



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS – QUÍMICA**

**ANDERSON SILVA COSTA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS NO  
MUNICÍPIO DE MAGALHÃES DE ALMEIDA – MA.**

**São Bernardo – MA**  
**2018**

**ANDERSON SILVA COSTA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS NO  
MUNICÍPIO DE MAGALHÃES DE ALMEIDA – MA.**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso à banca examinadora do curso de Licenciatura em Ciências Naturais – Química, como requisito final para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Naturais com habilitação em Química.

Orientadora: Dra. Maria do Socorro Evangelista Garreto

**São Bernardo – MA  
2018**

Silva Costa, Anderson.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS NO  
MUNICÍPIO DE MAGALHÃES DE ALMEIDA MA / Anderson Silva Costa. - 2018.  
35 p.

Orientador(a): Maria do Socorro Evangelista Garreto. Monografia (Graduação) -  
Curso de Ciências Naturais - Química, Universidade Federal do Maranhão, Universidade  
Federal do Maranhão, 2018.

1. Dureza da água. 2. Legislação. 3. Parâmetros físico-químicos. I. Evangelista  
Garreto, Maria do Socorro. II. Título.

**ANDERSON SILVA COSTA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS NO  
MUNICÍPIO DE MAGALHÃES DE ALMEIDA – MA.**

Aprovado (a) em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Maria do Socorro Evangelista Garreto - UFMA

---

Prof. Dr. Leonardo Dominici Cruz - UFMA

---

Profa. Dra. Gizeuda de Lavor da Paz - UFMA

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por ter-me permitido e proporcionado grandes momentos durante esta trajetória, dando-me força e saúde para continuar na luta.

Sou grato aos meus pais, Amarildo Marques e Francisca Maria, pelo incentivo de estudar desde o início dos meus anos escolares até aqui e continuarem incentivando-me em todas as minhas empreitadas.

Agradeço aos meus irmãos, Annara Costa e Alefe Levi por estarem sempre comigo e torcendo por minhas conquistas.

Obrigado aos meus colegas e amigos, que sempre estiveram comigo, ajudando-me ou torcendo por mim. Agradeço também, em especial, à técnica do laboratório de química, Kerlane Fernandes, aos amigos Marcio José, Cláudio Escórcio e Longuistayne Rocha, que me ajudaram nos recursos para que este trabalho pudesse ser realizado.

Agradeço à professora Maria do Socorro Evangelista Garreto, que me orientou e esteve presente em toda a construção deste trabalho, acompanhando e corrigindo, somando assim no resultado final deste Trabalho de Conclusão.

Agradeço em especial às professoras Maria José Herculano Macedo e Vilma Bragas de Oliveira, pelo que me ensinaram no decorrer do curso e pela amizade.

E agradeço todos àqueles que contribuíram diretamente e indiretamente para que esta conquista fosse possível.

*Assim diz o Senhor:*

*Não se glorie o sábio na sua sabedoria,  
nem se glorie o forte na sua força; não se  
glorie o rico nas suas riquezas.*

*Mas o que se gloriar, glorie-se nisto: em  
me entender e me conhecer, que eu sou o  
Senhor, que faço beneficência, juízo e  
justiça na terra; porque destas coisas me  
agrado, diz o Senhor.*

Jeremias 9:23,24

## RESUMO

A água possui um papel fundamental para os seres vivos, no entanto a poluição hídrica tem ganhado destaque, pois gera diversas doenças que afetam a saúde da população. Desse modo, é de extrema importância que a água destinada ao consumo humano seja tratada antes de chegar às residências e que as fontes de abastecimento estejam conforme a legislação. No município de Magalhães de Almeida - MA, não tem rede de esgoto e o abastecimento de água nas residências é feito principalmente por poços artesianos, em que a água vai diretamente dos poços para as residências sem qualquer tratamento. Por isso, neste trabalho, fez-se uma análise físico-química para determinação dos parâmetros físico-químicos cloreto, dureza total e pH da água dos poços artesianos do município, com o objetivo de avaliar a qualidade da água distribuída para as residências no município de Magalhães de Almeida. Para tanto, foram coletadas amostras de sete poços localizados na área urbana do município. Os resultados indicam que as águas da maioria dos poços do município de Magalhães de Almeida estão impróprias para o consumo humano, em relação aos parâmetros físico-químicos abordados neste trabalho (Resolução CONAMA 396/2008; portaria N° 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde). A partir das análises realizadas para determinar o teor de cloretos, dureza total e pH, é possível observar que apenas o poço 4 está dentro do recomendado pela legislação, enquanto os outros possuem um ou mais parâmetros acima do que é permitido. Quando se fala dos cloretos, apenas um (poço 7) está em desacordo com a legislação, com uma concentração superior à permitida, quando fala-se do pH, apenas o poço 4 encontra-se dentro dos limites estabelecidos pela Portaria N° 5 de 28 de setembro de 2017, sendo sugerido que a Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão e a Secretaria de Saúde do município tomem as medidas cabíveis para regularizar as águas dos poços que estão em desacordo com a legislação.

Palavras-chave: Legislação; Dureza da água; Parâmetros físico-químicos;

## **ABSTRACT**

Water has a fundamental role for living beings, however water pollution has gained prominence, as it generates various diseases that affect the health of the population. Thus, it is of the utmost importance that water intended for human consumption be treated before reaching the residences and that the sources of supply are in accordance with legislation. In the municipality of Magalhães de Almeida - MA, there is no sewage network and the water supply in the homes is mainly made by artesian wells, in which the water goes directly from the wells to the residences without any treatment. Therefore, in this work, a physical-chemical analysis was performed to determine the physico-chemical parameters chloride, total hardness and water pH of the artesian wells of the municipality, with the objective of evaluating the water quality distributed to the residences in the municipality by Magalhães de Almeida. For this, samples were collected from seven wells located in the urban area of the municipality. The results indicate that the waters of most of the wells in the municipality of Magalhães de Almeida are unfit for human consumption, in relation to the physico-chemical parameters discussed in this study (CONAMA Resolution 396/2008, Administrative Rule No. 5 of September 28, 2017 of the Ministry of Health). From the analyzes performed to determine the chloride content, total hardness and pH, it is possible to observe that only well 4 is within the recommended by the legislation, while others have one or more parameters above what is allowed. When speaking of chlorides, only one (well 7) is in disagreement with the legislation, with a concentration higher than that permitted, when speaking of pH, only well 4 is within the limits established by Ordinance No. 5 of September 28, 2017, and it is suggested that the Environmental Sanitation Company of Maranhão and the Health Department of the municipality take the appropriate measures to regularize the waters of the wells that are in disagreement with the legislation.

Keywords: Legislation; Water hardness; Physico-chemical parameters;

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização do município de Magalhães de Almeida representado pelo ponto vermelho.....	14
Figura 2 - Poços artesianos em Magalhães de Almeida .....	15
Tabela 1- Padrões de dureza da água .....	19
Tabela 3- mg/L de cloreto de cada poço .....	24
Tabela 4 - Valores de pH .....	25
Tabela 6 - Dureza total das análises de cada poço.....	26

## SÚMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
3.1 CAMPO DE PESQUISA (MAGALHÃES DE ALMEIDA – MA) .....	14
3.2 A QUALIDADE DA ÁGUA E OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	15
3.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS .....	16
I. CLORETOS .....	16
II. PH.....	17
III. DUREZA TOTAL .....	17
3.4 ABORDAGEM DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE O CONTROLE DA QUALIDADE DE ÁGUA.....	18
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>20</b>
4.1 COLETA DA AMOSTRA.....	20
4.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS .....	20
4.2.1 Determinação de Cloretos.....	20
4.2.2 Determinação de pH.....	21
4.2.3 Determinação da Dureza total.....	22
4.2.3.1 Padronização da solução de EDTA .....	22
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>24</b>
5.1 ANÁLISE DOS CLORETOS .....	24
5.2 ANÁLISE DO PH .....	25
5.3 ANÁLISE DA DUREZA .....	26
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>29</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos fundamentais do planeta Terra, sem ela não existiria vida, sendo assim essencial a todo ser vivo (DANTAS, 2008). Sabe-se que a maior parte da água do planeta Terra é salgada, sendo assim, imprópria para o consumo. Apenas uma pequena parte de água é doce e potável (BRASIL, 2010). Um grande problema que tem ganhado destaque em relação às águas, é a poluição hídrica, pois gera diversos problemas à saúde, inclusive destruição da flora e da fauna aquática, além de tornar nocivo o consumo da água em seu estado natural (SIRVINKAS, 2013).

Dentre os principais problemas causados pela poluição hídrica, as intoxicações são as que mais afetam a saúde da população (SILVA; ARAÚJO, 2003), pois quando a água é de má qualidade, interfere na saúde, causando diversas doenças que são transmitidas por micro-organismos através de contato com a pele, ingestão ou quando lavamos alimentos com água infectada (PINHEIRO, 2013).

A potabilidade da água é determinada com base nas legislações que dispõem sobre os procedimentos de controle de potabilidade de águas para consumo humano. No Brasil, a Portaria N° 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde e a Resolução CONAMA 396/2008 (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2012) descrevem os procedimentos e parâmetros para que se tenha uma água de qualidade através de análises microbiológicas e físico-químicas.

Os parâmetros físico-químicos da água servem para avaliar sua qualidade para o consumo humano e seu uso no decorrer do tempo (SZCZEPANIAK et al., 2009). Portanto, o controle dos parâmetros físico-químicos é de extrema importância para que se possa assegurar uma água de boa qualidade para a comunidade.

O município de Magalhães de Almeida, no estado do Maranhão, está localizado dentro da bacia hidrográfica do Parnaíba e o abastecimento de água da comunidade é feito principalmente por poços artesianos que, segundo Schmidt (2006), são águas consideradas de boa qualidade para o consumo humano, uma vez que a água do subsolo surge a partir da infiltração, ou seja, processo no qual a água é filtrada naturalmente, tendo uma boa potabilidade.

As águas dos poços artesianos vêm de camadas subterrâneas que contém água, os aquíferos, sendo formações geológicas com espaços abertos ou poros no seu interior (PHILIPPI, 2005).

No total, existem sete poços na área urbana do município e a distribuição de água ocorre sem qualquer tratamento. No município não tem rede de esgoto e a falta do mesmo faz a população utilizar fossas, fator este que pode tornar a água inapropriada para o consumo e causar problemas de saúde na população.

A proximidade entre as residências e os poços pode contaminar o lençol freático, a partir disso, faz-se necessário uma análise físico-química de água dos poços artesianos do município, com o objetivo de verificar a qualidade da água distribuída no município de Magalhães de Almeida no Maranhão, com relação aos parâmetros físico-químicos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a qualidade da água dos poços artesianos do município de Magalhães de Almeida com relação aos parâmetros físico-químicos: cloretos, pH e dureza total.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- I. Determinar os parâmetros físico-químicos: teor de cloretos, pH e dureza total.
- II. Classificar e determinar a qualidade da água analisada segundo a resolução CONAMA nº 396 de 2008 e a Portaria Nº 5 de 28 de setembro de 2017.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Campo de pesquisa (Magalhães de Almeida – MA)

O município de Magalhães fica localizado na Mesorregião Leste Maranhense, na região do baixo Parnaíba (CPRM, 2011), como mostra a Figura 1. Segundo o IBGE (2017), o município possui uma população estimada em 19.779 habitantes, sendo localizado às margens do Rio Parnaíba, fazendo fronteira com o estado do Piauí. Apesar de ser banhado pelo Rio Parnaíba, o abastecimento de água no município é feito por poços artesianos, através do serviço prestado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) e pela administração do próprio município. A cidade em sua área urbana conta com sete poços.

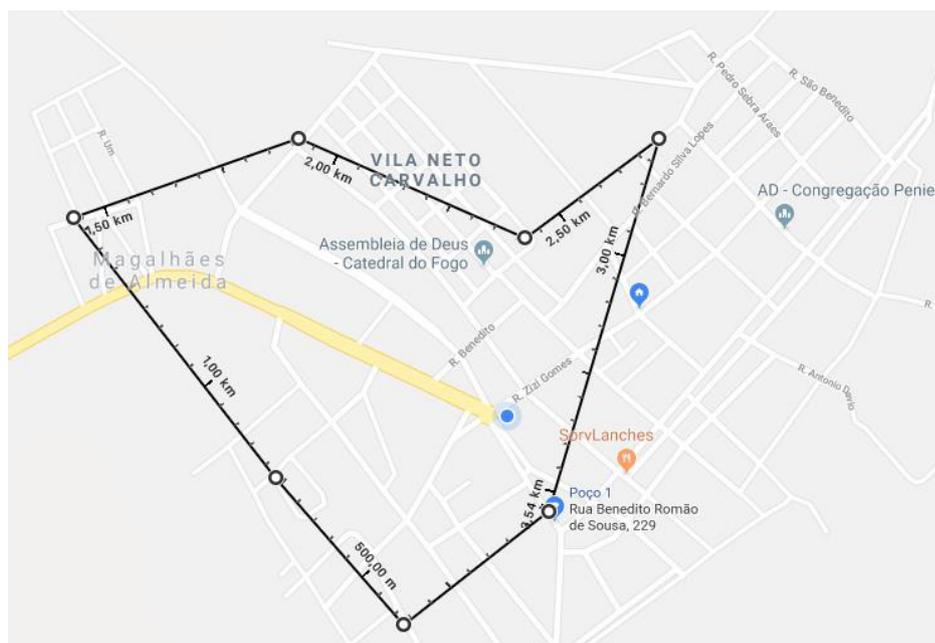
Figura 1 - Localização do município de Magalhães de Almeida representado pelo ponto vermelho



Fonte: Wikipédia (2018)

O poço 1, fica localizado na rua Benedito Romão de Sousa, o poço 2 na rua Neris da Cruz, o poço 3 na rua do Campo Velho, o poço 4 na rua Né Portugal, o poço 5 na rua José de Ribamar Costa, o poço 6 na rua Quatro e o poço 7 na travessa Francisco Tobias, sendo representados pela Figura 2.

Figura 2 - Poços artesianos em Magalhães de Almeida



Fonte: Google (2018)

### 3.2 A qualidade da água e os parâmetros físico-químicos

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (2014), a função básica da desinfecção consiste na inativação dos micro-organismos patogênicos, sendo uma operação unitária obrigatória. Micro-organismos podem ser bactérias, vírus, fungos e protozoários, que são transportados pela água e parte deles podem provocar doenças aos seres humanos.

Um processo muito utilizado para a desinfecção nos sistemas de tratamento de água e nas indústrias alimentícias é a cloração. Este processo tem sido muito estudado nos últimos anos, pois além do cloro desinfetar a água, esse composto pode ter reações secundárias formando compostos carcinogênicos (LEÃO, 2008). O limite determinado pela legislação de cloro por litro é de 250 mg/L. Águas com teor de cloro acima do permitido podem ter sabor salgado e causar diarreias, sendo as intoxicações as doenças mais comuns (ESTEVES, 1998). Segundo a Organização Mundial de Saúde (2008), as diarreias são a sétima doença que mais mata no mundo, com quatro bilhões de casos por ano.

A presença do cloro na água, por exemplo, também provoca outras doenças. Klein (2005), afirma que o excesso de cloro na água cria problemas

para a saúde, pois através da cloração são formados subprodutos, os trihalometanos, que surgem a partir da reação do cloro com a matéria orgânica, sendo tóxicos e produzem radicais livres, esses por sua vez são causadores de câncer para o organismo humano.

O controle do pH também é importante para a desinfecção da água, pois a consequência do descontrole do pH causa problemas a saúde, o pH neutro é favorável ao crescimento de micro-organismos patogênicos e a acidez do pH gera problemas à saúde, como afirma Neto (2016), ao explicar que o pH ácido faz o corpo ter mais trabalho para controlar o pH do sangue e das artérias. Para evitar tais problemas, a água precisa estar levemente alcalina, pois a água alcalina possui mais oxigênio para irrigar as células e absorve melhor as vitaminas, minerais e suplementos alimentares.

As negligências sobre tais fatores podem gerar doenças relacionadas à água. Segundo a Organização Mundial de Saúde (2008), só no Brasil morrem cerca de 28 mil pessoas todos os anos, e no mundo 3,5 milhões de mortes por ano.

O controle da dureza da água também é importante, pois a dureza reduz a quantidade de espuma, aumentando o consumo de sabões e xampus, provocando também incrustações em tubulações de água quente, trazendo prejuízos à população.

### **3.3 Parâmetros físico-químicos**

#### **I. Cloretos**

O cloro é muito importante no processo de purificação da água, pois o mesmo gera a desinfecção, eliminando micro-organismos patogênicos. Segundo Bazzoli (1993), os termos “cloração” e “desinfecção” podem ser considerados sinônimos. A reação do gás cloro com a água pura pode ser equacionada da seguinte maneira (DEGRÉMONT, 1979):



O ácido hipocloroso é um ácido fraco, responsável pela desinfecção da água, o mesmo tem sua dissociação rápida formando o íon hipoclorito. O ácido hipocloroso e o íon hipoclorito são conhecidos como cloro residual livre (ROSSIN, 1987).

O cloro pode ser aplicado através de outros compostos, como o hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio e cal clorada. O íon hipoclorito formado estabelece um equilíbrio com íon de hidrogênio dependendo do pH, formando ácido hipocloroso, íon hipoclorito e ácido clorídrico, reduzindo e alterando o pH (MEYER, 1994).

## **II. pH**

O termo pH significa potencial hidrogeniônico, isto é, a concentração de íons hidrogênio. Sendo este um fator muito importante para se determinar a qualidade da água, um pH menor que 7 indica que a água é ácida, maior que 7 indica que a água é alcalina e igual a 7 indica que a água está neutra.

A água tem capacidade de dissolver gases e outras substâncias químicas, substâncias essas que são relevantes na determinação da sua potabilidade. A solubilidade dessas substâncias químicas está diretamente relacionada com o pH do meio, quando o pH é reduzido a solubilidade aumenta (FUNASA, 2014).

A legislação indica que o pH da água precisa estar entre 6,0 e 9,5, pois um pH ácido irá desequilibrar ou reduzir o pH corporal, dificultando a absorção de nutrientes essenciais ao corpo humano.

## **III. Dureza total**

A dureza total da água está relacionada a soma das concentrações de íons de cálcio e magnésio, ambas expressas como carbonato de cálcio, em miligramas por litro. Sabe-se que a água natural tem a capacidade de dissolver diversos sais durante sua trajetória no solo, quando a água tem quantidades elevadas de íons cálcio e magnésio é chamada de água dura.

Águas com elevada dureza têm alguns pontos negativos, como o sabor desagradável (salgado) e a inibição da ação dos sabões, pois acontece uma reação entre os ácidos graxos dos sabões com os íons de cálcio e de magnésio, tendo como produtos desta reação, compostos insolúveis que inibem a produção de espuma (RICHTER, 2009).

Segundo a Portaria N° 5 de 28 de setembro de 2017, os valores permissíveis para a dureza vão até 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Tratando-se da saúde, o consumo de águas que contém sais de cálcio (águas duras) podem favorecer o desenvolvimento da ameba *Acanthamoeba*, sendo esta, causadora

da ceratite infecciosa, doença essa que prejudica os olhos, podendo também levar a cegueira (MÂCEDO, 2007).

### **3.4 Abordagem da legislação brasileira sobre o controle da qualidade de água**

Para uma vida saudável é necessário que a água consumida esteja tratada e dentro dos padrões de qualidade estabelecidos. No caso da cidade de Magalhães de Almeida, que é abastecida por poços subterrâneos, seu padrão de qualidade deve obedecer a resolução número 396, de 3 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e a portaria N° 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde.

A Resolução CONAMA 396 de 2008, descreve sobre a classificação e diretrizes ambientais para as águas subterrâneas e dá outras providências que trata sobre as mesmas.

O Art. 2º descreve as definições adotadas:

I - águas subterrâneas: águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo;

[...]

VI - condição de qualidade: qualidade apresentada pelas águas subterrâneas, num determinado momento, frente aos requisitos de qualidade dos usos;

[...]

XIII - monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade ou quantidade das águas subterrâneas, em frequência definida;

XIV - padrão de qualidade: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água, estabelecido com base nos valores de referência de qualidade e nos valores máximos permitidos para cada um dos usos preponderantes;

XV - parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água;

[...]

XX - Valor Máximo Permitido-VMP: limite máximo permitido de um dado parâmetro, específico para cada uso da água subterrânea;

[...](Brasil, 2008)

O Art. 4º descreve os Valores Máximos Permitidos - VMP para o uso das águas subterrâneas. Já o Art. 13. explica que órgãos competentes devem monitorar os parâmetros e acompanhar as condições de potabilidade. O Art. 34. descreve os Valores Máximos Permitidos, explicando que a verificação

deve ser feita a cada cinco anos ou em um tempo menor, desde que haja uma justificativa (BRASIL, 2008).

Já a portaria N° 5, de 28 de setembro de 2017, descreve sobre a qualidade da água destinada ao consumo humano, não se aplicando as águas com fins industriais (BRASIL, 2017).

Segundo a resolução CONAMA número 396 de 2008 e a portaria N° 5 de 28 de setembro de 2017, o valor máximo permitido para cloreto é 250 miligramas por litro para o consumo humano, o pH é indicado apenas pela portaria N° 5, recomendando que este deva ser mantido na faixa de 6,0 a 9,5. A dureza total para águas de abastecimento público e tratadas de acordo com a legislação N° 5 de 28 de setembro de 2017, deve estar até 500 miligramas por litro em carbonato de cálcio. Sendo classificada de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 1- Padrões de dureza da água**

<b>Dureza</b>	<b>Concentração de CaCO<sub>3</sub> mg/L</b>
Branda	Até 50
Pouco dura	Entre 50 e 100
Dura	Entre 100 e 200
Muito dura	Acima de 200

Fonte: RICHTER; NETTO, 1991.

É necessário que os padrões de qualidade da água obedeçam aos prescritos na legislação vigente, para assim, promover saúde às populações que a consomem. Portanto, um estudo para avaliação dos parâmetros físico-químicos da água consumida pela população humana é de extrema importância, pois implica na proteção à saúde do ser humano.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Coleta da amostra

Para análise da qualidade da água dos poços da cidade de Magalhães de Almeida foram coletadas as amostras dos sete poços localizados na área urbana do município. Cada coleta foi realizada com base na metodologia do Instituto Adolf Lutz (2016), utilizada para análises de água, determinando os requisitos básicos para coleta de amostras.

As amostras foram coletadas na saída das bombas dos poços artesianos, com temperatura entre 31°C e 35 °C, em seguida armazenadas em frascos de polietileno lavados com água destilada. Cada frasco foi etiquetado e levado para o laboratório de Química da Universidade Federal do Maranhão – Campus São Bernardo.

### 4.2 Análise dos parâmetros físico-químicos

A qualidade da água foi avaliada a partir das análises dos parâmetros físico-químicos determinados de acordo com as legislações CONAMA, número 396 de 2008 e a portaria N° 5 de 28 de setembro de 2017. Os métodos de análise dos teores de cloreto e dureza total foram feitos de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolf Lutz (2016).

#### 4.2.1 Determinação de Cloretos

O teor de cloretos foi determinado por titulação com solução de nitrato de prata até surgir uma coloração avermelhada, indicando o fim da titulação. O teor de cloretos pode ser calculado de acordo com a Equação 1.

$$\frac{M \times V \times 35,453 \times 1000}{V_a} = mg \text{ de cloreto/L} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

M = molaridade do nitrato de prata

V = volume do nitrato de prata gasto na titulação em mL

V<sub>a</sub> = Volume da amostra em mL

Para a determinação dos cloretos foi usado uma solução padrão de nitrato de prata 0,0255 mol/L, indicador cromato de potássio 10% m/v e solução

padrão de cloreto de sódio 0,0282 mol/L, usada para padronizar o nitrato de prata de acordo com a Equação 2.

$$\text{Molaridade} = \frac{M \times V}{V_1} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

M = Molaridade do nitrato de prata

V = Volume da solução de cloreto de sódio em mL

V1 = Volume da solução de nitrato de prata em mL

Preparou-se uma solução de nitrato de prata, em seguida procedeu-se com a padronização da solução titulante usando uma solução padrão de cloreto de sódio. Determinou-se o fator de correção a partir da Equação 3.

$$\text{Fator de correção} = \frac{\text{Concentração real}}{\text{Concentração teórica}} \quad (\text{Equação 3})$$

Mediu-se 50 mL da amostra em uma pipeta graduada e transferiu-se para um Erlenmeyer de 250 mL, logo após aqueceu-se a amostra em banho maria até o volume reduzir aproximadamente 20 mL. Em seguida foi adicionado quatro gotas do indicador cromato de potássio e titulada com nitrato de prata 0,0255 mol/L até se obter uma cor vermelho tijolo (fim da titulação). O volume gasto de nitrato de prata foi aplicado na Equação 1 obtendo o teor de cloreto. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

#### 4.2.2 Determinação de pH

O pH das amostras foi medido no laboratório da Universidade Federal do Maranhão - campus São Bernardo com pHmetro portátil digital ITPH - 2000, que possui seu valor determinado de acordo com a atividade dos íons de hidrogênio, utilizando uma medida potenciométrica com um eletrodo de vidro e um de referência. Colocou-se o pHmetro dentro das amostras de água e anotou-se o pH registrado.

O pH é considerado neutro quando seu valor a 25 °C é igual a 7, abaixo disso o meio é ácido e acima o meio é básico, para análise de água consideramos o valor do pH até a segunda casa decimal.

#### 4.2.3 Determinação da Dureza total

A dureza total foi determinada por titulação complexiométrica com solução de EDTA dissódico 0,01 mol/L, uma ponta de espátula do indicador negro de eriocromo T e solução tampão junto a amostra. A dureza total corresponde aos miligramas de carbonato de cálcio por litro (CaCO<sub>3</sub>), conforme a Equação 4.

$$\frac{1000 \times V1 \times f}{V2} = \text{mg de CaCO}_3/\text{L} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

V1 = Volume de EDTA gasto na titulação em mL

f = fator de correção da amostra

V2 = Volume da amostra em mL

##### 4.2.3.1 Padronização da solução de EDTA

Preparou-se uma solução de EDTA dissódico 0,01 mol/L e padronizou-se com uma solução padrão de cálcio, solução-tampão e indicador negro de eriocromo T.

A solução padrão de cálcio foi preparada dentro de um Erlenmeyer de 500 mL com 1 grama de carbonato de cálcio dissolvido em ácido clorídrico 50%. Foi adicionado 200 mL de água destilada e fervido para eliminação do gás carbônico. Adicionou-se duas gotas do indicador vermelho de metila e ajustou-se para a cor alaranjada adicionando ácido clorídrico 50%, em seguida completando seu volume com água destilada.

Foi preparada a solução-tampão com EDTA dissódico, cloreto de magnésio, cloreto de amônia, hidróxido de amônio concentrado e água destilada.

Mediu-se 50 mL da amostra em uma pipeta graduada e transferiu-se para um Erlenmeyer, em seguida adicionou-se 1 mL da solução-tampão e uma

ponta de espátula do indicador negro de eriocromo T. Em seguida deu-se início a titulação do EDTA dissódico, até a viragem da coloração púrpura para azul, sendo determinado a concentração real e o fator de correção pela Equação 3.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise dos cloretos

A solução de nitrato de prata padronizada foi utilizada na titulação das amostras para determinação do volume necessário para reagir com o cloreto presente nas amostras. As análises foram feitas em triplicata e a média dos volumes determinados na titulação de cada amostra com nitrato de prata (Anexo A) foi aplicada na Equação 1, e calculou-se o teor de cloreto nas amostras. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 2- mg/L de cloreto de cada poço**

<b>Amostra</b>	<b>mg/L de cloreto</b>
Poço 1	161,5239
Poço 2	216,9724
Poço 3	106,6781
Poço 4	109,0889
Poço 5	94,62406
Poço 6	102,4592
Poço 7	274,8317

A partir dos resultados, é possível observar os teores de cloreto em cada poço do município de Magalhães de Almeida, que possuem valores compreendidos entre 94,62406 e 274,8317 mg/L de cloreto. Verifica-se que os poços 1, 2 e 3, que estão sob responsabilidade da companhia de saneamento ambiental do Maranhão (CAEMA), encontram-se dentro do permitido pela legislação.

No caso dos poços que estão sob responsabilidade da administração municipal, o menor teor encontrado foi do poço 5, que é igual a 94,62406 mg/L e o maior teor de cloreto foi encontrado no poço 7, sendo este igual a 274,8317 mg/L.

Comparando os valores obtidos com a Resolução CONAMA 396 de 2008 e a Portaria N° 5 de 28 de setembro de 2017, todos os valores encontrados, com exceção do valor do poço 7, que contém 274,8317 mg/L,

estão dentro do limite permitido pela legislação vigente. Dentre todos os poços analisados, apenas um dos poços apresentou valores de cloreto acima do permitido, dado coerente com o estudo realizado por Marques e Colaboradores (2010), que obtiveram resultados semelhantes ao investigarem a qualidade das águas da cidade de Santa Helena estado do Maranhão, constatando que poços subterrâneos podem ter um teor de cloretos acima do permitido pela legislação.

Quando o teor de cloreto está acima do permitido, como no caso do poço 7, o resultado pode estar associado a falta de proteção do poço, com pequenas distâncias das residências e conseqüentemente das fossas das mesmas, pois o cloreto excretado na urina da população vai para as fossas e pode contaminar o lençol freático através da infiltração.

## 5.2 Análise do pH

Os valores de pH obtidos estão disponíveis na Tabela 4, com precisão de  $\pm 0,03$ .

**Tabela 3 - Valores de pH**

<b>Amostra</b>	<b>pH</b>
Poço 1	5,53
Poço 2	5,51
Poço 3	5,91
Poço 4	6,36
Poço 5	5,53
Poço 6	4,27
Poço 7	5,69

De acordo com a legislação N° 5 de 28 de setembro de 2017, a faixa de pH deve estar entre 6,0 e 9,5. Segundo a Tabela 4, o pH da maioria dos poços (85,7%) está em desacordo com a legislação, tendo seus valores de pH inferior a 6,0, estando apenas o poço 4 enquadrado na legislação com seu valor de pH igual a 6,36.

O pH teve valor médio de 5,54, sendo semelhante aos resultados obtidos por Oliveira e colaboradores (2016), que obtiveram média de 5,08 ao verificar a qualidade da água subterrânea em comunidades rurais de São Luís, estado do Maranhão, corroborando com estudos que afirmam que águas de

muitos poços subterrâneos têm seu pH ácido e estão em desacordo com a legislação.

Verifica-se, a partir dos resultados descritos na Tabela 4, que os valores de pH indicam que as águas estão levemente ácidas em todas as amostras estudadas. Os resultados apresentados podem ocorrer em função de diversos fatores como níveis de CO<sub>2</sub> e perfil geológico, sendo necessário um estudo mais aprofundado sobre os locais dos poços para defini-los, pois tais fatores são difíceis de identificar como explica Esteves (1998).

### 5.3 Análise da dureza

A solução de EDTA padronizada foi usada para titulação das amostras, o ponto de final da titulação é evidenciado pela mudança da coloração purpura para azul. As análises foram feitas em triplicata e a média dos volumes determinados na titulação de cada amostra com EDTA (Anexo B) foi aplicada na Equação 4, e calculou-se a dureza total, os resultados são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 4 - Dureza total das análises de cada poço**

<b>Amostra</b>	<b>Dureza em mg/L de CaCO<sub>3</sub></b>
Poço 1	111,6
Poço 2	106,8
Poço 3	73,8
Poço 4	63,6
Poço 5	58,8
Poço 6	30,6
Poço 7	103,2

A partir da análise dos dados da Tabela 6, é possível observar as concentrações de carbonato de cálcio por litro referentes a cada poço. O poço que possui menor concentração de CaCO<sub>3</sub> é o poço 6, com dureza total igual a 30,6 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. O poço 1 é o que possui maior concentração de CaCO<sub>3</sub>, tendo sua concentração igual a 111,6 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

Segundo Richter (1991), águas duras são aquelas que possuem 100 mg/L ou mais de  $\text{CaCO}_3$  e podem impedir a atuação do sabão, trazendo prejuízos financeiros para a população.

No município existem relatos de águas com sabor desagradável, fato este que pode estar associado a dureza das águas como explica Esteves (1998), ao afirmar que o sabor desagradável pode estar associado a diversos íons, como os de cálcio e magnésio, sendo a soma das concentrações de ambos a dureza total.

De acordo com a portaria N° 5 de 28 de setembro de 2017, o limite aceitável de  $\text{CaCO}_3$  para o consumo humano é de até 500 mg/L. Portanto, a partir dos dados da Tabela 6, verifica-se que as águas de todos os poços estão dentro do que é recomendado. Resultado semelhante também foi observado por Abdalla e Colaboradores (2010), em seu estudo sobre a avaliação da dureza e das concentrações de cálcio e magnésio em águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário, no estado do Maranhão, verificando que águas subterrâneas podem ser duras e ainda assim, obedecer a legislação.

## 6 CONCLUSÃO

Comparando os resultados obtidos com a portaria N° 5 de 28 de setembro de 2017 e a resolução CONAMA 396/2008, as águas da maioria dos poços do município de Magalhães de Almeida estão impróprias para o consumo humano, em relação aos parâmetros físico-químicos abordados neste trabalho.

A partir das análises realizadas para determinar o teor de cloretos, dureza total e pH, é possível observar que apenas o poço 4 está dentro do recomendado pela legislação, enquanto os outros possuem um ou mais parâmetros com valores acima do que é permitido. Quando se fala dos cloretos, apenas o poço 7 está em desacordo com a legislação, com uma concentração superior à permitida pela resolução CONAMA, número 396 de 2008 e pela Portaria N° 5 de 28 de setembro de 2017. Quando se fala do pH, todos os poços com exceção do poço 4, estão em desacordo a legislação.

O poço 7 tem 274,8317 miligramas de cloreto por litro. A água deste poço pode trazer potenciais riscos à saúde da população que é abastecida por este poço, além de conferir a água um sabor salgado.

As águas do município em termos de dureza, as águas dos poços 1,2 e 7 são classificadas duras, já dos poços 3,4 e 5 são classificadas como pouco dura e do poço 6 é classificada como branda, estando todas dentro do permissível pela legislação.

Em relação ao pH, as águas dos poços são classificadas como ácidas, podendo trazer problemas a saúde da população que é abastecida por estes poços, pois o consumo de substâncias ácidas faz o corpo trabalhar mais para controlar o pH do sangue.

A partir dos dados expostos, sugere-se que o município e a CAEMA tomem medidas para regularizar as águas dos poços que estão em desacordo com a legislação. Levando em consideração que este trabalho analisou apenas cloreto, pH e dureza total, abre-se novas questões em relação a outros aspectos, tanto físico-químicos quanto microbiológicos, questões essas que podem ser respondidas com novas análises a fim de assegurar uma água de qualidade para a população.

## REFERÊNCIAS

ABDALLA, K. V. P.; CAVALCANTE, P. R. S.; NETO, J. P. C.; BARBIERI, R.; NETO, M. C. M. Avaliação da dureza e das concentrações de cálcio e magnésio em águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário - MA. In: XVI Congresso brasileiro de águas subterrâneas e XVII Encontro nacional de perfuradores de poços. São Luís. 2010.

BAZZOLI, N. O Uso da Desinfecção no Combate à Cólera. Apostila da Fundação Nacional de Saúde – Coordenação Regional de Minas Gerais. Recife: FNS/Opas. (Mimeo.). 1993.

Brasil. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília : Funasa, 2013. 150 p.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. Brasília, 2006 Disponível em: <  
[www.funasa.gov.br/Web%20Funasa/pub/pdf/Mni%20analise%20agua.pdf](http://www.funasa.gov.br/Web%20Funasa/pub/pdf/Mni%20analise%20agua.pdf)>.  
Acesso em: 25 mar. 2010.

CHADE, Jamil. No Brasil, 28 mil morrem ao ano por falta de água tratada, diz OMS. Agência estado, Brasília, 26 jun. 2008. Disponível em: <  
<http://www.ecodebate.com.br/2008/06/27no-brasil-28-mil-morrem-ao-ano-por-falta-de-agua-tratada-diz-oms/>>. Acesso em: 20 abr. 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, Resolução Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2012. p. 1126.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: . Acesso em: 31 jan. 2012.

DANTAS, T. N. P. Avaliação da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Pirangi/RN. Monografia (Curso de Tecnologia em Controle Ambiental) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, Natal. 2008.

DEGRÉMONT, Water Treatment Handbook. New York: John Wiley & Sons. 1979.

ESTEVEES, F. A. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciência / FINEP, 1988. 575 p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. – Brasília: Funasa. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS/ Ministério da Saúde. 2014. 112 p.

IBGE. Magalhães de Almeida. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/magalhaes-de-almeida/panorama>>. Acesso em 15 jul. 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 320-321.

KLEIN, A. The Hidden Danger of Chlorine in our Bath Water. EzineArticles.com. EUA. Disponível: <<http://ezinearticles.com/?The-Hidden-Danger-Of-Chlorine-In-Our-Bath-Water&id=71857>> Acesso em 13 mai. 2018.

LEÃO, V, G. Água tratada: formação de trihalometanos pelo uso do cloro e os riscos potenciais à saúde pública em cidades da mesorregião do leste rondoniense. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em ciências da saúde-convênio centro-oeste. Brasília. 2008.

MACÊDO, Jorge A.B. Águas & Águas. Belo Horizonte: CRQ-MG. 2007. 3 ed. 1043 p.

MARQUES, F. C.; CAVALCANTE, P. R. S.; BARBIERI, R. Qualidade das águas subterrâneas na área urbana no município de Santa Helena (MA). In: XVI Congresso brasileiro de águas subterrâneas e XVII Encontro nacional de perfuradores de poços. São Luís. 2010.

MEYER, S. T. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. Cad. Saúde Públ. Rio de Janeiro, 10 (1): 99-110, jan/mar, 1994.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - portaria Nº 5, de 28 de setembro de 2017. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005\\_03\\_10\\_2017.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html)>. Acesso em: 12 jun. 2018.

NETO, Bernardo F. da Cruz. BENEFÍCIOS DA ÁGUA COM pH ALCALINO: Saúde ou doença, você decide. Educação, Tecnologia e Cultura - E.T.C., [S.l.], n. 14, jun. 2016. ISSN 2525-3859. Disponível em: <<http://www.publicacoes.ifba.edu.br/index.php/etc/article/view/8>>. Acesso em: 14 maio 2018.

NETO, J. L. S.; PINTO, R. M. O. Análise de cloretos da água de abastecimento de uma cidade localizada no estado de Pernambuco através do método volumétrico de Mohr. In: Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB. Editora Realize. 2012.

OLIVEIRA, J. M. B.; CASTRO, A. C. L.; PEREIRA, E. D.; AZEVEDO, J. W. J. Qualidade da água subterrânea em comunidades rurais de São Luís – MA. Revista ESPACIOS. Vol. 37 (Nº 31), 2016.

PHILIPPI, J. A.; PELICIONI, M. Educação ambiental e sustentabilidade. Barueri, SP: Manole, 2005.

PINHEIRO, Pedro. Doenças Transmitidas Pela Água. MD Saúde. Disponível em: Acesso em: 25 mar. 2014.

RICHTER, Carlos A. Água: métodos e tecnologia de tratamento. São Paulo: Edgard Blücher. 2009. 1 ed. 352 p.

RICHTER, C.A.; NETTO, J.M.A. Tratamento de água: Tecnologia atualizada. 1.ed. São Paulo: Blucher, p. 30-32, 1991.

ROSSIN, A. C. Desinfecção. In: Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água (Tratamento de Água), Vol. 2, São Paulo: CETESB/ASCETESB. 1987.

SCHMIDT, E I. Estudo e qualidade das águas subterrâneas na região sudoeste do município de Estrela – RS. Monografia (graduação) – Curso de ciências biológicas. Centro Universitário Univates, Lajeado. 2006.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

SIRVINSKAS, Luís Paulo. Manual de Direito ambiental. 11 ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

SZCZEPANIAK, Roberta Foerstnow; ALMEIDA, Manoela Terra; MATTOS, Maria Laura Turino; GALARZ, Liane Aldrighi; SANTOS, Ieda Maria Baade. Qualidade De Água De Poço Artesiano Para Consumo Humano. XVIII CIC – XI ENPOS (I Mostra Científica). Disponível em: Acesso em: 25 mar. 2014.

WIKIPÉDIA. Magalhães de Almeida. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Magalh%C3%A3es\\_de\\_Almeida](https://pt.wikipedia.org/wiki/Magalh%C3%A3es_de_Almeida)>. Acesso em 10 jul. 2018.

## **ANEXOS**

## ANEXO A – Volumes de nitrato de prata gastos nas titulações de cloreto.

Amostra	Titulação 1	Titulação 2	Titulação 3	Volume médio	Desvio padrão	Erro
Poço 1	9,2	8,8	8,8	8,93	0,23	$\pm 0,1$
Poço 2	11,8	12,1	12,1	12	0,17	$\pm 0,1$
Poço 3	6,0	5,7	6,0	5,9	0,17	$\pm 0,1$
Poço 4	6,1	6,2	5,8	6,03	0,21	$\pm 0,1$
Poço 5	5,4	5,3	5,0	5,23	0,21	$\pm 0,1$
Poço 6	5,6	5,8	5,6	5,66	0,12	$\pm 0,1$
Poço 7	15,2	15,2	15,2	15,2	0	$\pm 0,1$

## ANEXO B – Volumes de EDTA gastos na titulação da dureza total.

Amostra	Titulação 1	Titulação 2	Titulação 3	Volume médio	Desvio padrão	Erro
Poço 1	6,4	6,1	6,1	6,2	0,17	$\pm 0,1$
Poço 2	5,8	6	6	5,93	0,12	$\pm 0,1$
Poço 3	4	3,7	4,6	4,1	0,46	$\pm 0,1$
Poço 4	3,8	3,6	3,2	3,53	0,31	$\pm 0,1$
Poço 5	3,2	3,2	3,4	3,26	0,12	$\pm 0,1$
Poço 6	1,8	1,6	1,7	1,7	0,10	$\pm 0,1$
Poço 7	5,7	5,7	5,8	5,73	0,06	$\pm 0,1$