



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA E FÍSICO-QUÍMICA**  
**CURSO DE QUÍMICA BACHARELADO**

**TÚLIO CORDEIRO ARAGÃO**

**ANÁLISE DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**  
**EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DO CEARÁ**

**FORTALEZA**  
**2022**

TÚLIO CORDEIRO ARAGÃO

**ANÁLISE DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS  
EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DO CEARÁ**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Química do Departamento de Química Analítica e Físico-Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química com Habilitação Industrial.

Orientador pedagógico: Prof. Dr. Jair Mafezoli.  
Orientadora profissional: Dra. Paula Luciana Rodrigues de Sousa.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A672a            Aragão, Túlio Cordeiro  
                    Análise da Demanda Química de Oxigênio em Águas Subterrâneas em municípios do Estado  
do Ceará / Túlio Cordeiro Aragão. – 2022.  
                    49 f. : il. Color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de  
Ciências, Curso de Química, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Jair Mafezoli.

Coorientação: Prof. Dr. Paula Luciana Rodrigues de Sousa.

1. Águas subterrâneas. 2. Qualidade da água. 3. Matéria Orgânica. 4. Demanda Química de  
Oxigênio. I. Título.

CDD 540

---

TÚLIO CORDEIRO ARAGÃO

**ANÁLISE DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS  
DE MUNICÍPIOS DO ESTADO DO CEARÁ**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Química do Departamento de Química Analítica e Físico-Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química com Habilitação Industrial.

Aprovada em: 11/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Jair Mafezoli (Orientador pedagógico)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Paula Luciana Rodrigues de Sousa (Orientadora profissional)  
Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC)

---

Msc. José Ribamar Paiva Junior (Examinador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus avós, Maria Zanetti e José Gervásio.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda força, coragem, saúde, paciência e capacidade para realização de minhas atividades e obrigações.

A Universidade Federal do Ceará e a todos os professores e funcionários, por toda estrutura disponibilizada durante minha graduação, oportunidades, conhecimentos, amizades e ensinamentos fornecidos.

Ao Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará por ter aceitado a realização do meu estágio e por toda a estrutura disponível para a realização do mesmo.

Aos meus avós, Maria Zanetti (*in memoriam*) e José Gervásio, por todo o amor, carinho, dedicação, suporte, apoio incondicional, por serem meu porto seguro e minha maior inspiração.

Aos meus pais, Maria Goretti e Antônio José, por todo amor, esforço, dedicação, suporte, além de todo o incentivo aos estudos. Serei eternamente grato.

Ao Prof. Dr. Jair Mafezoli, por ter aceitado a missão de ser meu orientador, pelas orientações dadas, pelos ensinamentos passados, pela amizade, por ser um professor incrível e muito positivo.

A Dr<sup>a</sup>. Paula Luciana Rodrigues de Sousa pela oportunidade aberta para realização do estágio.

A minha irmã, Mariana, pelos momentos de companheirismo, escuta, aconselhamento, amor e apoio em todas as minhas decisões.

A minha namorada, Carolina, por todo o amor, cuidado, zelo, por toda ajuda, paciência, alegria, incentivo, força, por ser uma namorada incrível, muito compreensiva e encorajadora, que sempre me proporciona os melhores momentos e os melhores sorrisos. Amo você!

Aos meus primos, Lara e Filipe, por todos os momentos de descontração, amizade e parceria de sempre.

Ao meu irmão de coração, Silvio Jr, por todos os anos de amizade, conselhos, por compartilhar ideias, alegrias (e tristezas também), por todo o apoio incondicional e por ser um grande incentivador!

Aos amigos da vida e infância, Pedro, Cayque, Camilla, Thomás, Rayssa Medeiros, Matheus Augusto, Gustavo e Itallo, assim como toda Família FM, por toda amizade, amor, força, momentos de alegria e companheirismo de sempre.

A minha amiga e parceira de laboratório, Ludmila Virna, pela amizade, por estar ao meu lado durante toda a graduação, pelos momentos de ajuda, companheirismo, apoio, paciência, escuta, pelas inúmeras vezes foi minha dupla nas disciplinas, pelos conselhos, pelos materiais que sempre enviava para ajudar, pelas horas de estudo compartilhadas e por todos os momentos de descontração e alegrias vivenciados nesses anos de faculdade.

Aos meus dois grandes amigos, João Luis e Adisom Lucas, pelo companheirismo, alegrias (e tristezas) compartilhadas, apoio, pelos momentos ímpares no Restaurante Universitário, pelas milhares de partidas de tênis de mesa e futmesa no DA (a freguesia era grande), por tornarem o corredor do 937 um lugar histórico, por toda a descontração e, acima de tudo, pela amizade. Amigos que pretendo levar para vida!

A todos os amigos que fiz durante o curso, ou indiretamente pela Química, Ana Clara, Ivaniely, Victoria, Luiz Carlos (“Junior”), Maria Vitória (“Mafaldinha”), Vinicius, Gabriel, Brenner, Marcus Vinicius, Thiago (“Devedor”) e Ramon, por tornarem a universidade muito mais divertida, por todos os momentos de descontração durante as aulas, jogos no DA, grupos de estudo, aprendizado e amizade durante essa jornada.

Aos amigos do Laboratório de Polímeros e do grupo do racha, Marquinhos, Rodrigo, Fabrício (Dr. Química), Rhamon (misto), Irisvan, Ribamar, Venicius, Everton, Carlos Pinheiro, Raelle, Rayane, Aline, Matheus, Vanessa e Neto, por terem feito parte do meu primeiro contato com o laboratório, por todo o acolhimento, pelas risadas, ensinamentos, cuidado que tiveram quando quebrei a mão, pela freguesia nos rachas (e também no bolão), por terem sido fundamentais na minha evolução profissional e pessoal, por serem exemplo a ser seguido e por tornarem o LabPol o melhor laboratório da UFC.

Aos funcionários do Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará - NUTEC, Christiane, Eirilândia (“Laninha”) e João Pedro pela contribuição, paciência, ensinamentos, risadas e disponibilidade para o desenvolvimento do presente trabalho.

*“Aim for the moon. Even if you make mistakes  
you will fall among the stars.”*

- Norman Vincent Peale.

## RESUMO

Por possuir uma quadra chuvosa irregular durante o ano, os reservatórios superficiais de água do Estado do Ceará apresentam baixos níveis, elevando, assim, o risco de crise hídrica no estado. Uma alternativa para viabilizar a obtenção de água para os municípios do estado é a utilização de águas subterrâneas, acessadas por meio da perfuração de poços profundos. Apesar de serem águas menos suscetíveis a riscos de poluição por conta de sua geolocalização, as águas subterrâneas podem ser poluídas por ações antrópicas, como o despejo irregular de esgoto, tornando uma caracterização de sua qualidade um estudo indispensável. Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar a qualidade de águas subterrâneas, com enfoque na Demanda Química de Oxigênio (DQO) e relacionar esta variável com a quantidade de matéria orgânica presente nas amostras. Foram realizadas as análises de DQO, utilizando a técnica colorimétrica conforme descrita em APHA (2017), em 15 amostras coletadas, seguindo os procedimentos descritos no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Águas, Sedimentos e Efluentes da Agência Nacional das Águas (ANA, 2011), no segundo semestre de 2021, de três municípios localizados no interior do Estado do Ceará. Com base nas análises realizadas e levando em consideração os valores médios de DQO e sua relação com a presença de matéria orgânica, os municípios 1 e 2 apresentaram valores de relacionados com áreas que contam com uma atividade antrópica e industrial (79,10 e 55,43 mg O<sub>2</sub>/L, respectivamente). O município 3 apresentou valores correspondentes a áreas com baixa atividade antrópica (31,30 mg O<sub>2</sub>/L), assim, com menos carga de matéria orgânica, podendo assim relacionar as águas subterrâneas com a poluição de matéria orgânica presente. Um desvio foi observado em apenas duas amostras do município 2, com DQO de 218,49 mg O<sub>2</sub>/L e 329,49 mg O<sub>2</sub>/L, estando as mesmas relacionadas com a presença de cloretos, considerado um dos principais interferentes na análise de DQO (APHA, 2017).

**Palavras-chave:** Águas subterrâneas; qualidade da água; matéria orgânica; Demanda Química de Oxigênio.

## ABSTRACT

Because it has an irregular rainy block during the year, the surface water reservoirs of the State of Ceará have low levels, thus increasing the risk of water crisis in the state. An alternative to enable the obtaining of water for the municipalities of the state is the use of groundwater, accessed through the drilling of deep wells. Although they are waters less susceptible to pollution risks because of their geolocation, groundwater can be polluted by anthropic actions, such as irregular sewage dumping, making a characterization of its quality an indispensable study. Thus, the present work aims to analyze the quality of groundwater, focusing on the Chemical Oxygen Demand (COD) and relate this variable with the amount of organic matter present in the samples. The COD analyses were performed, using the colorimetric technique as described in APHA (2017), in 15 samples collected, following the procedures described in the National Guide for The Collection and Preservation of Water, Sediments and Effluents of the National Water Agency (ANA, 2011), in the second half of 2021, from three municipalities located in the interior of the State of Ceará. Based on the analyses performed and taking into account the mean values of COD and its relationship with the presence of organic matter, the municipalities 1 and 2 presented values of related to areas that have an anthropic and industrial activity (79.10 and 55.43 mg O<sub>2</sub>/L, respectively). Municipality 3 presented values corresponding to areas with low anthropic activity (31.30 mg O<sub>2</sub>/L) thus, with less load of organic matter, thus being able to relate groundwater to the pollution of organic matter present. A deviation was observed in only two samples from municipality 2, with COD of 218.49 mg O<sub>2</sub>/L and 329.49 mg O<sub>2</sub>/L, and the same ones were related to the presence of chlorides, considered one of the main interferences in the analysis of COD (APHA, 2017).

**Keywords:** Groundwater; water quality; organic matter; Chemical Oxygen Demand.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição da água doce no planeta.....	17
Figura 2 – O ciclo da água na biosfera.....	18
Figura 3 – Molécula da água e seu ângulo de ligação.....	20
Figura 4 – Estados de agregação da molécula de água.....	21
Figura 5 – Distribuição desproporcional de água no Brasil.....	22
Figura 6 – Presença da água subterrânea nas regiões do solo.....	24
Figura 7 – Bloco Digestor da marca Solab.....	33
Figura 8 – Espectrofotômetro da marca Thermo Scientific.....	33
Figura 9 – Cores das soluções padrão utilizadas na confecção da curva de calibração após período de digestão.....	36
Figura 10 – Amostras do município 1, em ordem da esquerda para direita após o período de digestão.....	37
Figura 11 – Amostras do município 2, ordenadas da esquerda para direita, após o período de digestão.....	38
Figura 12 – Amostras do município 3, ordenadas da esquerda para direita, após o período de digestão.....	39
Figura 13 – Amostras H e I, da esquerda para direita, refeitas após o período de digestão.....	40
Figura 14 – Amostras H e I, respectivamente da esquerda para direita.....	41

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curva de Calibração para DQO – Absorbância <i>versus</i> Concentração (mg $O_2/L$ ) .....	34
---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Preparo das Soluções Padrão para Calibração e determinação da curva padrão.....	31
Tabela 2 – Relação entre as concentrações das soluções para o preparo da curva de calibração e as concentrações da solução padrão de Biftalato de Potássio preparada.....	31
Tabela 3 – Volumes Da solução padrão de Biftalato de Potássio para o preparo das soluções utilizadas na curva de calibração.....	32
Tabela 4 – Valores de Concentração de DQO (mg O <sub>2</sub> /L) e Absorbância, relacionados com o Volume da Solução Padrão, para obtenção da Curva de Calibração para DQO.....	35
Tabela 5 – Volumes de Absorbância e DQO (mg O <sub>2</sub> /L) das amostras do município 1.....	37
Tabela 6 – Volumes de Absorbância e DQO (mg O <sub>2</sub> /L) das amostras do município 2.....	38
Tabela 7 – Volumes de Absorbância e DQO (mg O <sub>2</sub> /L) das amostras do município 3.....	39
Tabela 8 – Valores de Absorbância e DQO (mg O <sub>2</sub> /L) .....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ANA	Agência Nacional das Águas
APHA	American Public Helth Association
CNA	Conselho Nacional da Água
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
LQA	Laboratório de Química Ambiental
NUTEC	Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAVEH	Sistema de Autoavaliação da Eficiência Hídrica
SGB	Serviço Geológico do Brasil
SOHIDRA CE	Superintendência de Obras Hidráulicas do Ceará
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	16
<b>2.1.1</b>	<i>Objetivos Específicos</i> .....	16
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
<b>3.1</b>	<b>Água</b> .....	17
<b>3.1.1</b>	<i>Ciclo Hidrológico</i> .....	18
<b>3.1.2</b>	<i>A importância da água</i> .....	18
<b>3.1.3</b>	<i>Propriedades químicas da água</i> .....	19
<b>3.1.4</b>	<i>Água no Brasil</i> .....	21
<b>3.1.4.1</b>	<i>Água no Nordeste brasileiro</i> .....	22
<b>3.1.4.1.1</b>	<i>Água no Estado do Ceará</i> .....	22
<b>3.1.5</b>	<i>Águas Subterrâneas</i> .....	23
<b>3.1.6</b>	<i>Qualidade da Água</i> .....	25
<b>3.1.6.1</b>	<i>Demanda Química de Oxigênio (DQO)</i> .....	26
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	28
<b>4.1</b>	<b>Demanda Química de Oxigênio (DQO)</b> .....	28
<b>4.1.1</b>	<i>Preparo de Soluções</i> .....	28
<b>4.1.1.1</b>	<i>Solução de Ácido Sulfúrico Concentrado</i> .....	28
<b>4.1.1.2</b>	<i>Solução Padrão de Biftalato de Potássio</i> .....	29
<b>4.1.1.3</b>	<i>Solução Digestora</i> .....	29
<b>4.1.1.4</b>	<i>Solução Catalítica</i> .....	30
<b>4.2</b>	<b>Curva Padrão de calibração para DQO</b> .....	31
<b>4.3</b>	<b>Leitura das amostras</b> .....	33
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	34
<b>5.1</b>	<b>Curva de Calibração para DQO</b> .....	34
<b>5.2</b>	<b>Amostras do município 1</b> .....	36
<b>5.3</b>	<b>Amostras do município 2</b> .....	37
<b>5.4</b>	<b>Amostras do município 3</b> .....	38
<b>5.5</b>	<b>Avaliação de valores arbitrários</b> .....	39
<b>5.6</b>	<b>Avaliação de interferente</b> .....	40

<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável para a vida no planeta. Sua utilização está relacionada ao consumo humano, delimitando boa saúde e qualidade de vida, abastecimento doméstico, agricultura, indústrias e dessedentação animal, por exemplo. Segundo dados da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico, estima-se que de toda a água doce disponível, 69% encontram-se nas geleiras, sendo de difícil acesso, 30% são águas subterrâneas, localizadas em aquíferos, e apenas 1% encontra-se nos rios, local de mais fácil acesso ao ser humano (BRASIL, 2021).

O estado do Ceará possui um baixo valor de disponibilidade hídrica associada a diversos fatores. Baixos índices de precipitação, quadra chuvosa distribuída irregularmente durante o ano, altos índices de precipitação, possuir a maioria dos rios na configuração intermitente e ser hidrogeologicamente desfavorável, visto que mais de 80% do seu solo encontra-se sobre rocha cristalina e com poucos recursos hídricos subterrâneos (SOUZA FILHO, 2018).

Ainda que pouco disponível no estado, devido configuração histórica do solo e se comparada toda sua extensão, existem municípios cearenses que se beneficiam pela captação e uso das águas subterrâneas devido as pressões de demanda relacionadas com os longos períodos de estiagem, para garantir o abastecimento e enfrentar a crise hídrica ocasionada pelas poucas chuvas e baixo aporte dos açudes da região (SOUZA FILHO, 2018). Estudos apontam que a perfuração de poços profundos, em diversos municípios, aliado ao caráter emergencial, segue como a única alternativa para o abastecimento de tais municípios, com uma vazão per capita de 80 litros por habitante/dia (BRASIL, 2015).

Com o quadro da seca se agravando cada vez mais no sertão cearense, o Governo do Estado do Ceará, em fevereiro de 2015, definiu o Plano de Convivência com a Seca, documento que prevê medidas emergenciais, estruturais e complementares seguindo os eixos de segurança hídrica, segurança alimentar, benefícios sociais, sustentabilidade econômica e conhecimento e inovação (IPECE, 2015). Dentre os planos traçados pelo Governo do Estado, apresentado pelo Governador Camilo Santana, está presente a ação de perfuração de poços (BRASIL, 2021).

Desde o ano de 2015, a Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA) com o apoio da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) do Governo do Estado do Ceará já perfurou 8249 poços perfurados no Estado do Ceará, tornando possível o acesso de água potável para milhares de cearenses que enfrentam a crise hídrica no estado (BRASIL, 2021).

É de suma importância observar a qualidade dessas águas disponibilizadas para a população via perfuração de poços profundos, a partir das obras hidráulicas realizadas, com autoria do Governo do Estado do Ceará. Dentre os parâmetros que devem ser analisados para determinar a qualidade da água em questão, é necessário observar a concentração de matéria orgânica presente, visto que ela pode sofrer alterações, originar novos compostos, interferir na disponibilidade de nutrientes, na solubilidade e toxicidade de contaminantes e, possivelmente, alterar a acidez de águas naturais (BOWIE *et al.*, 1985).

É possível determinar a concentração de matéria orgânica presente na água a partir da análise da Demanda Química de Oxigênio (DQO). A DQO é uma análise que usada como medida de oxigênio equivalente ao necessário para oxidar a matéria orgânica contida em uma amostra utilizando um agente oxidante, onde, quanto maior a DQO, maior a quantidade de matéria orgânica presente na amostra e maior o grau de poluição da mesma (APHA, 2017).

Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo analisar 15 amostras de águas subterrâneas provenientes de poços profundos perfurados em três municípios, localizados no do Estado do Ceará, a partir do estudo da DQO, utilizando a técnica colorimétrica conforme descrita em APHA (2017), tecendo comentários a respeito da qualidade das amostras analisadas, assim como a possibilidade da presença de possíveis interferentes.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar a qualidade de águas subterrâneas de três municípios do estado do Ceará com enfoque na Demanda Química de Oxigênio (DQO), relacionada com a presença de matéria orgânica na amostra.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Obtenção de curva de calibração.

Determinar o teor de DQO.

Analisar possíveis interferentes para o caso de amostras que possuam um desvio acentuado se comparadas com as demais.

Comentar a respeito da qualidade das amostras analisadas.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Água

Segundo estudos, estima-se que cerca de 71% da superfície terrestre é coberta por água, totalizando um montante de, aproximadamente, 1,4 bilhões de km<sup>3</sup> (GRASSI, 2001). Nas condições encontradas, grande parte dessa água está localizada nos mares e oceanos, que possuem por volta de 97,5% de todo o volume existente na superfície, sendo classificada estas como “água salgada” (GRASSI, 2001). Do volume restante, 2,5%, classificado como “água doce”, aproximadamente 68,9% estão configurados na forma de gelo nos polos Norte e Sul, sendo de difícil acesso, 29,7% são águas subterrâneas armazenadas em aquíferos, 0,5% encontram-se nos rios e lagos e 0,9% em outros reservatórios, como nuvens e vapor d’água (SILVA E PEREIRA, 2009).

Figura 1: Distribuição da água doce no planeta.



Fonte: elaborada pelo autor.

Sendo assim, a necessidade humana e de todos os ecossistemas terrestres devem ser supridos com apenas 0,77% de toda a água presente no planeta, distribuídos entre atmosfera, aquíferos subterrâneos, que contam com grande parte desse volume, lagos naturais, pântanos, solo, seres vivos e rios, onde este último possui seu volume constantemente “renovado” pelo volume de água que precipita da atmosfera somado com o volume de água doce proveniente do degelo registrado nas bacias de drenagem (GRASSI, 2001).

Além de apresentar uma limitação de recurso, a água doce conta com uma distribuição irregular no planeta terra, onde cerca de 60% de sua totalidade se encontra nos limites

territoriais do Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, Estados Unidos, Índia, Colômbia e Peru (SILVA E PEREIRA, 2009).

### 3.1.1 Ciclo Hidrológico

A água, como substância em quantidade predominante na superfície da terra, ao interagir, em conjunto, com a energia solar, gravidade e rotação terrestre, pode sofrer alterações na sua forma física, alterando imediatamente a sua disponibilidade (SANTOS, 2021).

Classificado como um ciclo fechado que ocorre entre a superfície terrestre e atmosfera, devido ao fato de não haver perda de substância para fora da atmosfera, o ciclo hidrológico detalha a presença variável quanto a forma e disponibilidade da água no planeta, esteja ela encontrada em estado sólido, líquido ou dispersa na atmosfera em estado gasoso (BECKER, 2017).

Figura 2: O ciclo da água na biosfera.



Fonte: Portal Lógica Ambiental (2017).

### 3.1.2 A importância da água

A água é um produto essencial para a vida dos seres vivos no planeta. Desde pequenos seres vivos até os maiores mamíferos necessitam de água para sobreviver. É um composto primordial para a vida, sendo assim o foco de muitas expedições científicas realizadas em outros

planetas com o intuito de rastrear sua presença, visto que ela é considerada um fator que denota a possibilidade da existência de vida, ou que favoreça a existência de vida, fora do nosso planeta (BECKER, 2017).

Sendo a água o mais importante e crítico elemento para a vida humana, podendo variar de 50% a 60% da massa corpórea dos humanos, a depender do sexo e idade, o que corresponde a aproximadamente 42 litros em um indivíduo de 70 kg (MELO, 2010). Ela serve para hidratar, carrear os nutrientes, como o oxigênio, para o corpo, assim como sais minerais. Sua falta acarreta inúmeros problemas e falhas de funcionamento de órgãos, aumentando a concentração de algumas substâncias nocivas e dificultando a absorção de outras substâncias, levando o organismo a um colapso. A desidratação depende de uma série de fatores, sendo a estimativa de que um ser humano consiga sobreviver, no máximo, uma semana sem a ingestão de água. A ingestão do líquido varia conforme o peso da pessoa, sendo o volume de 35 mL multiplicado pelo peso corporal de cada indivíduo, sendo assim, um jovem de 65 kg deve ingerir, aproximadamente, 2,3 litros de água por dia para que se mantenha hidratado (CARVALHO E ZANARDO, 2010). Seu excesso também é maléfico, visto que pode ocasionar um desequilíbrio de eletrólitos no sangue, a notar o Sódio, podendo ocasionar uma falha no transporte ativo das células, levando a uma intoxicação, podendo causar torpor, confusão, convulsões e até parada cardíaca (PEREIRA JUNIOR, 2019).

### ***3.1.3 Propriedade químicas da água***

A água pura é insípida, isto é, sem gosto, inodora e incolor. É considerada neutra à 25° C. O estado de agregação de suas moléculas, dependendo do grau de agitação delas, são três: sólido, líquido e gasoso, em ordem crescente se considerada a agitação e energia de suas moléculas. Na fase sólida, as moléculas estão mais agregadas, com pouca energia, menos agitadas. Na líquida, as moléculas se encontram um pouco mais espaçadas, com um pouco mais de mobilidade se comparada a fase sólida e na fase gasosa, devido à alta energia envolvida, as moléculas, muito energizadas, encontram-se muito espaçadas. No nível do mar, a água possui o ponto de fusão marcado em 0° C e ponto de ebulição em 100° C (BECKER, 2017).

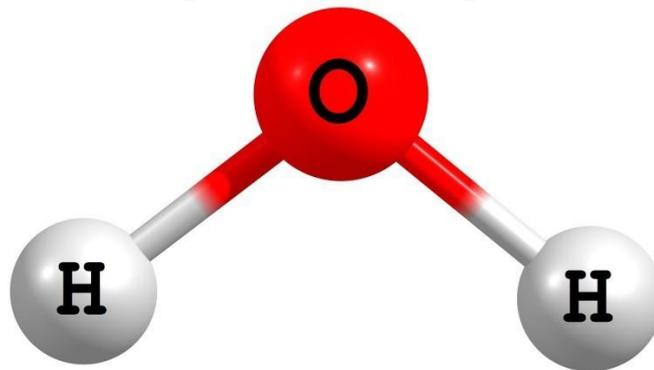
Por poder absorver muita energia antes de mudar seu estado físico, a água é capaz de atuar como um regulador térmico. Durante o dia, a água absorve energia proveniente do Sol, onde ela se conserva até o período da noite, devolvendo essa energia para o ambiente, fato esse que explica o motivo da baixa variação de temperatura em cidades litorâneas e a alta variação de temperatura, entre o dia e a noite, nas cidades mais afastadas do litoral (BECKER, 2017).

No corpo humano, assim como em alguns animais, a regulação ocorre pela sudorese, onde suamos quando agitados ou quando a temperatura ambiente se encontra elevada, regulando assim nossa temperatura corporal (MELO-MARINS, *et. al.* 2017).

É considerada como solvente universal pelo fato de conseguir dissolver mais substâncias do que qualquer outro líquido, além de ser o solvente mais abundante na Terra, tornando-se fundamental para vida, visto que inúmeras substâncias estão presentes dissolvidas na água, sendo transportadas por ela no interior do ser vivo. Ela também possui elevada tensão superficial, característica responsável pela sua elasticidade e tendência de manter suas gotículas unidas ao invés de separadas em uma superfície. A tensão superficial é a responsável pela ação capilar, permitindo que a água passe pelas raízes dos vegetais e possa adentrar pequenos vasos sanguíneos do corpo humano (BECKER, 2017).

A água é uma substância composta, formada por dois hidrogênios ligados a um oxigênio, sendo conhecida também por sua fórmula química,  $H_2O$ . A ligação que ocorre entre os dois elementos que formam a molécula é do tipo covalente, formando um ângulo de  $104,5^\circ$ , proporcionando uma geometria angular e a devida polarização da molécula, devido os pares de elétrons não compartilhados do oxigênio, o que demonstra que a água é uma molécula polar, que não possui igualdade na sua distribuição da densidade de elétrons (BECKER, 2017).

Figura 3: Molécula da água.

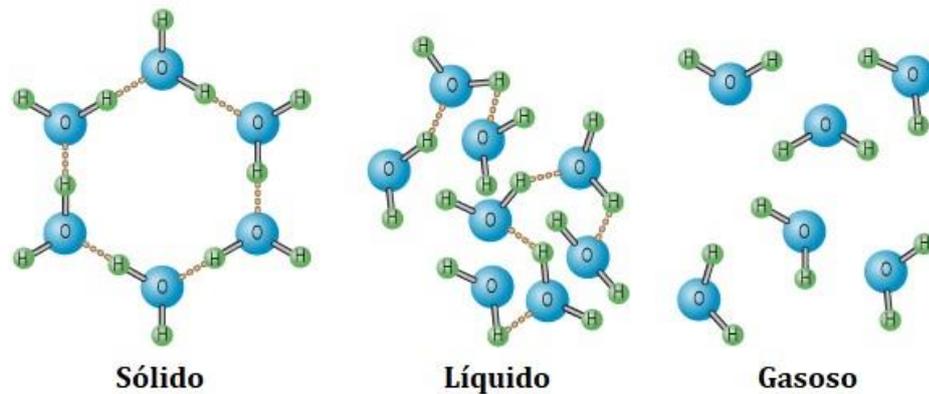


Fonte: elaborada pelo autor.

Por possuir uma carga parcial negativa no átomo de oxigênio, devido os elétrons não compartilhados pelo átomo, e carga parcial positiva no átomo de hidrogênio, essa polaridade faz com que existam “pontes” de interação entre o hidrogênio de uma molécula e o oxigênio de outra, com uma extremidade positiva e outra negativa, resultando essa atração no que chamamos de “ponte de hidrogênio”, responsáveis pela alta coesão de moléculas de água (BECKER, 2017). Esse é o tipo de interação intermolecular mais intensa, o que caracteriza moléculas com elevados pontos de fusão e ebulição. Devido esse tipo de interação, podemos

notar que a densidade da água no estado sólido é maior que a densidade dela no estado líquido, pelo fato da proximidade das moléculas. No estado sólido a molécula permite a realização de ligações de hidrogênio no formato hexagonal, o que faz com que exista espaços vazios na estrutura das moléculas agregadas, diminuindo, assim, a densidade da água no estado sólido se comparado ao líquido (FOGAÇA, 2021).

Figura 4: Estados de agregação da molécula de água.



Fonte: Olhar Químico (2020).

### 3.1.4 Água no Brasil

O Brasil possui 12% de todo o volume de água doce superficial presente no planeta (BICUDO, 2010), possuindo uma das maiores redes de rios perenes do mundo. A distribuição entre as regiões do país segue uma linha não proporcional se relacionada a quantidade de habitantes por região do Brasil. De acordo com a sua disponibilidade quanto a esse recurso, compromete-se, assim, o desenvolvimento populacional e regional. A escassez de água em alguns estados acaba por restringir a média de consumo diário adequado para o desenvolvimento humano e outras atividades como o crescimento de atividades agrícolas, agropecuárias e a presença de indústrias, por exemplo (ANA, 2021).

Figura 5: Distribuição desproporcional de água no Brasil.



### 3.1.4.1 Água no Nordeste brasileiro

A região Nordeste do Brasil, localizada geograficamente na zona intertropical do planeta, destacada com sua linearidade para com a linha do Equador, é a região do Brasil que mais sofre com a incidência dos raios solares, possuindo assim um clima marcado durante todo o ano, sendo seco e com elevadas temperaturas. Aliado a este fator, essa região conta com uma má distribuição do período chuvoso e com um índice pluviométrico insatisfatório. É a região do país que possui a maior quantidade de rios intermitentes, que secam durante o longo período de seca, do país (PIRES E FERREIRA, 2012).

#### 3.1.4.1.1 Água no estado do Ceará

O estado do Ceará, quarto maior estado do Nordeste em extensão territorial e o terceiro mais populoso, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE, 2021), possui um clima classificado como tropical quente semiárido, sofrendo com uma baixa disponibilidade hídrica. Fatores como índices anuais de precipitação menores do que os de evaporação, além

de seu contexto geomorfológico, onde o estado conta com grande parte de seu território localizado sobre um solo de rocha cristalina, detentora de um solo raso, com baixa profundidade, e poucas rotas hídricas subterrâneas contribuem para a baixa disponibilidade desse recurso e para que a grande maioria dos rios presentes no estado sejam classificados como intermitentes (FILHO, 2018).

O estado apresenta o índice de precipitação média anual com valores que variam se observados os setores litorâneos e interioranos, indo de 1400 mm a valores inferiores a 600 mm, respectivamente. O regime de chuvas no estado tem início em fevereiro e se estendem até junho, sendo responsável por 90% dos totais pluviométricos (SANTOS *et al.*, 2009).

### ***3.1.5 Águas subterrâneas***

As águas subterrâneas são classificadas como aquelas que se localizam abaixo da superfície terrestre, localizadas nos poros do solo, fraturas, falhas ou fissuras em rochas que se encontram compactadas segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS, s.d.). Essa água possui um papel muito importante se observados fatores como a preservação da umidade do solo, a manutenção da perenização de rios e lagos em períodos de estiagem, a estocagem e o abastecimento para uso humano (SOLDERA, 2017).

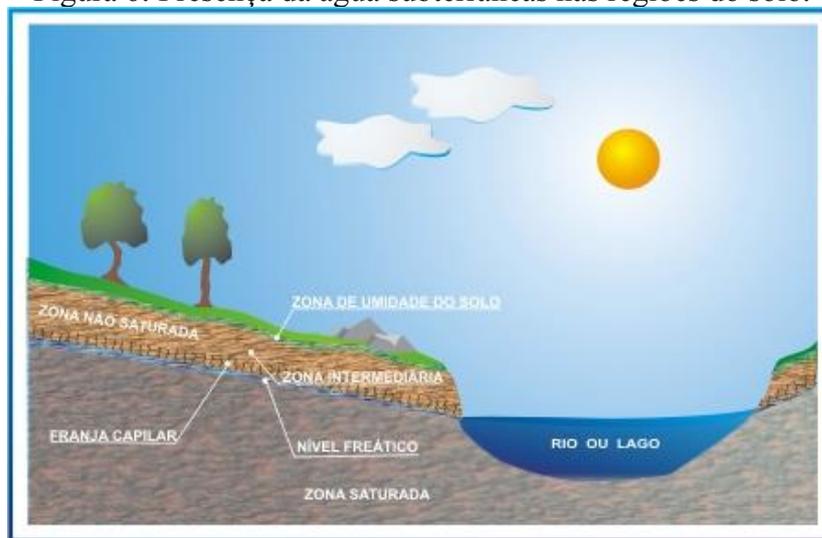
A presença de águas subterrâneas está diretamente relacionada com a taxa de infiltração do solo, visto que a água superficial tende, naturalmente, a penetrar o solo devido sua porosidade e permeabilidade. Observando isso, é importante ressaltar a classificação das rochas, sendo as mesmas classificadas em ígneas, metamórficas ou sedimentares. As rochas ígneas são as formadas pelo resfriamento e solidificação do conteúdo magmático, sendo também conhecidas como cristalinas, sendo elas detentoras de poucos espaços porosos, o que impede a infiltração da água, e de uma alta taxa escoamento superficial, favorecendo o acúmulo de água em suas fraturas e fissuras (TEIXEIRA, 2009).

As rochas metamórficas são rochas que foram formadas a partir de outras rochas pré-existentes, a partir de fenômenos físicos como o aumento da pressão e temperatura, sendo rochas mais concisas, assim, menos porosas, o que dificulta a presença e acúmulo de água. Por fim, as rochas sedimentares são aquelas formadas pelo acúmulo de sedimentos, podendo ser outras rochas e até mesmo matéria orgânica, que com o passar dos anos sofreram com a pressão do soterramento e degradação, formando rochas irregulares, com alta presença de poros, propícia para o acúmulo de água, possuindo altas taxas de infiltração e drenagem superficial,

sendo elas as componentes principais das bacias sedimentares. As rochas que permitem passagem e o respectivo armazenamento de água formam os aquíferos (TEIXEIRA, 2009).

O detalhamento do caminho para a infiltração da água no solo pode ser dividido pela passagem da água por duas zonas, a não saturada e a saturada. A zona não saturada é a que primeiro recebe a presença da água, sendo a primeira zona abaixo da superfície. Essa zona, também conhecida como zona de aeração, está preenchida parcialmente por água, com as moléculas agregadas à superfície do grão do solo, distribuída uniformemente. Seguindo o caminho natural proposto pela gravidade, de acordo com a disposição do solo e a quantidade de água ainda disponível para infiltrar, a tendência da água é de infiltrar até o ponto em que comece a ser barrada. Essa barreira natural é desenvolvida pelas rochas com poros já preenchidos pela água, impedindo assim que mais água penetre, sendo essa porção do solo denominada de zona saturada. Nessa zona, a água se agrupa e se move muito lentamente, formando um manancial subterrâneo, onde parte da água acaba por desemborcar em rios, perenizando os mesmos, e outra parte desagua na superfície de terrenos, formando as fontes, olho de água (ABAS, s.d.). O limite entre essas duas zonas é onde fica o popularmente conhecido “lençol freático” (FERREIRA, 2007). A figura abaixo detalha caminho de infiltração da água nas zonas descritas.

Figura 6: Presença da água subterrâneas nas regiões do solo.



Fonte: Borghetti *et al.*, (2005).

Assim como a água superficial, a distribuição da água subterrânea segue os parâmetros de desigualdade no planeta, isso pelo fato da existência das variações dos níveis e presença de quadras chuvosas em conjunto com a presença de um solo capaz de captar e armazenar em seu interior uma quantidade significativa desse recurso natural. Segundo estudos, as águas

subterrâneas são aproximadamente 100 vezes mais abundantes que as águas superficiais presentes em rios e lagos. Embora elas condicionem o seu armazenamento aos poros e fissuras de rochas, estão presentes em grandes extensões, gerando grandes volumes de águas subterrâneas, constituindo importantes reservas de água doce (ABAS, s.d.).

No Brasil, segundo dados do IBGE (2003) em conjunto com a ABAS, as reservas de água subterrâneas são estimadas em 112.000 km<sup>3</sup>. Sua forma de obtenção é pela perfuração de poços. Segundo dados do Serviço Geológico do Brasil, o setor de Sistema de Informações de Águas Subterrâneas contabiliza um total de 346.847 poços e fontes naturais cadastrados (SGB, 2021).

No Nordeste, grande parte da região semiárida é composta por rochas cristalinas, as quais não favorecem tanto a presença de águas subterrâneas (FEITOSA E DINIZ, 2011). Enquanto nas zonas mais próximas ao litoral, visto a grande presença de bacias sedimentares, o acúmulo de águas subterrâneas chega a ser responsável por 95% das águas subterrâneas da região (FREITAS, s.d.). A água segue indispensável para aqueles que não possuem abastecimento regular, o que é uma situação comum no nordeste brasileiro, devido fatores geográficos, econômicos e até mesmo políticos.

### ***3.1.6 Qualidade da Água***

A qualidade de uma água é um termo muito específico e varia conforme o seu uso, referindo-se aos compostos que estão dissolvidos ou presentes em forma de pequenas partículas sólidas ou em falta em sua estrutura, influenciando diretamente ou indiretamente o seu uso, observando, assim, características físicas, químicas, radioativas e biológicas em sua composição (BECKER, 2017). Entre as atividades que necessitam de água, podemos citar o abastecimento público, industrial, irrigação e dessedentação de animais.

Diversos parâmetros devem ser analisados para a determinação da qualidade de uma água. No Brasil, o órgão responsável por garantir o padrão de qualidade da água potável é o Ministério da Saúde. Para isso, o Ministério disponibilizou a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, que contém os procedimentos e as responsabilidades com relação ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo, assim como sua potabilidade para outras finalidades (BRASIL, 2017) Existem, além dos fatores antropológicos, outros fatores levados em consideração durante a análise da qualidade da água, como a preservação e direcionamento, proposto pela disposição ambiental e geológica, tratando-se das condições de relevo, cobertura vegetal e ecossistemas terrestres.

A presença do ser humano é um dos fatores limitantes para a qualidade de água de um determinado meio ao qual ele possa influenciar diretamente. O grande beneficiamento desse recurso, atrelado ao seu mau uso, descarte incorreto após utilizado e alteração dos cursos naturais, por exemplo, são fatores que deterioram, cada vez mais, a qualidade, e quantidade, da água potável no planeta.

### 3.1.6.1 – Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Um parâmetro indispensável para determinação da qualidade de uma água é a concentração de oxigênio dissolvido na mesma. De acordo com a quantidade de oxigênio dissolvido, podemos determinar a Demanda Química de Oxigênio (DQO), que, no caso, trata-se da quantidade de oxigênio consumido por materiais, substâncias orgânicas e minerais, que se oxidam em determinadas condições. Esse parâmetro é visto como um determinante de carga poluidora de uma determinada água, pois com ele pode-se estimar o potencial poluidor (consumidor de oxigênio) de efluentes, assim como seu impacto em ecossistemas (APHA, 2017).

A DQO é uma análise indispensável para caracterização de águas. Levando em consideração as águas subterrâneas, uma das principais fontes de água no nordeste brasileiro, esse estudo é importante para diagnosticar a presença de carga poluidora nas águas subterrâneas utilizadas, em maior quantidade, para o consumo humano. Observa-se, assim, que quanto maior a DQO da água, maior a quantidade de oxigênio dissolvido na água, indicativo de maior quantidade de matéria orgânica presente, assim, maior o grau de poluição da água em questão (BADO *et al.*, 2012).

Praticamente, é impossível determinar diretamente a DQO. Desenvolveram-se, assim, técnicas que fazem uma medida indireta, substituindo por substâncias químicas oxidantes que revelam o teor quantitativo dessa demanda. O dicromato de potássio tem sido a substância mais utilizada para a determinação da DQO pelo fato de que, em relação aos redutores que demandam oxigênio em água, ele possui o maior poder oxidante, ser uma substância estável, tanto em estado sólido quanto em solução, não possuir um preço muito elevado e ser um padrão analítico primário (APHA, 2017).

O método de digestão da amostra pelo uso de dicromato de potássio se trata de uma reação de oxidação que ocorre em meio fortemente ácido e com elevada temperatura na presença de um catalisador, o sulfato de prata. Após a oxidação da matéria orgânica presente,

a demanda química de oxigênio e obtida diretamente a partir da leitura espectrofotométrica, através de uma curva padrão conhecida (APHA, 2017).

Os principais interferentes conhecidos são os traços de matéria orgânica que possam estar presentes nos materiais utilizados, sendo os mesmos lavados com ácido para sua eventual remoção de matéria orgânica, possível de ser identificada mediante prova em branco realizada (APHA, 2017).

Compostos alifáticos de cadeia reta, os quais são oxidados pela utilização do sulfato de prata, também catalisador. O mesmo sulfato de prata pode reagir com alguns íons, como cloretos, brometos e iodetos, formando um precipitado visível, diminuindo assim sua ação catalítica. Certos íons orgânicos reduzidos podem acabar oxidados nas condições do teste de DQO, alterando alguns resultados (APHA, 2017). Devido sua alta concentração, o cloreto pode ser muito prejudicial. onde sua interferência é mais significativa em concentrações acima de 2000 mg/L. É possível seu tratamento e eliminação com o uso de sulfato de mercúrio na proporção 10:1 de  $\text{HgSO}_4 : \text{Cl}^-$ , antes da adição de outros reagentes, tratamento este não válido para água do mar, devido sua elevada concentração de cloretos (APHA, 2017).

A amônia e seus derivados, presentes em resíduos ou com sua presença relacionada a matéria orgânica contendo nitrogênio não são oxidados, e, tendo em vista a reação do cloro elementar com esses compostos dada como certa, torna-se difícil, assim, as correções de interferência de cloro (APHA, 2017).

Os nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) possuem uma DQO de 1,1 mg  $\text{O}_2/\text{mg N} - \text{NO}_2^-$  (APHA, 2017), sendo que, tendo em vista que suas concentrações raramente excedem 1 ou 2 mg, esse interferente é considerado insignificante e acaba por ser ignorado. Caso possua, após teste de nitrito, uma interferência significativa, a adição de 10 mg de ácido sulfâmico para cada mg de  $\text{N} - \text{NO}_2^-$  presente em volume amostral utilizados é dito capaz de suprimir tal interferente (APHA, 2017).

## 4 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Química Ambiental (LQA) do Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC). No total, 15 amostras foram coletadas no segundo semestre do ano de 2021, em três municípios localizados na região do interior do estado do Ceará, sendo caracterizadas 5 amostras de cada município. As coletas seguiram os procedimentos descritos no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Águas, Sedimentos e Efluentes da Agência Nacional das Águas (ANA, 2011).

Os ensaios foram realizados seguindo as metodologias descritas no “Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater” da American Public Health Association (APHA, 2017) e condicionados a uma duplicata, para maior confiabilidade.

### 4.1 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Para a realização do teste de Demanda Química de Oxigênio, deve-se realizar primeiro o preparo de todas as soluções utilizadas no teste, a montagem da curva padrão de calibração para DQO e, por fim, a leitura das amostras.

#### 4.1.1 Preparo das Soluções

Inicialmente, prepara-se todas as soluções que serão utilizadas para a realização do teste, sendo soluções tanto de limpeza de vidrarias utilizadas quanto soluções para o tratamento das amostras que serão analisadas.

##### 4.1.1.1 Solução de Ácido Sulfúrico Concentrado

A presença dessa solução é indispensável para o início das análises. É utilizada para a limpeza dos tubos de ensaio que serão utilizados, para remoção de interferentes de amostras anteriores. Por ser um procedimento simples, torna-se possível sua realização diária, visto o pequeno volume utilizado na lavagem de cada tubo de ensaio, aproximadamente 5,0 mL.

Inicialmente, tomou-se um balão volumétrico de 100,0 mL e, com o uso de uma pipeta volumétrica, adicionou-se 50,0 mL de água destilada no mesmo. Na capela, retirou-se uma alíquota de 20,0 mL de Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_{4(aq.)}$ ), com o uso de uma pipeta volumétrica e

adicionou-se, pausadamente, visto ser uma reação bastante exotérmica, ao balão volumétrico contendo água destilada, aferindo-se o volume com água destilada.

#### *4.1.1.2 Solução Padrão de Biftalato de Potássio*

Utiliza-se esta solução devido possuir uma relação teórica em relação a DQO (1 mg de Biftalato = 1,171 mg O<sub>2</sub>). Para todas a pesagens, utilizou-se uma balança semi-analítica.

Inicialmente, pesou-se, em um béquer de 50,0 mL, aproximadamente 500,0 mg de Biftalato de Potássio (C<sub>8</sub>H<sub>5</sub>KO<sub>4</sub>(s)) e levado à estufa para secar a 105° C por 2 horas.

Após o período na estufa, retirou-se a massa de Biftalato pesada e colocou-se em um dessecador por aproximadamente 30 minutos, para que a mesma resfriasse.

Pesou-se, então, em um béquer de 50,0 mL, 425,0 mg de Biftalato e dissolveu-se em aproximadamente 500,0 mL de água destilada, com o uso de um bastão de vidro e repassando o conteúdo para um outro béquer, de 500,0 mL..

Transferiu-se o volume dissolvido, realizando-se sucessivas lavagens para evitar a perda de material, para um balão volumétrico de 1000 mL. Aferiu-se o volume do balão utilizando água destilada e, logo após, transferiu-se o volume por inteiro para um frasco, mantendo o mesmo sob refrigeração para estabilidade da solução.

#### *4.1.1.3 Solução Digestora*

Solução responsável pela oxidação química da matéria orgânica presente na amostra. Para todas a pesagens, utilizou-se uma balança semi-analítica.

Pesou-se, aproximadamente, 6,0 g de dicromato de potássio P.A em um béquer de 50,0 mL. Levou-se a massa pesada para uma estufa à 105° C por 2 horas, para sua secagem. Após esse período, retirou-se o béquer, colocando o mesmo em um dessecador, por aproximadamente 30 minutos, para seu resfriamento.

Pesou-se, então, 5,108 g do dicromato de potássio que estava resfriando no dessecador, utilizando-se um béquer de 100,0 mL. Em outro béquer, de 100,0 mL, pesou-se 16,5 g de sulfato de mercúrio P.A. Diluiu-se o dicromato de potássio e o sulfato de mercúrio em 83,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Como esse volume de ácido era para contemplar a diluição dos dois sólidos e, tendo em vista que a mistura dos dois seria o próximo passo, optou-se pela divisão do volume em duas alíquotas de 30,0 mL, utilizando uma pipeta volumétrica, para a diluição inicial dos sólidos.

Misturou-se, então, o volume dissolvido dos dois sólidos em um terceiro béquer, de 250,0 mL. Para a retirada de reagentes remanescentes nos béqueres iniciais, utilizou-se uma alíquota de 10,0 mL, medida em pipeta volumétrica, para cada béquer, realizando assim sua lavagem e despejando seu “resíduo” no terceiro béquer, onde estavam os sólidos dissolvidos, totalizando-se, assim 80,0 mL do ácido requisitado para a diluição dos sólidos. Mediu-se, então, 3,5 mL de ácido sulfúrico concentrado, com o uso de uma pipeta graduada, e transferiu-se tal volume para o béquer detentor dos sólidos então dissolvidos, sempre agitando com um bastão de vidro para facilitar a dissolução, com o intuito de completar os 83,5 mL de ácido sulfúrico concentrado necessário para a diluição dos sólidos.

Em outro béquer, adicionou-se, aproximadamente, 250,0 mL de água destilada e introduziu-se, pausadamente e com agitação constante, utilizando um bastão de vidro, a solução de dicromato de potássio e sulfato de mercúrio que estavam juntas no mesmo béquer. Constatou-se uma reação exotérmica nesse passo, resfriando-se, dentro da capela, para poder prosseguir.

Após um período de aproximadamente 2 horas, período que levou para o resfriamento da solução, transferiu-se a mesma para um balão volumétrico de 500,0 mL. Lavou-se o béquer com água destilada, para evitar perdas, unindo-se o volume da lavagem com o presente no balão, aferindo-se, por fim, o volume do balão com água destilada.

Após aferido o volume, transferiu-se todo o volume do balão para um frasco de vidro âmbar, identificando-o com uma etiqueta.

#### *4.1.1.4 Solução Catalítica*

Pesou-se, em um béquer de 50,0 mL, utilizando-se uma balança semi-analítica, 5,06 g de sulfato de prata P.A.

Na capela, diluiu-se o sulfato de prata, pesado anteriormente, em 500,0 mL de ácido sulfúrico P.A. A diluição ocorreu por etapas, utilizando-se alíquotas de 100,0 mL, a partir do uso de provetas, até que fosse alcançado o volume de 500,0 mL.

Deixou-se a solução em repouso, devidamente identificada e dentro da capela, por dois dias, para que ocorresse a dissolução.

Após esse período a solução foi armazenada em um frasco de vidro âmbar, envolto de papel alumínio, identificando-o com etiqueta.

## 4.2 Curva Padrão de calibração para DQO

Para o preparo da curva padrão de calibração a ser inserida no espectrofotômetro, preparou-se 7 soluções nas concentrações e volumes indicados na tabela abaixo, utilizando-se balões volumétricos de 100,0 mL, água destilada e solução padrão de Biftalato de Potássio. O padrão escolhido foi o Biftalato de Potássio pois, segundo a literatura, ele possui uma relação com a DQO, onde 1 mg de Biftalato de Potássio corresponde a 1,171 mg de O<sub>2</sub> (APHA, 2017).

Tabela 1 – Preparo das Soluções Padrão para Calibração e determinação da curva padrão

Número do Balão	Volume de água destilada (mL)	Volume da solução padrão (mL)
1	100,0	0,0
2	90,0	10,0
3	80,0	20,0
4	70,0	30,0
5	60,0	40,0
6	40,0	60,0
7	20,0	80,0

Fonte: elaborada pelo autor.

Tendo em vista a relação descrita entre o Biftalato de Potássio e a DQO, calculou-se o volume necessário, retirado a partir da Solução Padrão de Biftalato de Potássio preparada, para a preparação de soluções padrão para a confecção da curva de calibração, que servirá de molde para análise das amostras. De acordo com as concentrações desejadas de solução padrão, montou-se a seguinte tabela.

Tabela 2 – Relação entre as concentrações para o preparo da curva de calibração e as concentrações da solução padrão de Biftalato de Potássio preparada

Concentrações para a curva de calibração (mg O <sub>2</sub> /L)	Concentração da solução padrão de Biftalato de Potássio (mg O <sub>2</sub> /L)
0,0	0,0
50,0	42,69
100,0	85,39
150,0	128,09
200,0	170,79
300,0	256,19
400,0	341,58

Fonte: elaborada pelo autor.

Assim, a partir do cálculo de diluição de soluções, calculou-se o volume necessário a ser utilizado de solução padrão de Biftalato de Potássio para preparar soluções de 100,0 mL

com as concentrações necessárias para a curva de calibração. Os volumes retirados da solução padrão, e posteriormente completados para o volume de 100,0 ml, para a confecção das soluções padrão foram listados na tabela abaixo.

Tabela 3 – Volumes da solução padrão de Biftalato de Potássio para o preparo das soluções utilizadas na curva de calibração

<b>Concentração da solução padrão de Biftalato de Potássio (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	<b>Volume retirado da solução padrão de Biftalato de Potássio (mL)</b>
0,0	0,0
42,9	10,0
85,39	20,0
128,09	30,0
170,79	40,0
256,19	60,0
341,58	80,0

Fonte: elaborada pelo autor.

Separou-se, então, 7 tubos de ensaio de vidro com tampa rosqueável, próprios para uso no bloco digestor. Lavou-se cada um dos tubos de ensaio com água destilada e logo após sua secagem, lavou-se novamente com solução de ácido sulfúrico 20%, eliminando traços de amostras anteriores. Logo após, descartou-se o ácido dos tubos.

Dentro de uma capela, colocou-se em tubos de ensaio 1,5 mL, com o uso de pipeta graduada de 5 mL, da solução digestora. Logo após, adicionou-se 2,5 mL, com o uso de outra pipeta graduada de 5 mL, dos respectivos balões.

Por fim, aos poucos, adicionou-se 3,5 mL, com o uso de pipeta graduada de 5 mL, de solução catalítica, fechando os mesmos com tampas específicas, agitando-os e homogeneizando-os.

Após homogeneizados, colocou-se em um bloco digestor (Dry-Block SL – 16/30, Solab) todos os tubos de ensaio para realização da digestão da amostra a 150° C por 2 horas.

Figura 7: Bloco Digestor da marca Solab.



Fonte: elaborada pelo autor.

Após esse período os tubos foram retirados do bloco digestor, colocados na estante para tubos de ensaio e deixados em repouso até esfriar, por aproximadamente 40 minutos, até que atingissem a temperatura ambiente. Notou-se que, além do resfriamento, o período de descanso é importante para sedimentar partículas que ficam em suspensão durante a digestão.

As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Orion AquaMate 8000, Thermo Scientific) no comprimento de onda de 600 nm. Os valores de absorbância obtidos para cada concentração foram utilizados para plotar um gráfico, obtendo assim a equação da curva e o coeficiente de correlação.

Figura 8: Espectrofotômetro da marca Thermo Scientific.



Fonte: elaborada pelo autor.

### 4.3 Leitura das amostras

O procedimento utilizado para análise das amostras foi o mesmo adotado para digestão dos padrões na obtenção da curva de calibração.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Curva de Calibração para DQO

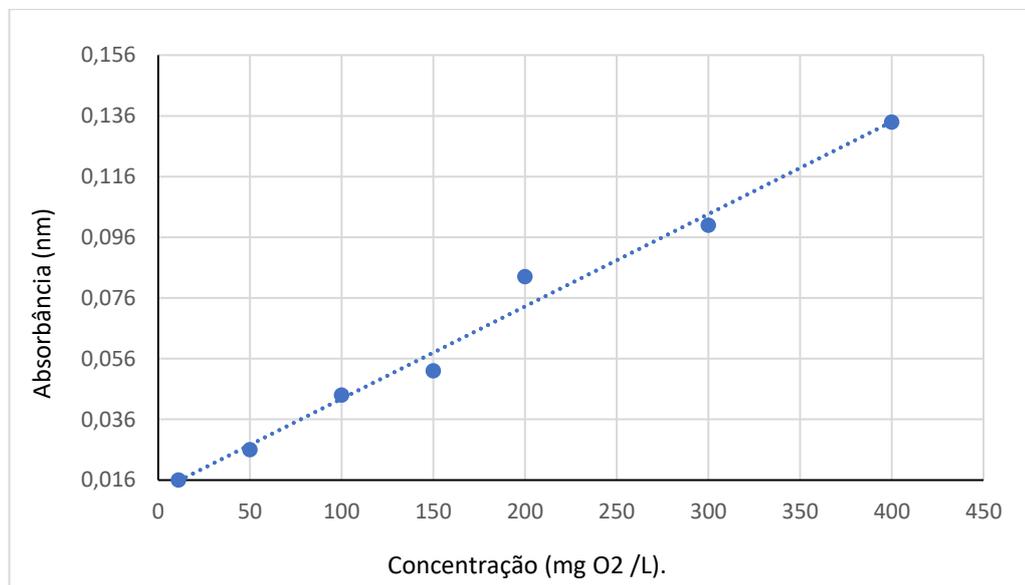
Os seguintes valores apresentados na Tabela 4 foram levados em consideração para a construção da curva de calibração, apresentada no Gráfico 1.

Tabela 4 – Valores de Concentração de DQO (mg O<sub>2</sub>/L) e Absorbância, relacionados com o Volume da Solução Padrão, para obtenção da Curva de Calibração para DQO.

Volume da Solução Padrão a completar para 100 mL	Concentração de DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	Absorbância
0,0	11,11	0,016 ± 0,0
10,0	50,0	0,026 ± 0,0
20,0	100,0	0,044 ± 0,0
30,0	150,0	0,052 ± 0,0
40,0	200,0	0,083 ± 0,0
60,0	300,0	0,100 ± 0,0
80,0	400,0	0,134 ± 0,0

Fonte: elaborada pelo autor.

Gráfico 1 – Curva de Calibração para DQO - Absorbância *versus* Concentração (mg O<sub>2</sub>/L).



Fonte: elaborada pelo autor.

Aplicando-se a regressão linear obteve-se um coeficiente de correlação ( $R^2$ ) de 0,9863 com equação da reta  $y = 0,0003x + 0,0124$ , por meio da qual calculou-se os valores de DQO. Tais valores de coeficiente de correlação se relacionados com as concentrações utilizadas convergem para próximo do apresentado em literatura, no caso sendo o coeficiente de

correlação linear ( $R^2$ ) de 0,9949 (BADO *et al.*, 2012), tornando, assim, possível sua utilização para a determinação e cálculos dos valores de DQO.

Algumas dificuldades podem ser encontradas para a construção da curva de calibração, ocasionando possíveis erros e desvios de valores, como uma possível variação nas leituras das absorvâncias, ocasionadas por possíveis oscilações na intensidade da lâmpada do espectrofotômetro (BADO *et al.*, 2012). Comenta-se, também, que o fato de as concentrações das amostras analisadas serem baixas, isso pode ocasionar um erro na linearidade, assim, para concentrações superiores e inferiores ao limite de linearidade observado no desvio da lei de Lambert-Beer, deixa de existir a proporcionalidade linear entre concentração e absorvância. (SKOOG *et al.*, 2007). Vale ressaltar que é essencial que as cubetas de vidro utilizadas para leitura da absorção não estejam avariadas, e que sejam as mesmas utilizadas para a construção da curva de calibração (AQUINO *et al.*, 2006).

Um fator importante que facilita também o estudo e compreensão da relação entre as soluções padrão utilizadas para construção da curva de calibração e as amostras a serem analisadas é a cor da solução após período de digestão. Observou-se uma tendência de coloração seguindo da solução de menor concentração, no caso o branco, para a solução de maior concentração de DQO (400,0 mg  $O_2/L$ ), variando, gradativamente, de amarelo para verde, como detalha a Figura 9.

Figura 9: Cores das soluções padrão utilizadas na confecção da curva de calibração após período de digestão.



Fonte: elaborada pelo autor.

Ressalta-se, que, o frasco indicado como “0,0 mg/L” possui essa indicação não pelo fato de não possuir DQO pela adição da solução padrão. A indicação se refere ao não incremento da concentração de Biftalato de Potássio, possuindo, assim, uma DQO relacionada apenas a água destilada utilizada no trabalho para a preparação das soluções, atuando como o “branco”, valor de referência para as demais amostras. Os valores de referência de Absorbância e DQO (mg O<sub>2</sub>/L) da solução caracterizada como o branco foram de, respectivamente, 0,016 e 11,11 mg O<sub>2</sub>/L. Os dados das amostras analisadas já estão relacionados com estes valores.

## 5.2 Amostras do Município 1

A Tabela 5 apresenta os resultados do município 1, a qual contém os valores de Absorbância e Concentração para cinco amostras de águas de poços subterrâneas analisadas. As cinco amostras analisadas do município 1 são chamadas de amostras A, B, C, D e E.

Tabela 5 – Valores de Absorbância e DQO (mg O<sub>2</sub>/L) das amostras do município 1.

Amostra	Absorbância	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)
A	0,020 ± 0,0	66,21 ± 0,01
B	0,026 ± 0,0	84,77 ± 0,02
C	0,027 ± 0,0	88,04 ± 0,01
D	0,022 ± 0,0	71,73 ± 0,01
E	0,026 ± 0,0	84,77 ± 0,01

Fonte: elaborada pelo autor

Figura 10: Amostras do município 1, em ordem da esquerda par direita, após o período de digestão.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A partir dos valores apresentados, pode-se concluir que o município 1 apresentou valores de DQO próximos dos apresentados em literatura para áreas com águas sujeitas a atividades antrópicas e industrial (KNAPIC *et al.*, 2009). Com relação aos seus poços,

possuindo profundidade média de 34,5 metros, não encaixados entre a faixa dos mais profundos, acima de 80 metros, (SILVA *et al.*, 2007), tal parâmetro colabora para o indício da presença de atividades antrópicas ocorrendo nas áreas próximas, influenciando nos valores de DQO, logo, na concentração de matéria orgânicas nessas águas.

### 5.3 Amostras do Município 2

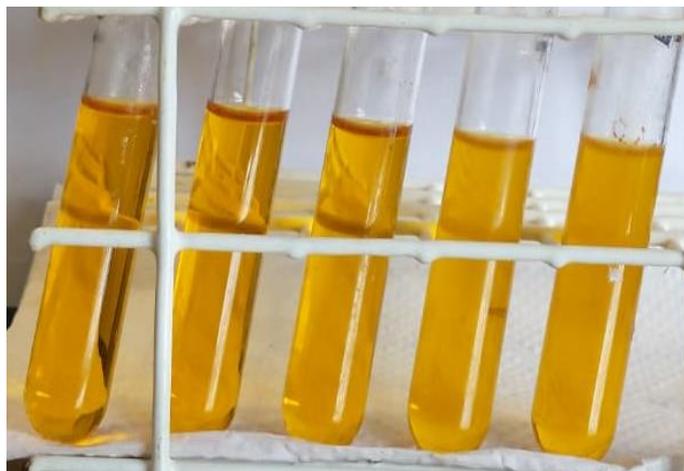
A Tabela 6 apresenta os resultados do município 2, a qual contém os valores de Absorbância e Concentração para cinco amostras de águas de poços subterrâneas analisadas. As cinco amostras analisadas do município 2 são chamadas de amostras E, F, G, H e I.

Tabela 6 – Valores de Absorbância e DQO (mg O<sub>2</sub>/L) das amostras do município 2.

Amostra	Absorbância	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)
E	0,023 ± 0,0	74,99 ± 0,01
F	0,014 ± 0,0	45,65 ± 0,02
G	0,014 ± 0,0	45,65 ± 0,01
H	0,139 ± 0,0	453,19 ± 0,02
I	0,177 ± 0,0	577,09 ± 0,01

Fonte: elaborada pelo autor

Figura 11: Amostras do município 2, ordenadas da esquerda para direita, após o período de digestão.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Logo relação aos poços do município 2, suas amostras apresentam valores de DQO que condizem com os de águas situadas próximas a áreas com atividade antrópica e industrial presente (KNAPIC *et al.*, 2009).

### 5.4 Amostras do Município 3

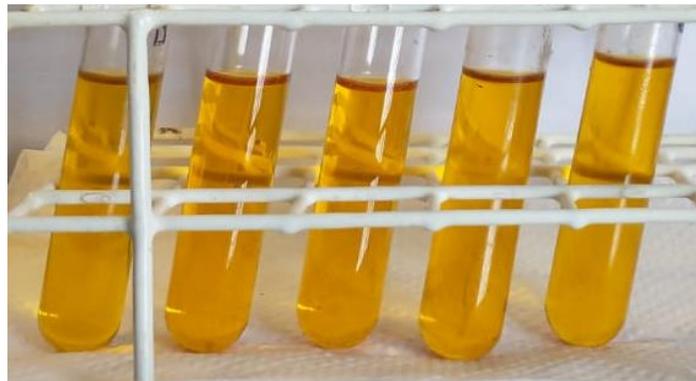
A Tabela 7 apresenta os resultados do município 3, a qual contém os valores de Absorbância e Concentração para cinco amostras de águas de poços subterrâneas analisadas. As cinco amostras analisadas do município 3 são chamadas de amostras J, K, L, M e N.

Tabela 7 – Valores de Absorbância e DQO (mg O<sub>2</sub>/L) das amostras do município 3.

Amostra	Absorbância	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)
J	0,005 ± 0,0	16,31 ± 0,01
K	0,002 ± 0,0	6,52 ± 0,02
L	0,014 ± 0,0	45,65 ± 0,01
M	0,006 ± 0,0	19,57 ± 0,01
N	0,021 ± 0,0	68,47 ± 0,02

Fonte: elaborada pelo autor

Figura 12: Amostras do município 3, ordenadas da esquerda para direita, após o período de digestão



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

De acordo com os valores de DQO apresentados pelas amostras do município 3, conclui-se que o mesmo possui pouca atividade antrópica, com baixa influência de efluentes domésticos, contribuindo para uma menor concentração de matéria orgânica (KNAPIC *et al.*, 2009), apesar de apresentar profundidade de apenas 15,8 metros (SILVA *et al.*, 2007).

### 5.5 Avaliação de valores arbitrários e possíveis erros

De acordo com os dados obtidos, apenas duas amostras (H e I – município 2) apresentaram valores adversos com relação a DQO (acima de 100 mg O<sub>2</sub>/L) das demais amostras de seu município. Decidiu-se, assim, realizar novos testes, para uma nova determinação de DQO, seguindo os mesmos parâmetros e técnicas utilizadas nos primeiros

testes, com o objetivo de identificar possíveis erros do operador. Observou-se, novamente, a Absorbância, DQO (mg O<sub>2</sub>/L) e aspecto colorimétrico das amostras em questão, apresentados na Tabela 8 e Figura 13.

Tabela 8 – Valores de Absorbância e DQO (mg O<sub>2</sub>/L) das amostras 1278 e 1279.

Amostra	Absorbância	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)
H	0,067 ± 0,0	218,49 ± 0,01
I	0,101 ± 0,0	329,49 ± 0,02

Fonte: elaborada pelo autor

Figura 13: Amostras H e I, da esquerda para direita, refeitas após o período de digestão



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

## 5.6 Avaliação de interferente

Com relação as amostras H e I do município 2, ambas permaneceram destoando bastante dos valores das outras amostras do mesmo município. Prosseguiu-se com as análises para determinar o motivo desses desvios.

Observou-se, visualmente, a presença de pequenas partículas em suspensão nas amostras H e I, mesmo após um período maior de descanso para uma possível sedimentação das mesmas, como ilustra a Figura 15.

Figura 14: Amostras H e I, respectivamente da esquerda para direita.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Observando que os principais interferentes para análise de DQO segundo a literatura (APHA, 2017) seguem sendo os cloretos. Como a presença dos íons cloreto afetam a condutividade da água, que é a capacidade de conduzir corrente elétrica a depender das concentrações iônicas e de temperatura foi realizada, inicialmente, a análise da condutância das amostras H e I, seguindo a metodologia descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017).

As medidas de condutância das amostras H e I, foram, respectivamente, medidas em  $\mu\text{S}$ ,  $5280,0 \pm 14,1$  e  $5805,0 \pm 21,2$ , indicando assim uma elevada condutividade. A Resolução CONAMA 396/2008 não determina valor específico para esta variável.

Observada elevada condutividade, prosseguiu-se, então, com a análise de cloretos presentes na amostra, seguindo a metodologia descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017).

Para as amostras H e I, as concentrações de cloreto foram, em ppm, de  $1619,4 \pm 0,1$  e  $1875,6 \pm 0,3$ . Disto isto, pode-se relacionar a elevada concentração de cloretos, devido litologia cristalina que apresenta tais poços do município 2, a tendência de apresentar um conteúdo iônico maior (SILVA *et al.*, 2007) com os altos valores de DQO, visto que o mesmo é classificado com um dos principais interferentes dessa análise (APHA, 2017).

Observando não apenas o fator que correlaciona a quantidade de cloreto presente nas amostras em questão, podemos citar a cor das amostras. Observou-se que, de acordo com as soluções padrão utilizadas para confecção da curva de calibração, soluções com DQO (mg

O<sub>2</sub>/L) entre 200 e 400 já começam a apresentar uma coloração com tonalidade mais escura, voltada para o verde, o que não foi observado na prática com as amostras H e I. O fator incomum, se relacionado com as outras amostras, no quesito visual, das amostras H e I, foi a presença de partículas finamente divididas em suspensão.

Observando os dois poços que apresentaram os maiores desvios, se relacionados aos outros poços do mesmo município, nos valores de DQO, apresentados estes desvios como influência da presença de cloretos, a presença de tais íons podem estar relacionada com a geologia apresentada nas proximidades do município 2, visto grandes formações cristalinas na região, aumentando a tendência de as águas da região apresentarem um conteúdo iônico maior (SILVA *et al.*, 2007).

## 6 CONCLUSÃO

Tornou-se possível a análise de águas subterrâneas dos três municípios analisados do estado do Ceará, com enfoque na Demanda Química de Oxigênio (DQO), relacionando seus valores com a presença de matéria orgânica.

Obteve-se um bom coeficiente de correlação linear a partir da curva de calibração preparada utilizando as soluções padrão, tornando possível, assim, a determinação de DQO das amostras analisadas.

Observando as amostras que apresentaram desvios, correlacionando os mesmos com os desvios citados em literatura, foi possível analisar e determinar os possíveis interferentes nessas amostras que possuíram elevados desvios nos valores de DQO se relacionado com os valores das amostras do mesmo município.

De acordo com os valores de DQO apresentados para as amostras dos municípios analisados, foi possível correlacionar com a qualidade das amostras, no caso voltadas para a presença ou não de matéria orgânica.

Apesar de ser uma análise que não conta com referências de parâmetros, nas resoluções 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005), 396/08 do CONAMA (BRASIL, 2008) e 430/11 do CONAMA (BRASIL, 2011), que associem a DQO para classificação de corpos d'água, é de notável importância analisar esse parâmetro. Aprofundar as relações existentes entre a DQO e a concentração de matéria orgânica na água é de suma importância para classificação e correta destinação desse recurso, evitando possíveis prejuízos, sobretudo, à saúde humana.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Águas subterrâneas, o que são?**. Disponível em: < <http://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/#ind1>>. Acesso em: 08 dez. 2021.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Águas, Sedimentos e Efluentes**. Brasília: ANA, 2011. 326p.
- APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23rd. Washington, DC: American Public Health Association, 2017.
- BADO, Cristiane; PERCIO, Janaina Eliza; LINDINO, Cleber Antonio. A DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO: QUESTIONAMENTOS. **Revista Analytica**, n. 62, p. 44-50, dezembro 2001.
- BECKER, H. S.; **Apostila de Controle Analítico de Águas** – 7ª versão, Fortaleza, 2017.
- BICUDO, C. E. de M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B., orgs. B583a. **Águas do Brasil: análises estratégicas** / Carlos E. de M. Bicudo; José G. Tundisi; Marcos C. Barnsley Scheuenstuhl – São Paulo, Instituto de Botânica, 2010
- BORGUETTI, N. R. B.; BORGUETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. **O Aquífero Guarani: A verdadeira Integração dos Países do Mercosul**. Paraná: Itaipu e Fundação Roberto Marinho, 2005.
- BOWIE, G. L. et al. **Rates, constants, and kinetics formulations in surface water Quality modeling**. 2. ed. Athens: United States Environmental Protection Agency, 1985. 455 p.
- BRASIL, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Água no mundo**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- BRASIL, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília: ANA, 2021. 332p.
- BRASIL, Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. **Programa de perfuração de poços no estado do Ceará**. Brasil: SOHIDRA, 2015. Disponível em: <<https://www.sohidra.ce.gov.br/2015/11/05/programa-de-perfuracao-de-pocos-no-estado-do-ceara/>>. Acesso em: 11 nov. 2021.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Resolução CONAMA nº 357/05**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/po t/conama/res/res05/res 35705.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Resolução CONAMA n° 430/11**. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770> >. Acesso em: 02 nov. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Resolução CONAMA n° 396/08**. Disponível em: < <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf> >. Acesso em: 29 out. 2021.

CARVALHO, A. P. L.; ZANARDO, V. P. S. **Consumo de água e outros líquidos em adultos e idosos residentes no município de Erechim – Rio Grande do Sul**. PERSPECTIVA, Erechim. v. 34, n. 125, p. 117-126, março/2010.

DE AQUINO, S. F.; SILVA, S. Q.; CHERNICHARO, A. L. **Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (dco) aplicado a análise de efluentes anaeróbios**. Eng. sanit. ambiente.; v.11, n. 4, p. 295-304, out/dez 2006.

FEITOSA, F. A. C.; DINIZ, J. A. O. **Água Subterrânea no cristalino da região semiárida brasileira**. Águas Subterrâneas, 2011. Disponível em: < <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28026> >. Acesso em: 6 jan. 2022

FERREIRA, A. N. P.; LIMA, C. F.; CARDOSO, F. B. F.; KETTELHUT, J. T. **Águas Subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Secretária de Recursos Hídricos e Ambiente, 2007.

FILHO, F. A. S.; **Estudo Setorial Especial Recursos Hídricos**, Fortaleza, 2018.

FOGAÇA, J. R. V. Ligações de Hidrogênio. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/ligacoes-hidrogenio.htm>. Acesso em 19 dez. 2021.

FREITAS, Eduardo de. Estrutura Geológica do Brasil. **Brasil Escola**. Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/estrutura-geologia-brasil.htm> >. Acesso em 06 jan. 2022.

GRASSI, Marco Tadeu. As águas do planeta Terra. In: JARDIM, Wilson F. **Cadernos Temáticos de química nova na escola**. 1. ed.: Química Ambiental, Maio 2001. cap. 6, p. 31-40

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Plano estadual de Convivência com a Seca**. Fortaleza: IPECE, 2015. 96p.

KNAPIK, H. G. et al. **Dinâmica da matéria orgânica em águas naturais: Estudo de caso do Rio Iguaçú**. In: XVIII Simpósio Nacional de Recursos Hídricos. 2009.

MELO, Marco Aurélio Anunciação de. Estado de Hidratação: Conceitos e Métodos de Avaliação. **Estado de Hidratação: Conceitos e Métodos de Avaliação**. Orientador: Prof. Dr. Emerson Silami Garcia. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Educação Física) - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2010. p. 40

MELO-MARINS, D. et al. **Termorregulação e equilíbrio hídrico no exercício físico: aspectos atuais e recomendações.** Revista Brasileira de Ciência e Movimento, v.25, n.3, p. 170-181, 2017.

PEREIRA JUNIOR, Virgílio Gonçalves. **Água em excesso também pode fazer mal à saúde.** Disponível em: < <https://www.tjdft.jus.br/informacoes/programas-projetos-e-acoes/pro-vida/dicas-de-saude/pilulas-de-saude/agua-em-excesso-tambem-pode-fazer-mal-a-saude>>. Acesso em 20 dez. 2021.

PIRES, A. P. N.; FERREIRA, I. M. **Cercas e Secas: reflexões sobre a água no Nordeste semi-árido.** In: XVIII Jornada do Trabalho. São Paulo, 2009.

SANTOS, C. A. C. et al. **Tendências dos índices de precipitação do estado do Ceará.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.24, n.1, p. 39-47, 2009.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. **Ciclo da água.** Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/ciclo-agua.htm>>. Acesso em 15 dez. 2021.

SILVA, F. J. A.; ARAÚJO, A. L.; SOUZA, R. O. **Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade.** Rev. Technol. Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 136-159, dez. 2007.

SILVA, J. F. A.; PEREIRA, R. G. **Panorama global da distribuição e uso de água doce.** Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v. 10, n. 3, p.263-280, 2019.

SOLDERA, Bruna Camargo. **Monitoramento dos níveis freáticos do Aquífero Bauru (formação adamantina) no município de Assis – SP.** 1. ed. Www.abas.org.br: Everton de Oliveira, 2017. 76 p. ISBN 978-85-921716-1-2.

TEIXEIRA, Wilson; FAIRCHILD, Thomas R.; TOLEDO, Maria Cristina Motta de; TAIOLI, Fabio. **Decifrando a Terra.** [S.l: s.n.], 2009.