



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
CAMPUS ANGICOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS, TECNOLÓGICAS
E HUMANAS
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MATHEUS DA SILVA DAVI

**ANÁLISE E PRODUÇÃO DE ÁGUA SANITÁRIA UTILIZANDO ÁGUA DE POÇO
SEMI-ARTESIANO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE LAGOA NOVA-RN**

ANGICOS-RN

2019

MATHEUS DA SILVA DAVI

**ANÁLISE E PRODUÇÃO DE ÁGUA SANITÁRIA UTILIZANDO ÁGUA DE POÇO
SEMI-ARTESIANO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE LAGOA NOVA-RN**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Angicos, para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Damilson Ferreira dos Santos

ANGICOS-RN

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D249a Davi, Matheus da Silva.

Análise e produção de água sanitária utilizando
água de poço sem-artesiano localizado no município
de Lagoa Nova-RN / Matheus da Silva Davi. - 2019.

33 f. : il.

Orientador: Damilson Ferreira dos Santos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal

Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2019.

1. Água sanitária. 2. Água de poço. 3. Cloro
Ativo. I. Santos, Damilson Ferreira dos, orient.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

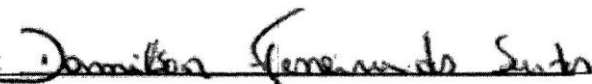
MATHEUS DA SILVA DAVI

**ANÁLISE E PRODUÇÃO DE ÁGUA SANITÁRIA UTILIZANDO ÁGUA DE POÇO
SEMI-ARTESIANO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE LAGOA NOVA-RN**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido, Campus
Angicos, para obtenção do Título de Bacharel
em Ciência e Tecnologia.

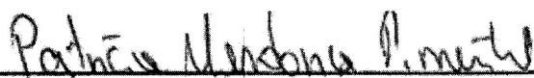
APROVADA EM 19 / 08 / 2019

BANCA EXAMINADORA



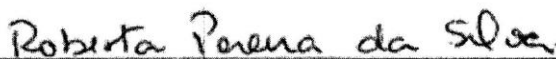
Prof. Dr. Damilson Ferreira dos Santos-UFERSA

Presidente



Prof.ª Dr. Patricia Mendonça Pimentel -UFERSA

Primeiro Membro



Prof.ª Dr.ª Roberta Pereira da Silva-UFERSA

Segundo Membro

“A água é um recurso natural de valor inestimável, é fundamental para o planeta. Mais que um insumo indispensável à produção e um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico, ela é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos que mantêm em equilíbrio os ecossistemas. É, ainda, uma referência cultural e um bem social indispensável à adequada qualidade de vida da população.”

Silas Dumont Pires Horta

À Deus, por até aqui ter me sustentado e por sempre está comigo me dando força e sabedoria para vencer os muitos obstáculos. Porque dele, por ele e para ele são todas as coisas. Aos meus pais Maria do Socorro da Silva Medeiros e Francinaldo Davi por tudo quanto fizeram por mim, louvo a Deus por suas vidas.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo quanto ele vem fazendo em minha vida, a agradeço ele por sempre está comigo e principalmente nas horas que pensei que não iria conseguir, e ele vinha em meu socorro me acalmando para que eu pudesse concluir este trabalho.

Aos meus familiares, pais e irmãs que sempre me apoiaram em minhas decisões e aos demais familiares.

Ao meu orientador Damilson Ferreira dos Santos que com sua atenção e dedicação, esteve sempre disposto a ajudar em todo o desenvolvimento do trabalho.

Aos meus amigos, por toda ajuda durante o curso em especial cito alguns que sempre estiveram comigo desde do início da carreira acadêmica Francisco Euzimar (Junior), Joerdson Tiago, Kaio Henrique, Ana Carolina, Erica Vanessa, Erika Oliveira, Ronaldo Roberto e a Izaac Nascimento que reside junto comigo desde do primeiro período.

A agradeço a UFRSA e em especial ao pessoal do PROAE, pois sem o auxílio deles reconheço que não teria chegado até aqui.

A todos os professores que passei e contribuíram para minha formação, agradeço a cada um e lembrarei de todos.

Às professoras Patrícia Mendonça Pimentel e Roberta Pereira da Silva, que aceitaram fazer parte da banca examinadora, contribuindo com sugestões para o aprimoramento do trabalho.

Aos técnicos do laboratório Hugo de Paiva Nunes e Fernanda Maria de Oliveira.

RESUMO

Com o avanço do crescimento populacional e o desenvolvimento socioeconômico, o consumo de água está aumentando e sua qualidade hídrica diminuindo. A água é caracterizada por ter um leque muito vasto de aplicações, entre o consumo humano, animal, produção agrícola e industrial. Sendo o Nordeste brasileiro uma região seca e com pouca chuva, existe a necessidade de criar medidas mitigadoras para obtenção do recurso hídrico, com o intuito de atender as necessidades da região, alguns dos métodos mais comuns utilizados no interior nordestino é a perfuração de poços sejam eles artesiano ou semi-artesiano, a qualidade da água deve ser avaliada de acordo com um conjunto de parâmetros físicos e químicos, pois estes indicam se esta é apropriada ou não para tal fim. No entanto, algumas vezes a água obtidas a partir de poços não atende aos parâmetros para o consumo humano estabelecido pelo Ministério da Saúde. Este trabalho buscou analisar se a amostra coletada no município de Lagoa Nova pode ser utilizada para obtenção de água sanitária, tendo em vista que o seu índice de pH é abaixo de 7 caracterizando-a como ácida e possui um valor acima de 4000 uS/cm de condutividade elétrica. Foram preparadas três formulações de água sanitária variando a origem da água: com diferentes tipos de água, destilada, de abastecimento (da torneira) e a do poço, após isso realizou-se as análise de cada amostra semanalmente durante 35 dias com o objetivo de se verificar a manutenção do pH e o teor de cloro ativo. Diante da avaliação dos resultados o que se pôde concluir foi que as três amostras de água sanitária se mantiveram dentro do valor de cloro ativo e de pH estabelecido pela ANVISA, sendo a água sanitária do poço adequada para utilização e comercialização.

Palavras chave: Água sanitária, Água de poço, Cloro ativo, parâmetros físico-químicos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Condutividade Eletrica.....	26
Tabela 2 - Volume gasto de Tiosulfato de Sódio.....	28
Tabela 3 - Teor de Cloro Ativo.....	28
Tabela 4 - Desvio padrão do cloro ativo.....	29
Tabela 5- Valores de pH.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ciclo Hidrológico da água.....	14
Figura 2- Mapa de situação do Município Lagoa Nova-RN.....	15
Figura 3- Escala de pH.....	19
Figura 4- Teste de condutividade elétrica.....	22
Figura 5- Soluções água destilada/poço.....	23
Figura 6- Solução filtrada.....	23
Figura 7- Soluções tampão.....	24
Figura 8- Teste de pH.....	24
Figura 9- Solução diluída.....	25
Figura 10- Solução com Amido.....	25
Figura 11- Ponto de vidara.....	25
Figura 12- Solução precipitada.....	27

LISTA DE SIGLAS

H_2SO_4 - Ácido Sulfúrico

KI - Iodeto de Potássio

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ - Tiosulfato de sódio

NaOCl – Hipoclorito de sódio

Cl_2 – Gás Cloro

H_2O - Água

H_2 – Gás Hidrogênio

NaOH – Hidróxido de Sódio

NaCl – Cloreto de sódio

Na_2CO_3 – Carbonato de sódio

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Hidróxido de cálcio

CaCO_3 – Carbonato de cálcio

HClO – Ácido hipocloroso

H_3O^+ - Hidrônio ion

OCl^- - Ânion hipoclorito

K_a – Constante de ionização

CO_2 – Dióxido de carbono

NH_4HCO_3 – Hidrogenocarbonato de amônio

NaHCO_3 – Hidrogenocarbonato de sódio

H^+ - Cátion de hidrogênio

STD - Sólidos totais dissolvidos

CAERN - Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte

meqL^{-1} - Milequivalente por litro

pH - Potencial Hidrogeniônico

CE - Condutividade Elétrica

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

SI - Sistema Internacional de Unidades

UFERSA - Universidade Federal Rural do Semiárido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 Água.....	14
2.2 Hipoclorito de Sódio	16
2.3 Carbonato de Sódio (Na_2CO_3).....	18
2.4 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	18
2.5 Condutividade Elétrica (CE)	19
2.6 Teor de Cloro ativo	20
2.6.1 Titulometria.....	21
3 METODOLOGIA	21
3.1 Condutividade Elétrica (CE)	21
3.2 Soluções de água sanitária.....	22
3.3 Determinação do (pH)	23
3.4 Determinação do Cloro ativo.....	24
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	26
5 CONCLUSÃO	30
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1 INTRODUÇÃO

Entre os recursos naturais, a água é o que possui maior significância, pois sua disponibilidade e acesso são necessários para que haja vida no planeta (SARDINHA *et al.*, 2008). É também essencial para o desenvolvimento de várias atividades, tais como indústria, produção de alimento, geração de energia elétrica, irrigação, aquicultura e produtos de limpeza.

O Nordeste apresenta chuvas irregulares e escassez, além de períodos de estiagem, as pessoas que habitam as regiões semiáridas vivem em uma constante situação de vulnerabilidade devido às irregularidades na distribuição de precipitação e limitações relacionadas com a disponibilidade de água (VALADÃO *et al.*, 2010).

Com isso surge a necessidade de obter e armazenar água para o período de estiagem. Uma alternativa para resolver o problema de escassez de água é perfurar poços semi-artesianos e artesianos com objetivo de obter água para o consumo humano, animal e para agricultura, mas não é sempre que a água do poço perfurado atende os padrões de consumo humano estabelecido pelo Ministério da Saúde.

O poço analisado nesse trabalho está localizado no município de Lagoa Nova-RN, observou-se que a água possuía uma elevada salinidade, então, foram efetuadas análises de pH e de condutividade elétrica para determinar a qualidade dessa água.

Nesse contexto, sabendo que a água não serve para o consumo humano fez-se necessário aproveitar tal reservatório, pensou-se em utilizar água para produzir água sanitária. Água sanitária é uma solução aquosa com a finalidade de desinfecção e alvejamento, cujo ativo é o hipoclorito de sódio ou de cálcio, com teor de cloro ativo entre 2,0% (dois por cento) e 2,5% (dois vírgula cinco por cento) p/p (peso por peso), podendo conter apenas os seguintes componentes complementares: A composição da água sanitária é basicamente água e hipoclorito de sódio diluído (Resolução nº 110/09 da ANVISA).

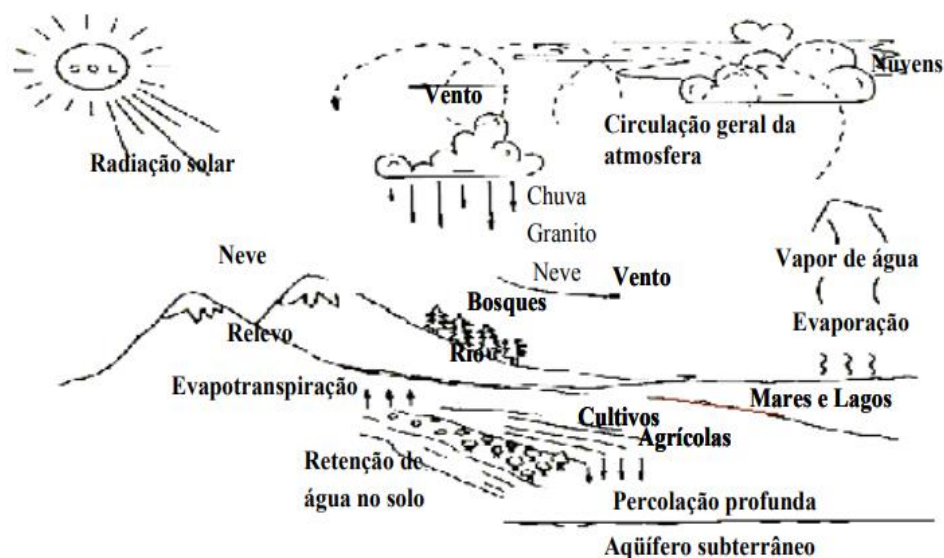
O trabalho teve como objetivo preparar Formulações de água sanitária utilizando o hipoclorito de sódio e fazer as análises de Potencial Hidrogeniônico (pH) e Teor de cloro ativo das amostras, e assim determinar a qualidade da água sanitária produzida e comparar os resultados com o valor que a norma estabelecida pela Anvisa determina, para saber se a mesma atende aos requisitos de qualidade e posteriormente fazer a comercialização gerando uma fonte de renda.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Água

Dentre os recursos naturais fundamentais, a água é o que possui maior destaque, pois sua disponibilidade e acesso são necessários a todo tipo de vida no planeta, bem como para a maioria dos meios de produção (SARDINHA et al., 2008).

Figura 1: Ciclo Hidrológico



Fonte: Reichardt (1990).

A figura 1 indica o ciclo hidrológico mostrando que a água é um recurso renovável, segundo Almeida (2010) a radiação solar faz com que parte da água presente em rios e mares sofra uma mudança de estado passando de líquida para vapor, o vapor d'água chega as altas camadas da atmosfera onde a temperatura é mais baixa e acontece a condensação formando as nuvens, quando as gotas de água se fazem maiores a atração da terra aumenta, caindo sobre ela em forma de chuva, ao atingir a superfície da terra acontece o processo de infiltração, constituindo as águas subterrânea, a outra parte da água escorre pela superfície constituindo as águas correntes que formam os rios e tanto a água de rio como a subterrânea irão para no mar, dando início ao ciclo novamente.

Classifica-se água subterrânea toda água que se encontra abaixo da superfície terrestre, estando intimamente ligada com as águas superficiais, sendo resultante do processo demorado de infiltração das águas das chuvas que preenchem os poros e interstícios do solo, formando os aquíferos (LIBÂNIO, 2005).

Com os índices pluviométricos da região Seridó do RN (menor que 500 mm anuais) grande parte da água utilizada nas atividades industriais da região é captada por poços tubulares em reservatório calcíticos sedimentares e mostra características de qualidade frequentemente comprometidas em termos de salinidade (Costa et al., 2006).

Figura 2: Mapa de situação do Município Lagoa Nova-RN



Fonte: Adaptado pelo autor (2019).

A figura 2 apresenta a localização do município de Lagoa Nova-RN, região onde se encontra o poço semi-artesiano e que faz parte da região do cristalino.

A salinidade das águas naturais está ligada à presença de sais minerais dissolvidos formados por ânions como cloreto, sulfato e bicarbonato e cátions como cálcio, magnésio, potássio e sódio (LIBÂNIO, 2016). Há uma dificuldade em determinar a concentração de cada sal, mas o somatório de todos os sais indica a magnitude da salinidade. Esse parâmetro expressa a quantidade de sais minerais dissolvidos na amostra de água, correspondendo ao peso em gramas dos sais presentes em 1000g de água.

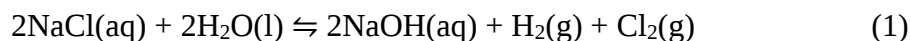
Segundo o Ministério da Saúde (2006), para que água esteja dentro do padrão de potabilidade o valor de sólidos totais dissolvidos deve atender ao limite 1000 mg/l.

2.2 Hipoclorito de Sódio

O hipoclorito de sódio (NaOCl) foi utilizado pela primeira vez como água de Javele, constituindo-se de uma mistura de NaOCl e potássio. Em 1820, Labarraque obteve o NaOCl com teor de cloro ativo de 2,5% utilizando-o para anti-sepsia de feridas (BORIN, BECKER, OLIVEIRA, 2007).

O hipoclorito de sódio é um sal inorgânico de fórmula molecular NaClO, densidade igual a 1,07-1,14 g cm⁻³, massa molar igual a 74,22 g mol⁻¹, ponto de ebulição igual a 101 °C e ponto de fusão igual a 18°C, sua aparência é de um sólido branco e inteiramente solúvel em água. (NERVA *et al.*, 2009)

Para formar o hipoclorito é necessário que o gás cloro (Cl₂) reaja com a soda causticas. Segundo LIMA (2018), no processo industrial o cloro pode ser obtido por meio de cloretos e ação de agentes oxidantes, ou pela eletrólise, sendo a eletrólise a mais comum. Na eletrólise, o cloro é produzido pela passagem de corrente elétrica em solução de salmoura produzindo, além do cloro, soda cáustica (hidróxido de sódio) ou potassa cáustica (hidróxido de potássio) e gás hidrogênio (H₂). A reação (1) representa a química envolvida nesse processo.



A soda cáustica pura é um sólido branco, quebradiço, que absorve com rapidez a umidade e o dióxido de carbono no ar, contém geralmente 98% de NaOH. LUCCA (2016) descreve que o termo soda cáustica é bastante usado, pois é corrosiva a pele, o desenvolvimento do produto sólido comercializável provém dos fabricantes de soda Barrilha (Na₂CO₃) que o obtinham mediante uma caustificação pela cal na equação (2).

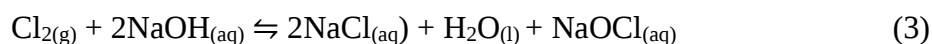


O NaOCl possui diversas aplicações algumas delas são como desinfetante e desodorante em leiteiras, fábricas de laticínios, suprimentos de água e rejeitos de esgotos e em atividades domésticas, também é usado na produção de água sanitária, no tratamento de efluentes

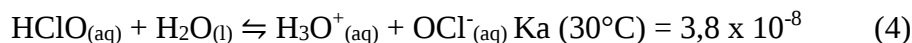
industriais, em águas de piscinas, na desinfecção hospitalar e, principalmente, no tratamento de água destinada ao consumo urbano (LUCCA, 2016).

Algumas características são cor amarelada com odor característico e levemente irritante que se decompõe facilmente à presença de luz e calor. É um forte agente oxidante, reagindo principalmente com matéria orgânica.

Segundo LIMA (2018) o hipoclorito de sódio é obtido através da reação do cloro (Cl_2) com uma solução diluída de soda cáustica, de acordo com a reação (3).



Na água, os íons de hipoclorito se hidrolisam, tornando o meio ácido e formando o ácido hipocloroso (HClO), o qual possui alto poder oxidante e é dito o responsável pela característica de alvejamento. Além disso, como pode ser analisado pela reação (4), observa-se que a constante de dissociação do ácido hipocloroso é baixa, assim, compostos clorados são mais efetivos em pH relativamente baixos quando a presença do ácido ainda é predominante e sua ação sanitizante pode ser considerada efetiva.



A solução com 2,0 a 2,5% de hipoclorito de sódio é conhecida e comercializada sob a nomeação “água sanitária”, este composto por ser um forte agente oxidante é muito utilizado como alvejante e também usado para limpeza e higienização de ambientes e desinfecção de alimentos consumidos in natura como frutas e verduras (NERVA *et al.*, 2010).

A temperatura é um dos fatores essenciais na qualidade da solução e não envolve somente a temperatura utilizada na produção do hipoclorito, mas também a de sua estocagem, é importante que o armazenado seja feito em local arejado e de temperaturas amenas, pois a reação do cloro com o hidróxido de sódio é altamente exotérmica (GAMBARINI *et al.*, 1998).

Outro fator que pode implicar na qualidade do hipoclorito é a luminosidade, a luz pode afetar a decomposição dos produtos, acelerando a mesma. Por esse motivo, deve-se evitar a exposição do armazenamento e frascos contendo a solução de hipoclorito de sódio à luz solar, seja no transporte como no armazenamento (LIMA, 2018).

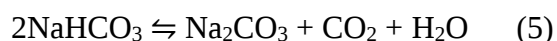
2.3 Carbonato de Sódio (Na₂CO₃)

Segundo Nunes, Couteiro e Mello (2010), o Carbonato de sódio começou a ser fabricado a mais de 200 anos atrás e possui uma grande importância na história da química, industrialmente conhecido por Barrilha. Utilizada principalmente na produção de vidros, reagentes químicos, sabões e detergentes.

O Carbonato de sódio é um sal branco e translúcido encontrado normalmente heptahidratado, sua fórmula química Na₂CO₃, apresenta pH alcalino quando em solução aquosa, devido a hidrólise sofrida pelo ânion carbonato

Propriedades químicas: Massa molar 105,9984 g/mol; Densidade 2,54 g/cm³; Ponto de fusão 851 °C; Ponto de ebulição 1600 °C; Solubilidade em água 22 g/100 mL (20°C); não inflamável; irritante a pele; instável a altas temperaturas.

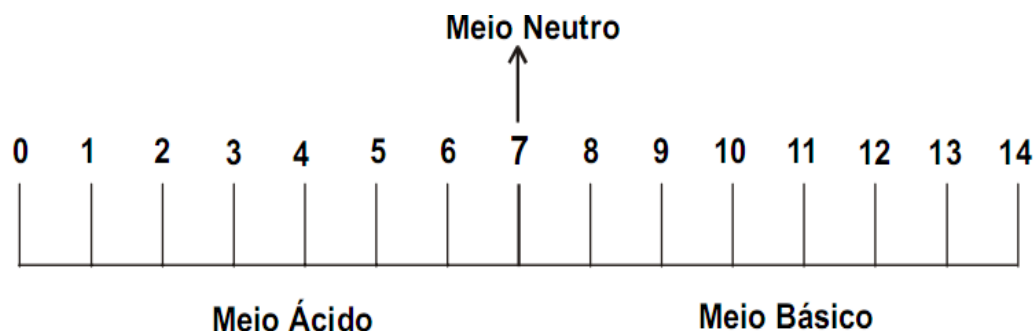
O processo de obtenção do carbonato de sódio segundo Nunes, Couteiro e Mello (2010), é o de Solvay Consiste num método industrial de produção de carbonato de sódio (Na₂CO₃) a partir de carbonato de cálcio (CaCO₃), de cloreto de sódio (NaCl) e de amoníaco (NH₃), o processo começa quando se realiza o aquecimento de carbonato de cálcio (calcinação), formando-se óxido de cálcio (CaO) e dióxido de carbono (CO₂), que é seguidamente borbulhado numa solução de cloreto de sódio em amoníaco e este último converte-se em hidrogenocarbonato de amónio (NH₄HCO₃). O hidrogenocarbonato de amónio forma, com o cloreto de sódio, hidrogenocarbonato de sódio (NaHCO₃). Quando aquecido, o hidrogenocarbonato de sódio transforma-se em carbonato de sódio, água e dióxido de carbono. O óxido de cálcio, produzindo na primeira reação, é utilizado para voltar a produzir amoníaco a partir de cloreto de amónio. Desta forma, recupera-se sempre a substância mais valiosa, o amoníaco, e apenas se consome sal comum e carbonato de cálcio, como mostra a equação (5).



2.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Segundo RODRIGUES NETO (2014), o potencial Hidrogeniônico representa o equilíbrio entre íons H⁺ e OH⁻, ou seja, a intensidade das condições ácidas e alcalinas do meio. Sua escala antilogarítmica varia de 0 a 14, onde valores abaixo de 7 indicam um meio ácido e o valor igual a 7 indica um meio neutro, valores superiores a 7, meio alcalino. A figura 3 ilustra a escala de 0 a 14.

Figura 3- Escala de pH



Fonte: Pinto (2007)

O potencial hidrogeniônico é um parâmetro de suma importância na rotina laboratorial, em estudos de sistemas aquáticos, e em vários processos e operações industriais. O pH de um corpo hídrico pode ter origem natural ou ser modificado por introdução de resíduos (RODRIGUES NETO, 2014).

O padrão estabelecido de potabilidade da água possui uma faixa de pH entre 6,0 e 9,5 para consumo humano, e para a manutenção da vida aquática autores recomendem uma faixa de 6,0 a 9,0 (LIBÂNIO, 2008).

Um estudo realizado por Costa *et al.* (2006), o pH das águas do aquífero cristalino variou de 4,8 a 9, com média de 7,2, com uma certa tendência, a águas ligeiramente básicas. Nas análises 81,8% das amostras consideradas apresentaram valores entre 6 e 8, com a predominância de águas com pH entre 7 e 8. Por base os valores médios de pH obtidos por zonas, verifica-se que nas zonas Seridó e Serrana, o pH é ligeiramente básico, de 7,2 e 7,3, respectivamente. A zona Serrana é onde se encontra o poço analisado no decorrer do trabalho.

A avaliação do pH é necessária para atestar a conformidade de inúmeros produtos em relação a normas ou regulamentações. O pH mínimo da água sanitária na forma pura é de 11,5 (onze vírgula cinco) e deve cumprir um prazo de validade de até 6 (seis) meses, o pH máximo do produto puro deve ser de 13,5 (Resolução nº 110/09 da ANVISA).

2.5 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica ou condutância específica indica a capacidade da água de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions (LIBÂNIO, 2016).

De acordo com o SI, a unidade padrão da CE, é o (S m^{-1}), mas geralmente em medições realizadas em amostras de águas utiliza-se os seus múltiplos como unidades (PINTO, 2007), neste trabalho a CE é expressa em $\mu\text{S/cm}$.

A condutividade elétrica de uma água varia com a temperatura e assim sendo, a mesma é geralmente ajustada a temperatura de 25 °C. A condutividade elétrica das águas das rochas cristalinas no seu contexto geral varia de 28,5 $\mu\text{S/cm}$ a 24320,0 $\mu\text{S/cm}$, com um valor médio de 4359,7 $\mu\text{S/cm}$ e um valor modal de 3952 $\mu\text{S/cm}$ (Costa *et al.*, 2006).

Os sólidos totais dissolvidos correspondem ao somatório de todos os cátions e ânions presentes nas águas e expressa de forma absoluta o grau de salinidade das águas, apresentando boa correlação com a condutividade elétrica. Segundo Costa *et al.* (2006), na região Serrana os principais sais presentes nas águas de poços foram o sódio, Magnésio, Cálcio, cloreto, sulfato e o Bicarbonato.

A Resolução nº 357/05 do CONAMA, classifica as águas em três categorias com relação a sua salinidade. Água doce, salinidade igual ou inferior a 0,5%; água salobra, salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%; e água salina, igual ou superior a 30% (BRASIL, 2005). O Ministério da saúde (2006), estabelece que as águas naturais apresentem teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S/cm}$.

Sabendo a condutividade elétrica é possível determinar a quantidade total de sais dissolvidos na água através da equação (6).

$$\text{STD} = ((\text{CE}^{\wedge} 1,0878) * 0,4665) \quad (6)$$

2.6 Teor de Cloro ativo

Segundo a Resolução nº 110/09 da ANVISA água sanitária: solução aquosa com a finalidade de desinfecção e alvejamento, cujo ativo é o hipoclorito de sódio ou de cálcio, deve obedecer a faixa teor de cloro ativo entre 2,0% (dois por cento) e 2,5% (dois vírgula cinco por cento) p/p (peso por peso).

2.6.1 Titulometria

Skoog (2006, p.320) introduz a titulometria a um grupo de métodos analíticos que tomam como base a determinação da quantidade de um reagente de concentração conhecida que é preciso para que reaja completamente com a analito de interesse. A titulação pode ser classificada como gravimétrica ou volumétrica, sendo gravimétrica ligada a massa do reagente e na volumétrica liga ao volume da solução.

Na titulação volumétrica um volume conhecido da solução padrão é adicionado a uma bureta e gotas da solução padrão é adicionada a um erlenmeyer com a solução a ser analisada, o ponto de equivalência (momento em que as concentrações do titulante e do titulado atingem as proporções estequiométricas) normalmente é definido pela variação da cor do indicador aplicado (SKOOG, P.320-321).

A titulometria volumétrica utiliza-se o sistema iodo-iodeto, o sistema apresenta um potencial padrão $E^{\circ} = 0,535$ Volts intermediário, resultando que tanto pode ser usado para oxidar substâncias fortemente redutoras ou para reduzir substâncias oxidantes relativamente fortes. O método de determinação baseia-se no fato do cloro poder deslocar o bromo e o iodo de seus sais. Dessa forma, ao se adicionar iodeto de potássio (KI) à solução, poderemos dosar o iodo liberado com solução padronizada de tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$), usando solução de amido como indicador (MATOS, 2011).

3 METODOLOGIA

A qualidade da água da sanitária está diretamente relacionada com o seu padrão de qualidade dentro de normas e parâmetros exclusivos para este fim. A água do poço utilizada foi coletada diretamente na fonte, e em seguida, feito análise de pH e condutividade no laboratório

3.1 Condutividade Elétrica (CE)

Para determinar a condutividade elétrica utilizou-se um medidor digital de CE, um balão volumétrico de 1 L e um Becker de 100 mL. O medidor possui uma escala de 0 a 1999 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sabendo que água é salina, tomou-se o cuidado para não ultrapassar o limite máximo da escala, pegou-se 10 mL da água e a diluiu em um balão de 1 L com água destilada. Preparada a solução

colocou-se 80 mL em um Becker e aplicou o teste de CE, o aparelho apresentou um valor de 41 uS/cm.

Figura 4- Teste de condutividade elétrica



Fonte: Autoria própria (2019)

3.2 Soluções de água sanitária

Na preparação das soluções de água sanitária utilizou-se três tipos água, água do poço, água destilada e água da Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte - CAERN. Basicamente na composição das amostras usou-se água, hipoclorito de sódio e carbonato de cálcio (Barrilha leve). Para preparar cada amostra separou-se três provetas de 250 mL, três balões volumétricos de 1L, Becker e uma balança. Visto que o valor de cloro ativo das amostras deve estar entre 1,75% e 2,5%, e que a quantidade de água sanitária preparada seria 1 L. Já sabendo o valor desejado de teor de cloro ativo, calculou-se o valor usado de hipoclorito para ser misturado com água e o carbonato de sódio. Considerando que o hipoclorito possuía uma concentração de 10 % de cloro ativo, então, realizou-se a seguinte regra de três:

$$10\% = 1000 \text{ mL}$$

$$2,5\% = V_{\text{hipoclorito}}$$

Encontrou-se um volume de 250 mL de (NaOCl), o volume encontrado foi utilizado em todas as amostras. Para preparar as amostras, aferiu-se 250 mL de hipoclorito e adicionou-o a um balão volumétrico, mediu-se 740 mL de água, e em seguida pesou-se 10 g de carbonato de sódio em um Becker, e por fim misturou-se água com o carbonato de sódio no balão de volumétrico junto ao hipoclorito. Na primeira solução preparada usou-se água destilada, com o intuito de criar uma solução padrão sem a presença de sais. O mesmo procedimento foi repetido para formular a água sanitária com água da Caern e a água sanitária com a água do poço.

Figura 5 – Soluções água destilada/poço



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 6 – Solução filtrada



Fonte: Autoria própria (2019).

3.3 Determinação do (pH)

Na análise de Potencial Hidrogeniônico (pH) foi utilizado um pHmetro digital, previamente configurado e calibrando. Na configuração é definida a função pH, quais soluções tampão será usada e a temperatura que posse ser inserida manual ou automática. As soluções tampão utilizadas na calibração foi a de pH =4, pH=7 e pH=10, na figura 7 é apresentado as soluções tampão. O processo de calibração é feito manualmente onde é necessário o operador utilizar as três soluções. A figura 8 mostra o aparelho calibrado.

Figura 7 – Soluções tampão

Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 8 – Teste de pH

Fonte: Autoria própria (2019)

Após o aparelho calibrado iniciou-se as medições de cada amostra, primeiro mediu-se o pH da água do poço pura, em seguida o pH da água sanitária preparada com a água do poço, a água sanitária preparada com água da Caern, a água sanitária preparada com água destilada e a água sanitária de mercado (X).

3.4 Determinação do Cloro ativo

O método de determinação fundamenta-se no fato do cloro poder mover o bromo e o iodo de seus sais. Para isso, ao se adicionar iodeto de potássio (KI) à solução, poderemos medir o iodo liberado com solução padronizada de tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), usando solução de amido como indicador (MATOS, 2011).

O teor de cloro ativo das amostra foi determinado utilizado o método descrito no artigo de (NUNES *et al.*, 2012), para executar a análise foi preciso preparar soluções de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) a 10% (p/p), Iodeto de Potássio (KI) a 20% (p/p), Tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) a 0,1M, solução de amido 5 % (p/v) e utilizar as seguintes vidrarias: bureta de 50 mL, pipetas de 10 mL e 5 mL com auxílio de pêra de borracha, Balão volumétrico de 100 mL e erlenmeyer de 125 mL. Primeiro mediu-se 10 mL da água sanitária e 90 mL de água destilada,

ambas adicionadas e diluídas em um balão de 100 mL. Mediu-se 10 mL da solução preparada e a adicionou a um erlenmeyer de 125 mL, depois foram colocadas no erlenmeyer 10 mL da solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 10% (p/p), 10 mL de KI a 20% (p/p) e 5 mL de água destilada com o auxílio de pipetas graduadas de 10mL e pêra de borracha. Usando a bureta de 50 mL com a solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 mol/L titulou-se a amostra até apresentar a coloração amarelada. Em seguida colocou-se 5 mL de solução de amido a 5% (p/v) que logo modificou a cor da solução para uma coloração azul escura. Continuou-se a titulação até que a cor azul escura desaparecesse e ao final verificou-se o volume gasto em mL de Tiossulfato. O procedimento repetiu-se por três vezes para cada amostra de água sanitária.

Figura 9 – Solução diluída



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 10 – Solução com Amido



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 11 – Ponto de virada



Fonte: Autoria própria (2019)

Com o valor de volume gasto do Tiossulfato ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) foi possível determinar o valor de cloro ativo através da formula abaixo:

$$\text{CLORO ATIVO (\%)} = (V_1 \times N \times \text{MeqCl}_2 \times 100) / V_{\text{aliquot}} \times V_{\text{dil}}$$

Onde:

V_1 = volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ gasto na titulação;

N = Normalidade da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ = (0,1) concentração de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;

MeqCl_2 = Miliequivalente-grama do Cl_2 = $35,5 \times 10^{-3}$;

V_{aliq} = volume da alíquota para a diluição utilizada na titulação, 10 mL (água sanitária + água destilada);

V_{dil} = volume final a diluição da solução após a diluição, 100 mL (água sanitária + água destilada);

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As análises em laboratório deram início por meio do teste de condutividade elétrica e de potencial hidrogeniônico, com o intuito de determinar o quanto a água do poço é salina e seu pH. Na análise de CE não é possível identificar quais os sais estão presentes na amostra, mas é possível saber o total de sais dissolvidos na água. A tabela 1 mostra o valor da condutividade elétrica encontrada a uma temperatura de 25 °C.

Tabela 1 – Condutividade elétrica

Condutividade Elétrica da água (25 °C)	
Valor	4100 uS/cm

Fonte: Autoria propria (2019).

Sabendo a condutividade elétrica foi possível determinar a quantidade de sais dissolvidos na água através da formula (6)

$$\text{STD} = ((4,1 \text{ mS/cm})^{1,0878}) * 0,4665 \quad (6)$$

A partir da fórmula (5) foi obtido um valor de 2,16 g/L.

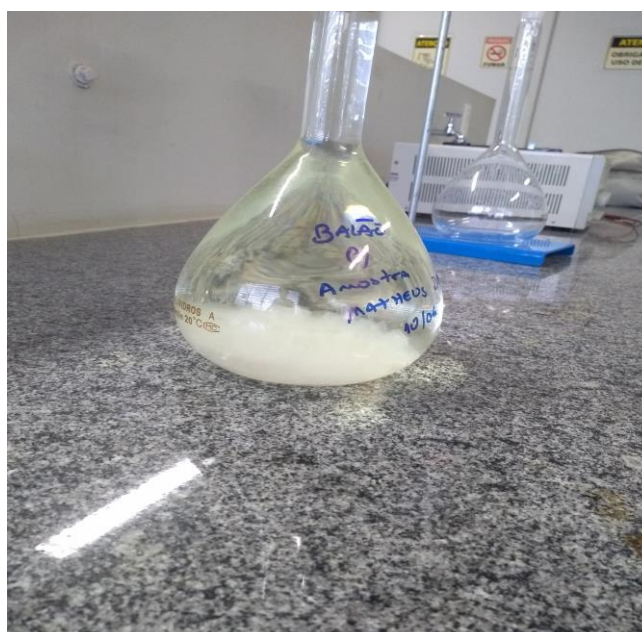
O valor do pH obtido da água do poço a 26,3 °C foi 3,57 (Tabela 5), com esse valor considera-se um meio ácido.

Conhecendo os valores de condutividade elétrica, sais totais dissolvidos e o pH da água é possível afirmar que a mesma é salobra e não atende os requisitos para o consumo humano determinado pelo Ministério da Saúde.

Após a preparação das soluções observou-se que a solução com a água do poço comportou-se de maneira diferente. Houve uma precipitação logo após a mistura do hipoclorito

e o carbonato de sódio com a água do poço, como mostra na figura 12. Para remover a precipitação formada, utilizou-se um sistema de filtração composto de funil com papel de filtro apoiada por um suporte universal para realizar a filtração e remover a precipitação. A formação deste precipitado pode ter ocorrido devido ao excesso de sais dissolvidos na água e, após a adição do hipoclorito de sódio, ter promovido a precipitação do cloreto de sódio. Como a salinidade da água é muito elevada, tomando como base o estudo de Costa *et al.* (2006), é possível estimar que a reação de precipitação que aconteceu nesta solução tenha sido proveniente da formação desses sais.

Figura 12 – Solução precipitada



Fonte: Autoria própria (2019).

Na tabela 2 são informados os valores de volume gasto na titulação de Tiosulfato de Sódio. Conhecendo o volume gasto pode se determinar o valor de cloro ativo da amostra, foram analisadas 4 amostras de diferentes tipos, as amostras A, B, C utilizando as respectivas águas na sua composição, água do poço, água destilada, água de abastecimento (torneira) e a amostra D é uma água sanitária x que foi comprada no comercio local.

Tabela 2 – Volume gasto de Tiossulfato de Sódio

	Volume gasto de Na ₂ S ₂ O ₃			
	A (mL)	B (mL)	C (mL)	D (mL)
27/06/2019	6,5	6,4	7,8	9,5
04/07/2019	6,4	6,2	6,1	9,5
11/07/2019	6,5	6,3	6,5	9,3
18/07/2019	6,4	6,4	6,4	9,3
25/07/2019	6,4	6,5	6,8	9,3
01/08/2019	6,4	6,5	6,8	9,3

Fonte: Autoria própria (2019).

Quanto maior for o volume gasto de Tiossulfato maior será o teor de cloro ativo da amostra.

Na tabela 3 estão apresentados os valores de cloro ativo de cada amostra analisada. As análises foram feitas semanalmente para acompanhar o comportamento do cloro livre no decorrer de 35 dias. Houve algumas variações no decorrer do tempo, essas variações podem ter sido causadas por erro de operador, efeito de temperatura ou o efeito da luz, sabe-se que o hipoclorito é estável na presença de luz e na variação de temperatura, é recomendado que temperatura esteja em torno de 22 °C, para que não haja a diminuição do cloro ativo da solução.

Tabela 3 – Teor de Cloro Ativo

	Teor de Cloro Ativo			
	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
27/06/2019	2,3	2,27	2,77	3,37
04/07/2019	2,27	2,2	2,16	3,77
11/07/2019	2,3	2,23	2,3	3,3
18/07/2019	2,27	2,27	2,27	3,3
25/07/2019	2,27	2,3	2,41	3,3
01/08/2019	2,27	2,3	2,41	3,3

Fonte: Autoria própria (2019).

Para obter um resultado com melhor precisão utilizou-se o artifício matemático desvio padrão amostral. Na tabela 4 estão a média dos valores de cloro ativo de cada amostra com seu desvio padrão estipulando o erro, Equação (7).

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \quad (7)$$

S = desvio-padrão;

Xi = Valores experimentais das amostras;

$\bar{X}$ = valor médio das amostras;

N = nº de amostras

Tabela 4 – Desvio padrão do cloro ativo

Desvio padrão do teor de cloro ativo			
A	B	C	D
2,28 ± 0,015	2,26 ± 0,040	2,39 ± 0,21	3,32 ± 0,036

Fonte: Autoria própria (2019).

Avaliando os resultados de cloro livre obtidos é possível afirmar que as amostras A,B e C obtiveram resultados positivos tomando como base a Anvisa que estipula que a água sanitária possua um valor de cloro ativo entre 2% a 2,5 %, com isso o primeiro parâmetro estabelecido pela norma de qualidade foi atendido, porém a amostra D apresentou um teor de cloro livre maior que o determinado pela Anvisa, sendo assim a amostra D não atendeu ao primeiro critério.

O segundo critério para determinar se as amostras estão dentro do padrão de estabelecido pela Anvisa é o teste de pH. Na tabela 5 estão presentes os valores de pH para cada solução com suas respectivas temperaturas.

Tabela 5 – Valores de pH

Análise de pH		
	pH	T (°C)
Água do poço	3,57	26,3
Água sanitária do poço	11,6	26,2
Água sanitária da Caern	12,03	26
Água sanitária destilada	12,05	26
Água sanitária do Mercado	12,66	25,5

Fonte: Autoria própria (2019).

A Anvisa estipula que o pH da água sanitária esteja entre 11,5 e 13,5, então, analisando os resultados obtidos é notório que todas águas sanitárias presente na tabela obedeceram a faixa de valores determinado. Com isso é possível afirmar que a água do poço é completamente aplicável na formulação da água sanitária para fins comerciais mesmo passando por um processo de precipitação de sais. A mesma não alterou significativamente seu teor de cloro, comparando-a com as amostras de água destilada e da Caen que também foram utilizadas nas formulações deste estudo.

5 CONCLUSÃO

O trabalho foi realizado com o objetivo de se elaborar formulações de água sanitária variando-se a fonte de água utilizada para o preparo deste produto. Os resultados foram satisfatórios, pois foi possível constatar que a água sanitária composta pela água do poço apresentou resultados dentro das especificações regulamentadas pela ANVISA. Como a mesma atendeu a estes critérios, é possível realizar sua produção e comercialização. O teor de cloro ativo foi mantido quase que inalterado em relação ao tempo ou as outras amostras. Este fato está relacionado a boa fixação promovida pelo carbonato de sódio utilizado como agente fixador.

Dessa forma vale lembrar que a água sanitária é um composto instável e requer cuidados no seu manuseio. Foram tratados nesse trabalho parâmetro de qualidade de água e características que podem ser prejudiciais a água sanitária. A partir desses conhecimentos, é possível indicação de medidas que minimizem os fatores que aceleram a decomposição da água sanitária, como melhorias nos depósitos de armazenamento que evitem ação e degradação pela luz solar como também o controle da temperatura para mantê-la em ambientes abaixo de 22 °C.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, O. A.de. **Qualidade da água de irrigação**. [recurso eletrônico] / Otávio Álvares de Almeida. - dados eletrônicos. - Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

ANVISA, **Resolução nº 110 de 6 de setembro de 2016**. Dispõe sobre regulamento técnico para produtos saneantes categorizados como água sanitária e dá outras providências. Diário Oficial da União, nº 173 de 8 de setembro de 2016.

BORIN G.; BECKER A. N.; OLIVEIRA E. P. M. **A história do hipoclorito de sódio e a sua importância como substância auxiliar no preparo químico mecânico de canais radiculares**. Rev. De Endodontia Pesquisa e Ensino On-Line, Rio Grande do Sul, a. 3, n. 5, jan./jun. 2007.

BRASIL, 2005, **Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a Classificação dos Corpos de Água e Diretrizes Ambientais para o seu Enquadramento, Condições e 61 Padrões de Lançamento de Efluentes. Diário Oficial da União, nº 053 de 18 de março de 2005, p 58.

COSTA, A. M. B.; MELO, J. G.; SILVA, F. M. **Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil**. Águas Subterrâneas. Vol. 20, p. 67-82, 2006.

GAMBARINI, G.; DE LUCA, M.; GEROSA, R. **Chemical stability of heated sodium hypochlorite endodontic irrigants**. J Endod, Itália, v. 24, p. 432-434, jun. 1998.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Ed. Átomo –Campinas – SP. 2005.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas, Editora Átomo, 2ª Ed, 2008.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4. ed. Campinas: Editora Átomo, 2016. 638 p.

LIMA, Lara Dias. **ESTUDO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE HIPOCLORITO DE SÓDIO NA INDÚSTRIA DE SANEANTES**. 2018. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Química Bacharelado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

LUCCA, Lourenço de. **Controle de qualidade do Hipoclorito de Sódio no Processo de Produção**. 2016. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Química, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105062/Lourenco_de_Lucca.pdf?sequence=1>. Acesso em: 01 ago. 2019.

MATOS, Christiene R. L. de. **Relatório: Dosagem de cloro ativo**. Belém, 2011. 5 f. <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAem-UAC/determinacao-teor-cloro-ativo-agua-sanitaria-comercial>>. Acesso em: 06 jul. 2019.

NUNES, Daniele Gomes et al. **DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORO ATIVO NA ÁGUA SANITÁRIA**. Oriximiná, 2012. 5 f. <http://iolenecastro.blogspot.com/2012/11/experimento-determinacao-do-teor-de_17.html>. Acesso em: 06 jul. 2019.

NUNES, Anderson; COUTEIRO, Pedro; MELLO, Victor. **Carbonato de Sódio**. 2010. 24 f. Relatório (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

NERVA, Luiz Gustavo et al. **Avaliação do teor de hipoclorito de sódio em água sanitária: Execução e validação de metodologia**. Lins – SP, 2009. Disponível em: <<http://www.unisalesiano.edu.br/encontro2009/trabalho/aceitos/CC35047294811.pdf>> Acesso: 03.Ago.2019.

NERVA, Luiz Gustavo et al. **AVALIAÇÃO DO TEOR DE HIPOCLORITO DE SÓDIO EM ÁGUA SANITÁRIA EVALUATION OF THE CONTENT OF SODIUM HYPOCHLORITE IN WATER HEALTH**. Lins-sp, São Paulo, v. 2, n. 1, p.1-10, jul. 2010. Disponível em: <<http://www.salesianolins.br/universitaria/artigos/no2/artigo57.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2019.

PINTO, M.C.F. **Manual medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido**, Belo Horizonte, 2007.

RODRIGUES NETO, Miguel Paulo. **ESTUDO DA QUALIDADE DE ÁGUAS DE POÇOS NO IGUAPE-CE**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SKOOG, et al. **Fundamentos de Química Analítica**. 8. ed. São Paulo: Thomson, 2006. 1026 p.

SAUDE, Ministério da. **VIGILÂNCIA E CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO**. Brasília: Editora Ms, 2006. 213 p. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2019.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; DE JULIO, M.; GONÇALVES, J. C. S. I. **Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP)**. Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.13, n.3, p.329-338, 2008.

VALADÃO, Cati E.a. et al. **Classificação Climática da Microrregião do Seridó/RN**. Natal, p.1-5, abr. 2010.
<https://www.researchgate.net/publication/303053990_Classificacao_Climatica_da_Microrregiao_do_SeridoRN>. Acesso em: 06 jul. 2019.