têm criticado, propondo que o limite seja abaixo de 1,0 NTU para que o tratamento da água tenha maior efeito (CASALI, 2008).

**Gráfico 02: Medidas de Turbidez/Desvio padrão.**



**Fonte: Dados da pesquisa.**

A turbidez tem sua importância no processo de tratamento da água. Água com turbidez elevada e dependendo de sua natureza, forma flocos pesados que decantam mais rapidamente do que água com baixa turbidez. Também tem suas desvantagens como no caso da desinfecção que pode ser dificultada pela proteção que pode dar aos microrganismos no contato direto com os desinfetantes. É um indicador sanitário e padrão de aceitação da água de consumo humano (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2009).

### **5.3. Dureza das amostras coletadas**

A dureza das amostras coletadas nos diferentes pontos pode ser determinada através da complexometria, as titulações foram realizadas em triplicata para cada ponto. Nas titulações complexométricas, podem ser utilizados vários tipos de indicadores. Neste trabalho foi utilizado o indicador murexida, que adicionado à solução ( $H_2O + NaOH$ ) obteve-se uma coloração rósea (figura 18).

Os complexos formados com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) são os mais comuns. A reação com o íon metálico pode ser genericamente representada pela equação 05 (ROSA, et al., 2013).



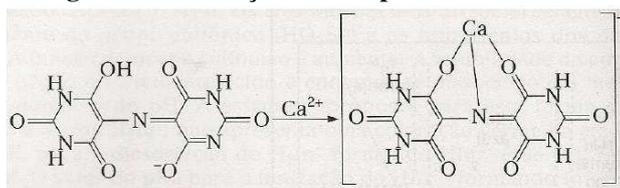
**Figura 18: Ponto final da titulação de complexação.**



Fonte: Dados da pesquisa.

A reação que ocorre no final da titulação com o EDTA e o íon de cálcio é representada pela figura 19.

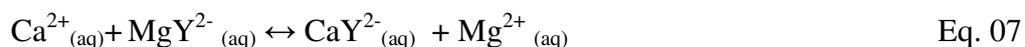
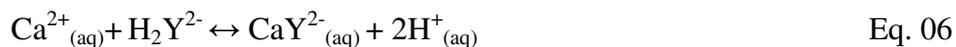
**Figura 19: Formação de Complexo cálcio-EDTA**



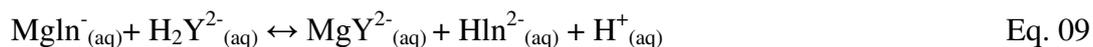
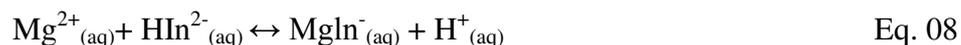
Fonte: BACCAN, et al., 2001.

Segundo Libânio (2010), a dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água, e se manifesta pela resistência à reação de saponificação. Esta característica química acaba por refletir a natureza geológica da bacia hidrográfica, sendo mais evidente nas regiões de formação calcária e menos significativa em zonas de terrenos arenosos ou argilosos.

Conforme o titulante  $H_2Y^{2-}$  for sendo adicionado ao analito, ele complexa com os íons  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  na amostra de água, para formar os respectivos íons complexos:



Entretanto, quando todos os íons cálcio tiverem sido complexados, os íons magnésio liberados novamente se combinam com o EDTA até que o ponto final seja observado.



A partir das equações balanceadas, fica evidente que uma vez que a concentração molar do  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$  é conhecida, os moles dos íons da dureza da água presentes podem ser calculados. A razão estequiométrica é 1:1. Neste sentido, a dureza da água pode ser calculada de acordo com a equação 10 (BACCAN *et al.*, 2001).

$$D = \frac{C_{\text{EDTA}} \cdot V_{\text{EDTA}} \cdot 100,09}{100\text{ml} \cdot 1000} \quad \text{Eq. 10}$$

Na tabela 04, mostra a classificação da dureza da água em partes por milhão de carbonato de cálcio.

**Tabela 04: Classificação da dureza.**

Dureza (ppm $\text{CaCO}_3$ )	Classificação
<15	Água muito mole
15 – 50	Água mole
50 – 100	Água de dureza média
100 – 200	Água dura
>200	Água muito dura

Fonte: MACÊDO, 2001.

Contudo, a portaria de número 2914/11 do Ministério da Saúde estabelece para a dureza da água o teor de 500 mg/L em termos de  $\text{CaCO}_3$  como valor máximo permitido para água potável (BRASIL, 2011).

Após as titulações obtiveram-se os seguintes resultados com mostra a tabela 05.

**Tabela 05: Concentração de dureza das amostras.**

Pontos de coleta	Volume gasto de EDTA (mL)			Valor médio dos volumes (mL)	Resultado mg/L de $\text{CaCO}_3$	Desvio padrão	VPM* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03				
P.01	6,3	6,6	6,2	6,36	636,57	0,20	500mg/L de $\text{CaCO}_3$
P.02	2,3	2,1	2,0	2,13	213,19	0,15	
P.03	1,4	1,4	1,4	1,4	140,12	0	
P.04	0,7	0,8	0,8	0,76	76,06	0,05	
P.05	2,8	2,3	2,9	2,66	266,23	0,32	
P.06	3,5	3,4	3,4	3,43	343,30	0,05	
P.07	1,1	1,0	1,1	1,06	106,09	0,05	

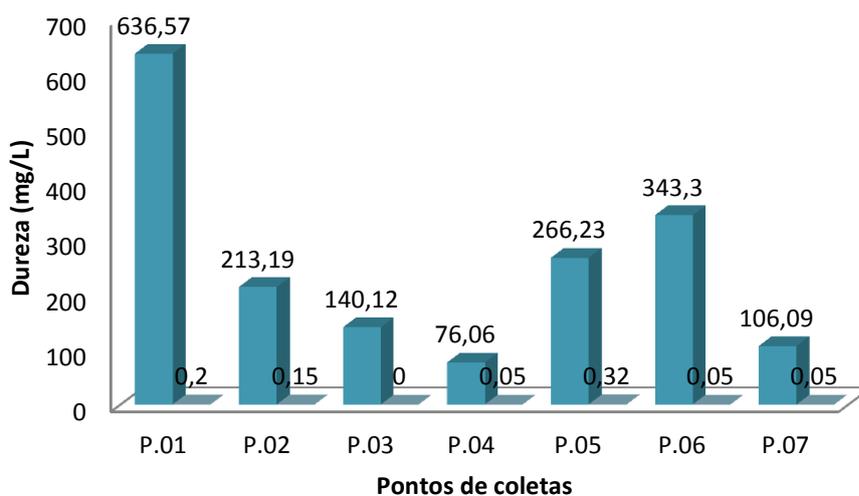
VPM\*(Valor máximo permitido); \*\*Portaria Ministério da Saúde.

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme mostra a tabela 05, percebe-se que apenas o ponto 04 possui uma dureza considerada moderada, o poço 01 apresenta uma dureza muito alta sendo imprópria para o consumo humano de acordo com a portaria n° 2914/11 do Ministério da Saúde. Os altos valores de dureza encontrados provavelmente se deve a profundidade do poço que é de 142 metros.

O gráfico 03 mostra a concentração de dureza para os seus respectivos pontos de coletas.

**Gráfico 03: representação da dureza/Desvio padrão.**



**Fonte: Dados da pesquisa.**

Os poços 03 e 07 são classificados como água dura, pois se encontram com valores entre 100 e 200 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . Com relação às águas dos demais poços, são classificadas como águas muito duras, tendo em vista que se encontram com dureza acima de 200 mg/L.

Segundo Libânio (2010), ainda não há comprovações científicas que relacione o consumo de água com maior teor de dureza ao aparecimento de pedras nos rins na população abastecida. Em contrapartida, há indícios de que as doenças cardiovasculares manifestam-se com menor intensidade em regiões nas quais a população abastece-se com águas de dureza mais acentuada.

#### **5.4. Determinação dos cloretos**

A volumetria de precipitação envolve a reação na qual forma-se um produto de baixa solubilidade. Para a determinação do cloreto nas amostras de água utilizou-se o método de Mohr. Na medida em que a titulação se processa, os íons cloretos reagem com a solução de

nitrate de prata formando dois precipitados, o cloreto de prata ( $\text{AgCl}$ ) e o cromato de prata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ).

Geralmente os cloretos estão presentes em água brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de  $\text{mg/L}$ . Estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar. Os métodos convencionais de tratamento de água não removem cloretos. A sua remoção pode ser feita por desmineralização (deionização) ou evaporação (FUNASA, 2009).

O padrão estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 é de  $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$  teor mínimo e  $250 \text{ mg.L}^{-1}$  valor máximo de cloreto para água potável. A identificação do ponto final da titulação pode ser detectada a partir da formação de um precipitado que apresenta a cor vermelho tijolo, como mostra a figura 20.

**Figura 20: Titulação com  $\text{AgNO}_3$   $0,1 \text{ Mol.L}^{-1}$**



**Fonte: Dados da pesquisa.**

As titulações foram feitas em triplicata e os cálculos para determinação da quantidade de cloreto presentes nas amostras de águas foram realizados a partir das médias dos volumes gastos  $\text{AgNO}_3$ .

Os desvios padrões das amostras de águas de poços foram realizados a partir da equação 11.

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{Eq. 11}$$

As análises de cloreto das amostras de água apresentaram os seguintes valores de acordo com a tabela 06.

**Tabela 06: Concentração de cloreto para as amostras coletadas.**

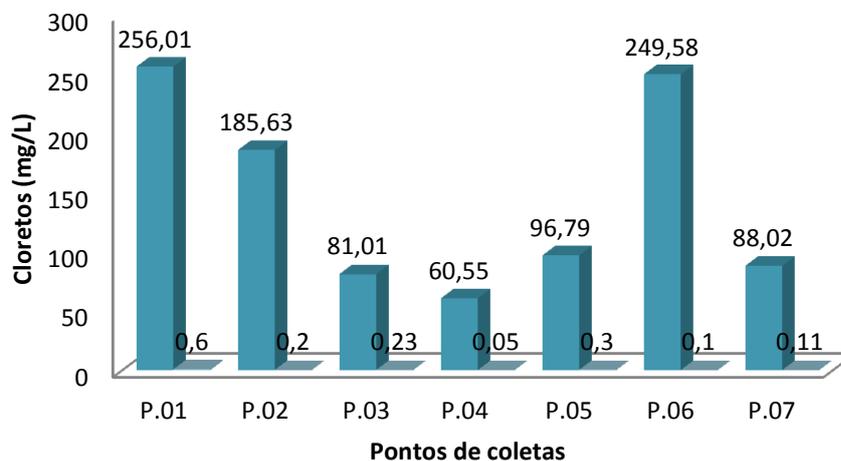
Pontos de coleta	Volume gasto de AgNO <sub>3</sub> (mL)				Resultado mg/L de cloretos	Desvio padrão	VPM* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Valor médio dos volumes (mL)			
P.01	43,5	43,4	44,5	43,8	256,01	0,60	250 mg/L
P.02	32	31,6	31,7	31,76	185,63	0,20	
P.03	13,6	14	14	13,86	81,01	0,23	
P.04	10,4	10,4	10,3	10,36	60,55	0,05	
P.05	16,9	16,5	16,3	16,56	96,79	0,30	
P.06	42,7	42,6	42,8	42,7	249,58	0,10	
P.07	15,2	15	15	15,06	88,02	0,11	

VPM\*(Valor máximo permitido); \*\*Portaria Ministério da Saúde.

**Fonte: Dados da pesquisa.**

De acordo com os valores explicitados na tabela 06, pode-se perceber que apenas o poço 01 está fora dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Segundo Macêdo (2009), elevadas concentrações de cloreto confere a água um sabor desagradável com características de água salobra. A água natural já se caracteriza como salobra e é constatado pelos elevados teores de cloreto o que pode ser justificado pela localização do aquífero em meio rochoso. Pode ainda provocar reações fisiológicas em seres humanos.

No gráfico 04 estão representadas todas as medidas obtidas nos diferentes pontos de amostragem.

**Gráfico 04: Representação da concentração de cloretos/Desvio padrão das amostras.**

**Fonte: Dados da pesquisa.**

## 5.5. Alcalinidade

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

A medida da alcalinidade é de fundamental importância para o processo de tratamento de água, pois é em função do seu teor que se estabelece a dosagem dos produtos químicos a serem utilizados.

A alcalinidade (mais propriamente chamada de alcalinidade total) é o número de mols de  $H^+$  requerido para titular um litro de uma amostra de água até atingir o ponto final. Para uma solução contendo íons carbonato e bicarbonato, assim como  $OH^-$  e  $H^+$  por definição (BAIRD, 2002).

$$\text{Alcalinidade total} = 2[CO_3^{2-}] + [HCO_3] + [OH^-] + [H^+] \quad \text{Eq. 12}$$

O teor de alcalinidade pode ser determinado pela titulação de neutralização, realizada em triplicada para cada ponto das amostras coletadas. Neste estudo, foi utilizado como indicador o alaranjado de metila, o qual determina a alcalinidade total como mostra a figura 21. O alaranjado de metila não muda de cor até que a solução seja levemente ácida ( $pH = 4$ ); sob tais condições, não apenas todo íon carbonato da amostra foi transformado em bicarbonato, mas certamente todo íon bicarbonato foi transformado em ácido carbônico (BAIRD, 2002).

**Figura 21: ponto final da titulação de neutralização**



**Fonte: Dados da pesquisa.**

Após a titulação de neutralização, obtiveram-se os seguintes valores mostrados na tabela 07.

**Tabela 07: Alcalinidade das amostras coletadas.**

Pontos de coleta	Volume gasto de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (mL)				Resultado mg/L de CaCO <sub>3</sub>	Desvio padrão	VPM* 2.914/2011**
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Valor médio dos volumes (ml)			
P.01	0,6	0,5	0,6	0,56	11,2	0,05	Não especificado
P.02	0,5	0,4	0,4	0,43	8,6	0,05	
P.03	0,3	0,3	0,2	0,26	5,2	0,05	
P.04	0,2	0,2	0,2	0,2	4,0	0	
P.05	0,3	0,3	0,4	0,33	6,6	0,05	
P.06	0,3	0,3	0,3	0,3	6,0	0	
P.07	0,3	0,4	0,3	0,33	6,6	0,05	

VPM\*(Valor máximo permitido); \*\*Portaria Ministério da Saúde.

**Fonte: Dados da pesquisa.**

Os valores obtidos na tabela acima foram calculados através da seguinte equação 13 (FUNASA, 2009).

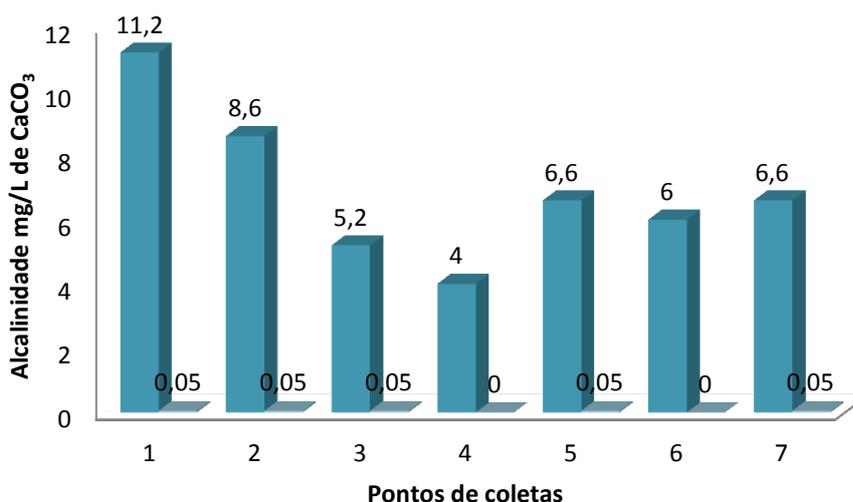
$$\text{Alcalinidade total em mg/L de CaCO}_3 = V_{\text{gasto}} \times 20 \quad \text{Eq. 13}$$

A maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, raramente excedendo a 500mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Valores elevados de alcalinidade estão associados a processos de decomposição da matéria orgânica e à alta taxa respiratória de micro-organismos, com liberação e dissolução do gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na água. Valores superiores a 500mg/L de CaCO<sub>3</sub> geralmente não são encontrados no Brasil (FERREIRA, 2012).

Segundo Ferreira (2012), águas de baixa alcalinidade (menor que 24 mg/L de CaCO<sub>3</sub>) apresentam baixa capacidade de tamponamento e, assim são susceptíveis às mudanças no pH, portanto apresentam pH mais baixos.

De acordo com os dados apresentados no gráfico 05, pode-se considerar que todas as amostras de água analisadas apresentam dentro dos valores da portaria n° 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Gráfico 05: Valores da alcalinidade/Desvio padrão das amostras.



Fonte: Dados da pesquisa.

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

### 5.6. Condutividade elétrica (CE)

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna de água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes (MORAES, 2008).

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. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta (MORAES, 2008).

Na tabela 08 estão representados os valores de condutividade obtidos para todos pontos .

**Tabela 08: Condutividade elétrica das amostras coletadas.**

Pontos de coleta	Condutividade Elétrica ( mS/cm)					VPM* 2.914/2011**
	Amostra 01 (mS/cm)	Amostra 02 (mS/cm)	Amostra 03 (mS/cm)	Média dos valores (mS/cm)	Desvio padrão	
P.01	4,47	4,52	4,61	4,53	0,07	Não especificado
P.02	2,40	2,43	2,40	2,41	0,01	
P.03	1,57	1,58	1,56	1,57	0,01	
P.04	1,17	1,18	1,16	1,17	0,01	
P.05	1,78	1,75	1,75	1,76	0,01	
P.06	4,26	4,23	4,21	4,23	0,02	
P.07	1,54	1,52	1,51	1,52	0,01	

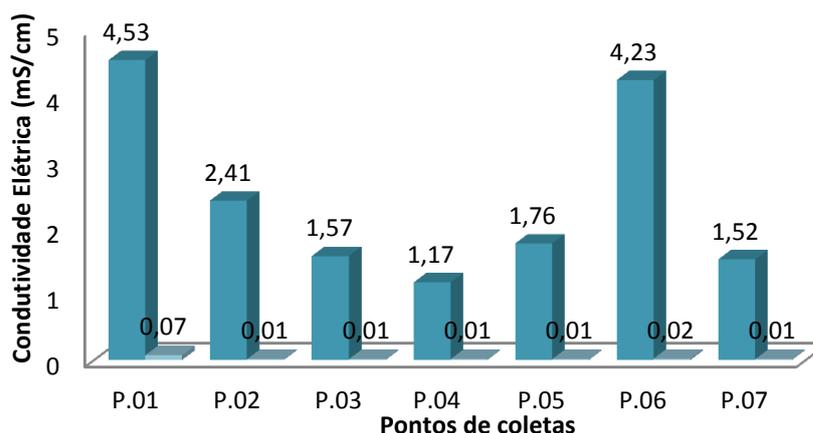
VPM\*(Valor máximo permitido); \*\*Portaria Ministério da Saúde.

**Fonte: Dados da pesquisa.**

As águas dos poços encontram-se com uma condutividade elétrica muito acima de  $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  como observa-se no gráfico 06. De acordo com Libânio (2010), períodos longos de estiagem, em regiões de maior insolação, favorecem o aumento da salinidade e da condutividade elétrica.

Para Sampaio *et al.* (2007), a condutividade elétrica é a variável mais empregada para se avaliar o nível de salinidade, ou a concentração de sais solúveis na águas de irrigação e no solo. Esta medida cresce proporcionalmente à medida em que a concentração de sais aumenta.

De acordo com Veríssimo e Feitosa (2002), foi observado que em águas de poços localizados em terrenos de rochas do tipo quartzito, mármore e ortognaisse apresentam valores superiores a  $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ , enquanto nos poços situados em locais de rocha paragnaisse e granitóide, os valores crescem a partir de  $350 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

**Gráfico 06: Condutividade Elétrica/Desvio padrão das amostras**

**Fonte: Dados da pesquisa.**

Esse parâmetro não representa um problema para a saúde humana, porém, a partir do seu valor pode ser calculada a concentração de sólidos dissolvidos totais, e este é um problema, pois a água com excesso de SDT se torna imprópria devido à alterações no gosto,

ocasionando problemas de corrosão de tubulações e o seu consumo pode causar o acúmulo de sais na corrente sanguínea e possibilita a formação de cálculos renais (CASALI, 2008).

### 5.7. Sólidos Dissolvidos Totais

A estimativa de Sólidos Dissolvidos Totais através de sua relação com a condutividade elétrica tem sido proposta (OLIVEIRA *et al.*, 2009; AHPA, 1999) como uma alternativa rápida e fácil para conhecer uma concentração relativa de sais presentes nas amostras de águas. No entanto, a multiplicação da CE por 0,64 só é recomendada para águas com condutividade elétrica inferior a 5.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (CASALI, 2008). Essa determinação só é possível devido ao fato que a condutividade elétrica é proporcional ao teor de sais e aumenta na mesma medida.

A tabela 09 mostra os valores obtidos para os sólidos dissolvidos totais.

**Tabela 09: Concentração dos sólidos dissolvidos totais das amostras.**

<b>Sólidos Dissolvidos Totais</b>		
<b>Pontos de coleta</b>	<b>Resultado mg/L de SDT</b>	<b>VPM* 2.914/2011**</b>
<b>P.01</b>	2901,33	
<b>P.02</b>	1542,40	
<b>P.03</b>	1009,06	
<b>P.04</b>	751,78	1000mg/L
<b>P.05</b>	1129,38	
<b>P.06</b>	2709,33	
<b>P.07</b>	978,98	

VPM\*(Valor máximo permitido); \*\*Portaria Ministério da Saúde.

**Fonte: Dados da pesquisa.**

Segundo a portaria da FUNASA (2009), que estabelece os padrões de potabilidade da água para consumo humano, o valor permitido para os sólidos dissolvidos (SDT) é de 1000 mg/L. Teores elevados deste parâmetro indicam que a água tem sabor desagradável, podendo causar problemas digestivos principalmente em crianças e danifica as redes de distribuição de água.

Para efeito de classificação das águas dos pontos analisados, foram considerados os seguintes intervalos de Sólidos Dissolvidos Totais (tabela 10).

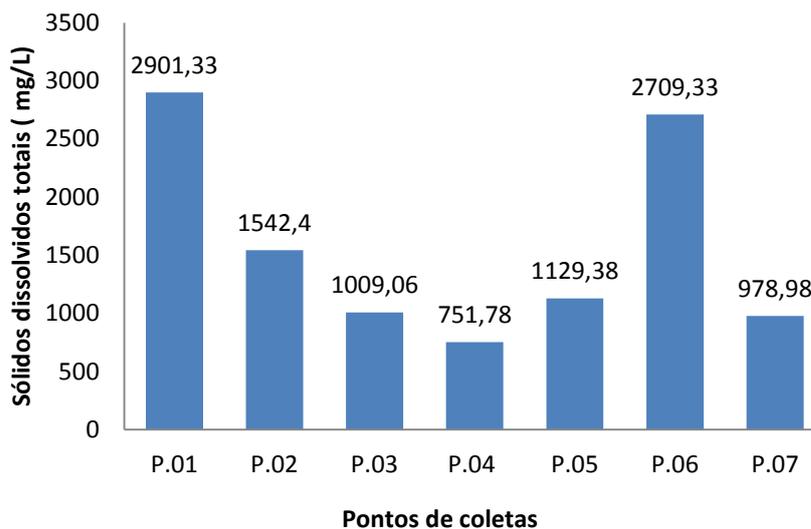
**Tabela 10: Classificação das águas**

<b>Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)</b>	<b>Classificação</b>
<b>0 a 500 mg/L</b>	Água Doce
<b>501 a 1.500 mg/L</b>	Água Salobra
<b>&gt;1.500</b>	Água Salgada

**Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2005.**

Apenas os poços 07 e 04 estão dentro dos padrões estabelecido pela portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, os demais encontram-se com valores superiores ao permitido como mostra o gráfico 07. Segundo Cassali (2008), isso 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.

**Gráfico 07: Valores dos sólidos Dissolvidos Totais**



**Fonte: Dados da pesquisa.**

As fontes primárias de Sólidos Dissolvidos Totais em águas receptoras são agrícolas e residenciais, de lixiviados de contaminação do solo e de fontes pontuais de descarga de poluição das águas industriais ou estações de tratamento de esgoto (FUNASA, 2009).

## 6. CONCLUSÕES

As águas dos poços analisados em geral não atendem aos padrões de potabilidade, pois apresentaram concentrações fora dos valores estabelecido pelo Ministério da Saúde portaria nº 2914/2011 para as medidas de pH, sólidos dissolvidos totais, dureza, alcalinidade, turbidez, condutividade e cloreto. Desta forma deve-se atentar para o uso destas águas para consumo humano. A contaminação das águas subterrâneas relaciona-se com diversos fatores, especialmente o tipo de solo (considerando o tipo de rocha) e a profundidade.

A caracterização das condições das águas indica que muitos moradores ainda desconhecem sobre medidas essenciais para a manutenção da qualidade dessas águas de poços, e que práticas difundidas pelo conhecimento popular são realizadas na comunidade. Isso demonstra à necessidade de campanhas educativas para melhorar o conhecimento da população, especialmente em regiões extremamente carentes. Uma vez que a ausência de tratamento da água favorece o alto nível de contaminação, são necessárias análises microbiológicas para determinar a concentração de coliformes (totais e fecais), pois esse parâmetro é de suma importância para definição de sua potabilidade.

A pesquisa apresentou resultados interessantes por ser voltada a uma área pouco estudada. Contudo deve haver um melhor monitoramento do sistema de tratamento dessas águas, realizando análises periódicas por meio de agentes comunitários e mapeamento de pontos analisados.

## 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.

AMBIENTE BRASIL. **Qualidade das Águas Subterrâneas**. Disponível em: [http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/aguas\\_subterraneas/qualidade\\_das\\_aguas\\_subterraneas.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/aguas_subterraneas/qualidade_das_aguas_subterraneas.html). Acesso em 15 de julho de 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRANEAS. Disponível em: [www.abas.org/educacao.php](http://www.abas.org/educacao.php), acesso em 02/06/2014.

BACCAN, 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.

BERTOLO, E. J. P. **Aproveitamento da água das chuvas em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, 2006. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/IV-056.pdf>, acessado em 30/06/14.

BORGES, L. B. **Avaliação da Qualidade da Água do Corrêgo Samambaia, Goiânia/ GO**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, UEGO, 2009. Disponível em: [http://www.unucet.ueg.br/biblioteca/arquivos/Dissertacao\\_Lucas\\_Bernardes\\_Borges.pdf](http://www.unucet.ueg.br/biblioteca/arquivos/Dissertacao_Lucas_Bernardes_Borges.pdf). Acessado em 26/06/14.

BRANDÃO, et al.; **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos** / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. Brasília: Funasa, 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. Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 2ª ed. Ver, 2009.

BRASIL. 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, Jan. 2012. Seção 1, p 43.

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.

CAVALCANTI, B.F.; AGOSTINHO, L.C.L.; NASCIMENTO, L. **Determination of Alkalinity and dissociation constants of high salinity waters: use of F5BC titration function.** Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/eq/v35n2/v35n2a09.pdf>, acessado em 30/06/14.

EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A.E. **Standard Methods for the examination of Water and Wasterwater**, American Public Health Association, Washington, 1999.

EGMONT, et al.; **Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas: orientação aos usuários**, Rio de Janeiro: SEMADS 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-como-determinar.html>. Acesso em 15 de julho de 2014.

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

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual Prático de Análise de Água.** Brasília, 2009.

FURTADO, Demerval de Araújo; KONIG, Annemarie. **Gestão Integrada de recursos Hídricos.** Campina Grande: Gráfica Agenda, 2008. 115p. il.

GRASSI, Marco Tadeu. As águas do planeta terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola Edição especial**, maio 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>. Acesso em: 26/06/14.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010. **Cidades.** Disponível em: <http://www.ibge.gov/cidadesat/topwindow.html>. Acessado em 22/07/2014.

LIBÂNIO, M. **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.

MATHIAS, D. A. et al. Diagnóstico de águas minerais no município de Águas de Lindóia, São Paulo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 4, p. 003-019, out. /dez. 2010.

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.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Diagnóstico do Município de Picuí-PB.** Recife, 2005.

MORAES, Perterson B. **Curso Superior e tecnologia em saneamento ambiental. CESET/UNICAMP, 2008.** Disponível em: [http://webensino.unicamp.br/disciplinas/ST502293205/apoio/2/Resumo\\_caracteriza\\_\\_o\\_de\\_e\\_fluentes\\_continua\\_\\_o.pdf](http://webensino.unicamp.br/disciplinas/ST502293205/apoio/2/Resumo_caracteriza__o_de_e_fluentes_continua__o.pdf). Acesso em 15 de julho de 2014.

MOTTA, Valter T. **Bioquímica Básica: Autolab – Análises Clínicas.** Disponível em: <http://www.gilvan.pro.br/bioquimica.pdf>, acessado em: 20/06/2014.

OLIVEIRA, 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, 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/Doc232ultima-versao.pdf>. Acesso em 16 de julho de 2014.

PHILIPPI, Arlindo Jr; PELICIONI, Maria Cecília Focesi. **Educação ambiental e sustentabilidade.** Barueri, SP: Manole, 2005.

ROSA, G., et al., **Química Analítica: práticas de laboratório.** Porto Alegre: Bookman, 2013. 128p.: il. Color.; 25cm.

SAMPAIO, et al. ; **Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias.** Irriga, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 557-562, 2007.

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, Rita de Cássia Assis, ARAÚJO, Tânia Maria. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA).** Ciência e Saúde coletiva, 2003.

SKOOG, D. A., et al.; **Fundamentos de química analítica.** 8ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

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

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

VERÍSSIMO, L. S.; FEITOSA, F. A. C. As águas subterrâneas no Nordeste do Brasil. Região de Irauçuba – Estado do Ceará, Brasil. 2002. Disponível em: <http://www.alhsud.com/public/articulos/Verissimo.pdf>. Acesso em 15 de julho de 2014.

VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa.** 6º Ed., São Paulo- SP. Mestre Jou, 2002.