



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
CENTRO DE ENGENHARIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**MARIA DANIELA SIQUEIRA DA SILVA**

**MONITORAMENTO AMBIENTAL EM SALINAS ARTESANAIS LOCALIZADAS  
NO MUNICIPIO DE GROSSOS**

**Mossoró/RN**

**2023**

**MARIA DANIELA SIQUEIRA DA SILVA**

**MONITORAMENTO AMBIENTAL EM SALINAS ARTESANAIS LOCALIZADAS  
NO MUNICÍPIO DE GROSSOS**

Relatório de Estágio Supervisionado  
apresentado à Universidade Federal Rural do  
Semi-Árido – UFERSA, Campus Mossoró,  
para a obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Reginaldo  
Fernandes

**Mossoró /RN  
2023**

© 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.

S586m Silva, Maria Daniela Siqueira.  
MONITORAMENTO AMBIENTAL EM SALINAS ARTESANAIS  
LOCALIZADAS NO MUNICIPIO DE GROSSOS / Maria  
Daniela Siqueira Silva. - 2023.  
31 f. : il.

Orientador: Manoel Reginaldo Fernandes.  
Monografia (graduação) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia  
Química, 2023.

1. Salinas. 2. Monitoramento ambiental. 3.  
Análises. I. Fernandes, Manoel Reginaldo ,  
orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade  
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência  
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva  
CRB: 15/120

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.

**MARIA DANIELA SIQUEIRA DA SILVA**

**MONITORAMENTO AMBIENTAL EM SALINAS ARTESANAIS LOCALIZADAS  
NO MUNICIPIO DE GROSSOS**

Relatório de Estágio Supervisionado  
apresentado à Universidade Federal Rural  
do Semi-Árido – UFERSA, Campus  
Mossoró, para a obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Química.

Aprovado em: 18 / 05 / 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 MANOEL REGINALDO FERNANDES  
Data: 18/05/2023 21:18:48-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Manoel Reginaldo Fernandes - UFERSA**  
**Presidente**

Documento assinado digitalmente  
 KALYANNE KEYLY PEREIRA GOMES  
Data: 18/05/2023 22:29:55-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. KalyanneKeyly Pereira Gomes – UFERSA**  
**Primeiro Membro**

Documento assinado digitalmente  
 LUIZ FERREIRA DA SILVA FILHO  
Data: 19/05/2023 11:36:34-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Luiz Ferreira da Silva Filho- UFERSA**  
**Segundo Membro**

## **AGRADECIMENTOS**

Quero começar agradecendo a Deus que me deu forças para não desistir nos momentos mais difíceis.

Agradeço à minha família por todo incentivo.

A todos os meus amigos do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

Não posso deixar de agradecer a meu orientador, Manoel Reginaldo por toda sua disponibilidade, aceitando prontamente me orientar.

A minha coordenadora Clara, por toda a sua disponibilidade em me ensinar durante o período de estágio, todo o apoio e incentivo.

A Ecosafety quero deixar uma palavra de gratidão por ter me recebido de braços abertos e com todas as condições que me proporcionaram dias de aprendizagem enriquecedores.

## RESUMO

Este relatório apresenta o acompanhamento e o monitoramento ambiental feito em salinas artesanais, localizada na várzea do córrego no município de Grossos-RN desenvolvido pela empresa Ecosafety Consultoria Ambiental e Segurança do Trabalho, uma empresa de médio porte localizada em Mossoró-RN, no período de 31 de janeiro de 2023 à 24 de abril de 2023. A Ecosafety realiza esse monitoramento ambiental através de análises dos parâmetros: pH, salinidade, oxigênio dissolvido, temperatura, cálcio, magnésio e materiais sedimentáveis. As análises de pH, Condutividade Elétrica – CE, Oxigênio Dissolvido e Temperatura foram feitas in loco com utilização de Medidor Multiparâmetro - AK88. Já os parâmetros Cálcio, Magnésio e Materiais Sedimentáveis foram realizados em laboratório especializado. Os resultados foram comparados com valores de referência das resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011.

**Palavras-chave:** Salinas; monitoramento ambiental; análises.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Salina Artesanal localizada no município de Grossos/RN.....                                                                       | 11 |
| Figura 2: Fluxograma de produção de sal .....                                                                                               | 12 |
| Figura 3: Mapa de localização do empreendimento .....                                                                                       | 15 |
| Figura 4: Pontos de coleta na área do empreendimento em estudo .....                                                                        | 17 |
| Figura 5: Análises de pH, CE e OD e Temperatura com o Medidor Multiparâmetro- AK88 .....                                                    | 18 |
| Figura 6:Água coleta para análises de cálcio, magnésio e materiais sedimentáveis .....                                                      | 19 |
| Figura 7:Gráfico da variação temporal do parâmetro pH, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo.....               | 20 |
| Figura 8: Gráfico da variação temporal da salinidade, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo .....               | 21 |
| Figura 9: Gráfico da variação temporal do oxigênio dissolvido, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo .....      | 22 |
| Figura 10: Gráfico da variação temporal da temperatura, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo.....              | 23 |
| Figura 11:Gráfico da variação temporal do cálcio, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo.....                    | 24 |
| Figura 12: Gráfico da variação temporal do magnésio, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo .....                | 25 |
| Figura 13:Gráfico da variação temporal dos materiais sedimentáveis, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo ..... | 26 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1:Métodos utilizados para análises dos parâmetros monitorados ..... | 17 |
| Quadro 2:Parâmetros analisados .....                                       | 19 |

## Sumário

|          |                                                                |           |
|----------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução .....</b>                                        | <b>8</b>  |
| <b>2</b> | <b>Objetivos.....</b>                                          | <b>9</b>  |
| 2.1      | Objetivos Gerais .....                                         | 9         |
| 2.2      | Objetivos Específicos .....                                    | 9         |
| <b>3</b> | <b>Referencial teórico .....</b>                               | <b>9</b>  |
| 3.1      | O sal.....                                                     | 9         |
| 3.2      | Processo para produção de sal .....                            | 10        |
| 3.3      | Impactos ambientais ocasionados pela indústria salineira ..... | 12        |
| 3.4      | Empresa .....                                                  | 14        |
| 3.4.1    | Local onde o estágio foi realizado .....                       | 14        |
| 3.4.2    | Atuação da empresa.....                                        | 14        |
| 3.5      | Descrição da área em estudo .....                              | 14        |
| 3.5.1    | Resolução CONAMA Nº 430 DE 13/05/2011 .....                    | 15        |
| <b>4</b> | <b>Atividades realizadas.....</b>                              | <b>16</b> |
| <b>5</b> | <b>Considerações finais .....</b>                              | <b>26</b> |
| <b>6</b> | <b>Referências .....</b>                                       | <b>28</b> |

## 1 Introdução

O sal apresenta diversas aplicações na indústria, não somente na alimentícia, mas também na indústria química e metalúrgica desenvolvendo um grande papel na economia. Segundo Costa et al. (2013), a indústria salineira a nível regional é uma das principais atividades econômicas do Rio Grande do Norte, abrangendo cidades do litoral do estado.

Por apresentar condições geográficas e climáticas favoráveis o estado do Rio Grande do Norte é considerado o maior produtor de sal marinho, possuindo temperaturas oscilando entre 24 e 35 °, os baixos índices pluviométricos anuais, o baixo teor de umidade do ar, a boa intensidade de radiação solar, as velocidades dos ventos e o solo impermeável, são condições ideais para a cristalização e colheita do sal. Todos esses fenômenos favorecem a elevada produção de sal do RN (SILVA, 2016).

A maior parte da produção salineira dessa região é fornecida para as grandes indústrias alimentícias do Brasil e até exportado para outros países. Apesar de uma grande parcela deste sal ser processado no próprio município de Grossos, muitas empresas também transportam sal para ser industrializado em Mossoró, movimentando o comércio microrregional. O empreendimento cuja área é objeto de estudo da presente pesquisa localiza-se próximo a um pequeno povoado, onde a principal fonte de renda da população é proveniente das atividades desempenhadas na produção de sal marinho.

Segundo Henriques (2016), o processo produtivo do sal consiste na captação da água, evaporação, cristalização, colheita, lavagem e empilhamento do sal. Após a realização das etapas anteriores o produto é encaminhado para embarque ou para o beneficiamento, análises e comercialização.

De acordo com Dantas (2015), as análises físico-químicas realizadas no processo de produção de qualquer produto são de grande importância não somente para garantir a qualidade do mesmo, como também para identificar possíveis impactos destes ao meio ambiente. Com o sal não é diferente, diante da sua importância para a economia torna-se necessário o controle desses impactos. Sendo assim, as indústrias salineiras cada vez mais buscam o monitoramento e controle para que possam atender rigorosamente os padrões que são estabelecidos pela legislação.

A Ecosafety Consultoria Ambiental e Segurança do Trabalho têm exercido suas atividades há mais de 10 anos no mercado, especialmente nas áreas de licenciamento ambiental, engenharia, saúde e segurança do trabalho, contribuindo com empresas de diversos ramos, inclusive na indústria salineira, elaborando projetos e acompanhando processo de licenciamento

e adequações em relação às resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011, monitorando e controlando os possíveis impactos gerados pela extração e beneficiamento de sal marinho.

Nesse sentido, o trabalho busca apresentar e discutir os estudos dos parâmetros físico-químicos fundamentais no monitoramento dos impactos ambientais causados pela produção do sal marinho. Para isso, foram utilizados dados das análises de água, coletados pela Consultoria Ambiental prestadora de serviço em uma salina artesanal localizada na região de Grossos/RN, seguindo a metodologia de monitoramento estabelecida pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA).

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivos Gerais**

Aplicar os conhecimentos da Engenharia Química no processo de análises físico químicas em amostras de água, feitas em uma salina artesanal, localizada no município de Grossos/RN e comparar os resultados obtidos com valores de referência das resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Comparar os parâmetros, pH, salinidade, oxigênio dissolvido, temperatura, cálcio, magnésio e materiais sedimentáveis, analisados na salina estudada com os valores referenciado pela legislação;
- Identificar possíveis impactos da produção salineira no meio ambiente.

## **3 Referencial teórico**

### **3.1 O sal**

O cloreto de sódio, também conhecido como mineral halita ou simplesmente sal, é uma das substâncias mais abundantes na natureza. Além dos oceanos, o sal está presente em muitos depósitos à flor da terra, em jazidas subterrâneas, em salmouras naturais ou lagos salgados (CÂMARA, 1999).

Considerado um componente essencial à nossa vida, o sal possui mais de 14.000 usos conhecidos. Muitos destes referidos usos vêm das propriedades químicas do sódio e do cloro e dos seus papéis essenciais na nutrição humana e animal. A indústria química (fabricação de soda cáustica, por exemplo), indústria alimentícia (sal de cozinha, por exemplo), indústria têxtil, agricultura, tratamento de água, e fabricação de cosméticos e remédios, estão entre as diversas utilidades do cloreto de sódio (MELO; CARVALHO; PINTO, 2008).

O sal é um composto sólido branco comumente utilizado com o intuito de salgar os alimentos. É amplamente utilizado em diversas áreas, não só na área de alimentos, como também, no campo da estética, da limpeza, na produção de produtos químicos como cloro e soda cáustica, na indústria têxtil, tratamento de água, dentre outros.

Além disso, auxilia no controle da saúde humana, visto que, utiliza-se a ingestão do sal como estratégia de prevenir e controlar os desajustes nutricionais e as doenças associadas à alimentação e nutrição (ALENCAR, 2019).

É uma das substâncias mais abundante na natureza, pois além de ser encontrado nos oceanos, de forma inesgotável, pode-se obter sal de jazidas subterrâneas, de lagos salgados, de fontes de salmouras naturais, ou de mares. Mesmo outros sais podendo ser encontrados diluídos no mar, o cloreto de sódio representa 77% do total (NORSAL, 2023).

Para Câmara (1999), o mar é a maior reserva contínua de minérios e uma característica intrínseca é o fato de ser reabastecida continuamente pelos rios, que transportam mais minerais todos os dias para o mar, mais do que o homem consegue retirar a cada ano. Dentre estes minerais, está o cloreto de sódio e o mar é uma das suas mais importantes fontes de produção.

De maneira geral, os processos para obtenção do sal através da água do mar utilizam evaporação. Quando a evaporação é decorrente da radiação solar, o processo recebe o nome de evaporação solar, que é a utilizada na região do presente trabalho e a mais viável, tornando proibitivo o uso de outra fonte de energia neste processo, quando se leva em conta o grande volume de água que deve ser evaporada para a produção de sal (CÂMARA, 1999)

De acordo com Alencar (2019) para ser considerado viável para consumo humano o sal precisa passar pelo processo de iodação, nesse processo o iodo é adicionado ao sal na forma de iodato de potássio. O iodo tem grande importância na regulação do funcionamento do organismo humano devido os hormônios da tireoide. Segundo determinação da ANVISA através da (Resolução – RDC nº 23, de 24 de abril de 2013), o teor de iodo no sal para consumo humano deve obedecer a variação de 15 a 45mg de iodo por quilograma de sal. Já para o consumo animal a variação permitida é entre 10mg e 30mg de iodo por kg de sal.

### 3.2 Processo para produção de sal

As salinas artesanais são, geralmente, de pequeno porte e requerem colheitas manuais do sal. Nesses empreendimentos, a água do mar ou do subsolo é captada por meio de bombas a diesel, seguindo, posteriormente, a salmoura pelos canais, por gravidade, até chegar aos tanques. Durante a estação seca, a colheita é contínua e artesanal: os salineiros utilizam pás e carros de mão para realizar essa tarefa. O processo de lavagem e armazenamento ocorre nas

cooperativas de pequenos salineiros, para que, em seguida, o produto esteja pronto para ser comercializado.

Figura 1: Salina Artesanal localizada no município de Grossos/RN.



Fonte: Autoria própria, 2023.

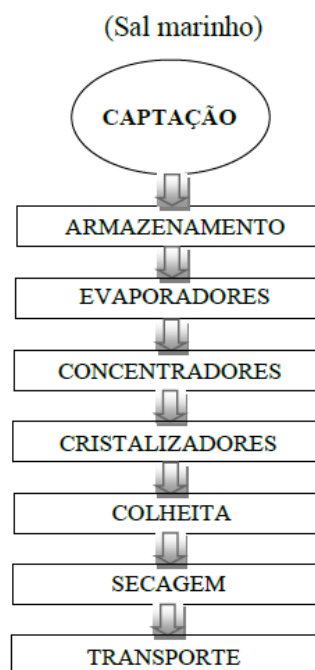
A Figura 2 apresenta o fluxograma das diversas etapas que compõem o processo produtivo de sal. A primeira etapa consiste na captação de água do mar por meio de bombeamento, que posteriormente é concentrada. A concentração inicial é de aproximadamente 3,5° Baumé a 20°C. A partir desse momento, a salmoura é transportada para os reservatórios chamados evaporadores, que estão interligados e formam o circuito da salina. Ao passar de um evaporador para outro, a água é gradualmente concentrada, com a ajuda da energia solar e dos ventos (ALBUQUERQUE, 2007).

A etapa de evaporação é realizada em áreas denominadas evaporadores, que são grandes tanques que correspondem a 80% da área total de uma salina com objetivo de fazer com que a água captada do mar atinja a concentração de saturação do cloreto de sódio (F. SOUTO, 2023). Quanto maior o percurso percorrido pela água, maior será a sua concentração quando chegar aos cristalizadores e, também, será mais rápida a sua cristalização, rentabilizando a produção.

Durante a cristalização, o objetivo é produzir sal. Para isso, a salmoura saturada de cloreto de sódio é admitida em tanques chamados cristalizadores. Quando a água alcança a concentração de 25° Baumé a 20°C, é escoada para os cristalizadores, onde o cloreto de sódio será precipitado. No entanto, quando a concentração atinge cerca de 29° Baumé, o que indica um excesso de magnésio, a água residual, conhecida como água-mãe, é descartada nos rios.

Essa água é rica em íons, incluindo sódio, potássio, cloreto e sulfato, mas principalmente em magnésio (ALBUQUERQUE, 2009).

Figura 2: Fluxograma de produção de sal



Fonte: Autoria própria, 2023.

Quando o sal começa a precipitar, ele vai se sedimentando na base do cristalizador e formando uma laje com cerca de 15 a 18 cm de altura. É nesse momento que a colheita do sal é realizada, sendo transportado para o lavador por meio de caçambas e tratores. A fim de garantir a qualidade do produto, uma lavagem é feita com uma salmoura de 22,5°Baumé, com o objetivo de reduzir o teor de impurezas, sem dissolvê-lo. Após a lavagem, o sal é empilhado em forma de pirâmide e seco de forma natural por cerca de 90 dias para que fique com a consistência ideal (ALENCAR, 2019).

### 3.3 Impactos ambientais ocasionados pela indústria salineira

A relação do homem com o meio ambiente está ligada à forma como ele cria suas condições de vida, que estão intimamente relacionadas às possibilidades econômicas aceitas. As salinas são usadas pelo homem há milênios, onde as primeiras menções à extração de sal da água do mar são da China, durante a dinastia Huang, há 2500 a. C. No Brasil a história do sal vem desde o período da colonização portuguesa (CASCUDO, 1955).

Com o avanço do setor tecnológico a extração do sal marinho se expandiu muito nos últimos anos. Esse avanço trouxe impactos positivos e negativos. No setor econômico o

aumento da geração de empregos nas regiões salineiras se destaca como um impacto positivo. Já para o meio ambiente, a indústria salineira provocou e vem provocando até hoje impactos ambientais. Entre os principais impactos ambientais podemos citar: interrupção de cursos d'água, devastação de manguezais, salinização de áreas produtivas e férteis, alteração da umidade da região devido ao aumento da evaporação das salinas, alteração do ecossistema marinho e terrestre com limitação da fauna (Bezerra e Brito, 2001).

Uma questão envolvendo os impactos ambientais das operações de salmoura foi abordada pela primeira vez em 1997, quando após romper um dos reservatórios em uma empresa de sal, uma grande quantidade de água de alta salinidade foi repentinamente liberada a foz do rio Apodi-Mossoró na área conhecida como Lagamar do Rio do Carmo, causando salinização temporária da região, causando a morte e fuga da fauna local, com impactos negativos diretos na atividade pesqueira. Este evento chamou a atenção do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Norte - MPE/RN, que através da Procuradoria do Estado e Justiça e Defesa do Meio Ambiente, ajuizou ação civil pública para apurar o que ocorreu (CUNHA, 2018).

Segundo Cunha (2018), estudos realizados na Tanzânia mostraram que manguezais em áreas produtoras de sal têm área basal e número de indivíduos por hectare muito menores do que manguezais em áreas não produtoras. Essa diferença é atribuída a fatores como aumentos regionais de salinidade e temperatura do solo, resultando em condições ambientais adversas que prejudicam o crescimento, a regeneração e o desenvolvimento do ecossistema. Além disso o processo de produção do sal marinho produz como subproduto um resíduo altamente salino (285 g/l), popularmente designado por água mãe ou água amarga, que na maioria dos casos é descarregado diretamente no estuário. Estes efluentes podem causar poluição do ecossistema estuarino/marinho com alterações na qualidade da água e consequente migração e/ou morte de peixes, moluscos e crustáceos.

Por todas estas razões, é possível afirmar que a atividade salineira e as suas águas residuais devem ser tratadas com seriedade, não só pelos possíveis danos causados ao ambiente, mas também pela responsabilidade social e econômica que a indústria tem. O reaproveitamento desses efluentes é uma alternativa de produção que transforma a cadeia produtiva do sal marinho (SILVA, 2016).

### 3.4 Empresa

#### 3.4.1 Local onde o estágio foi realizado

- Setor: Licenciamento Ambiental
- Local do Estágio: Raimundo Fernandes de Oliveira Júnior-LTDA–ECOSAFETY Engenharia e Consultoria Ambiental.
- Período do Estágio: 31 de janeiro de 2023 à 24 de abril de 2023.
- Duração: 360 horas.
- Supervisor de Estágio: Raimundo Fernandes de Oliveira Júnior, CREA: 2112045970.

#### 3.4.2 Atuação da empresa

A Ecosafety Consultoria Ambiental e Segurança do Trabalho é uma empresa brasileira situada na cidade de Mossoró no Estado do Rio Grande do Norte. Suas atividades compreendem a execução de serviços voltados para licenciamento ambiental, engenharia, saúde e segurança do trabalho, sendo referência no mercado há mais de 10 anos, atendendo demandas de várias empresas de diversos setores industriais, principalmente na elaboração de projetos e acompanhamento de processos de licenciamento ambiental da indústria salineira.

### 3.5 Descrição da área em estudo

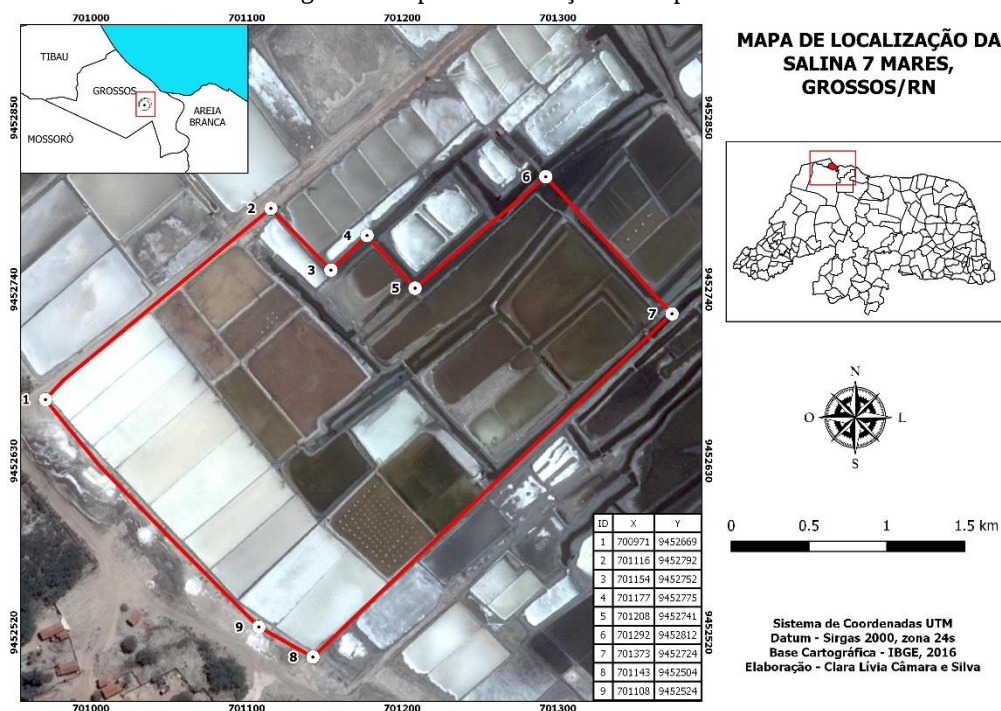
O Estado do Rio Grande do Norte localiza-se na esquina do continente sul-americano, ocupando posição privilegiada em termos de localização estratégica, pois se trata do Estado brasileiro que fica mais próximo dos continentes africano e europeu. Com uma extensão de 53.077,3 km<sup>2</sup>, o Estado ocupa 3,41% de área da Região Nordeste e cerca de 0,62% do território nacional. Limita-se com o Estado do Ceará a Oeste, ao Sul com o Estado da Paraíba, e a Leste e ao Norte com o Oceano Atlântico (IDEMA, 2023).

A área de estudo pertence ao empreendimento denominado SALINA 7 MARES e tem aproximadamente 9,39 ha e está localizado na zona rural do município de Grossos, na região da Costa Branca do estado do Rio Grande do Norte, com a população estimada em cerca de 10.000 habitantes no ano de 2015, onde as principais atividades econômicas provém da pesca e da atividade salineira, esta última dominante na região (IBGE, 2010).

Grossos possui clima muito quente e semiárido, cujo período chuvoso vai de fevereiro a maio e temperaturas médias anuais de 21 a 36°C, umidade relativa média anual de 69% e 2700 horas de insolação (IDEMA, 2014). O empreendimento em estudo no presente trabalho trata-

se uma salina de pequeno porte, cuja produção é caracterizada como artesanal. A Figura 3 a seguir apresenta o mapa de localização do empreendimento.

Figura 3: Mapa de localização do empreendimento



Fonte: Acervo da Ecosafety Consultoria Ambiental, 2020.

### 3.5.1 Resolução CONAMA N° 430 DE 13/05/2011

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), é o órgão colegiado brasileiro responsável pela adoção de medidas de natureza consultiva e deliberativa acerca do Sistema Nacional do Meio Ambiente, sendo responsável pela classificação dos corpos d'água e pelas diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e por estabelecer as condições e os padrões de lançamentos de efluentes (OLIVEIRA JUNIOR, 2020).

O CONAMA, em sua Resolução n° 430, publicada em 13 de maio de 2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes e complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. (BRASIL, 2005).

Além do enquadramento dos corpos hídricos como doce, salobra e salino e seus diversos usos, a Resolução 357 do CONAMA estabelece os valores máximos permitidos para parâmetros orgânicos e inorgânicos, como nitratos, fósforo, coliformes, entre outros, em suas águas (BRASIL, 2005).

#### **4 Atividades realizadas**

Durante o período do estágio, foram realizadas três coletas mensais em duas estações de coleta de água da salina estudada com a finalidade de obter análises físico-químicas dos resíduos aquosos provenientes da produção de sal marinho. Os parâmetros avaliados foram, pH, salinidade, oxigênio dissolvido, temperatura, cálcio, magnésio e materiais sedimentáveis. As análises de pH, Condutividade Elétrica, Oxigênio Dissolvido e Temperatura foram realizadas in loco com utilização de Medidor Multiparâmetro - AK88, conforme apresentada na Figura 04 a seguir.

Para os demais parâmetros a água é coletada em recipientes específicos e enviadas ao laboratório que realiza as análises, ilustrados na Figura 06. Com os resultados, relatórios semestrais são feitos atendendo a condicionante da Licença Ambiental vigente do empreendimento em estudo, cujo objetivo do monitoramento ambiental é avaliar os impactos ambientais locais.

##### **4.1 Estações de coleta**

Conforme as atividades da empresa e as recomendações do Termo de Referencia do órgão ambiental estadual, o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte - IDEMA, para o Programa de Monitoramento Ambiental para empreendimentos de extração de Sal Marinho, foram estabelecidas duas estações de coleta:

E1 – Abastecimento da Unidade de Produção, também conhecida como ponto de captação;

E2 – Ponto de lançamento do efluente proveniente do descarte dos cristalizadores e da lavagem do sal.

A Figura 4 apresenta a localização dos pontos de monitoramento onde são coletadas as amostras na área do empreendimento.

Figura 4: Pontos de coleta na área do empreendimento em estudo



Fonte: ECOSAFETY, 2023.

4.2 Métodos de coleta e análises dos parâmetros

No período compreendido entre os meses de fevereiro a abril de 2023, foram analisados sete parâmetros nas águas coletadas nas duas estações de amostragem. A descrição sucinta dos métodos utilizados para análise dos parâmetros monitorados está no Quadro 1.

Quadro1:Métodos utilizados para análises dos parâmetros monitorados

| Parâmetro               | Método                                                                          |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Oxigênio dissolvido- OD | Sonda de medição de OD com sensor de Temperatura integrado.                     |
| Salinidade              | Sonda de medição de Condutividade Elétrica com sensor de Temperatura integrado. |
| Temperatura             | Sonda de medição de Temperatura.                                                |
| pH                      | Sonda de medição de pH com sensor de Temperatura integrado.                     |
| Cálcio                  | Titulação com EDTA e indicador calcon.                                          |
| Magnésio                | Titulação com EDTA e indicador Eriocromo T.                                     |
| Materiais sedimentáveis | Método volumétrico- Cone Imhoff.                                                |

Fonte: Autoria própria (2023).

As análises de pH, Condutividade Elétrica (CE), Oxigênio Dissolvido (OD) e Temperatura foram realizadas em loco com utilização de Medidor Multiparâmetro - AK88 (Figura 5).

Figura 5: Análises de pH, CE e OD e Temperatura com o Medidor Multiparâmetro- AK88



**Fonte:** Autoria própria (2023).

Para os parâmetros Cálcio, Magnésio e Materiais Sedimentáveis, a água foi coletada com as condições exigidas pelo IDEMA e enviadas para análise no laboratório especializado, conforme apresentado na Figura 6 a seguir.

Figura 6:Água coleta para análises de cálcio, magnésio e materiais sedimentáveis



**Fonte:** Autoria própria (2023).

As análises de laboratório foram realizadas conforme metodologias padrão descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Ao total, foram analisados os sete parâmetros: pH, salinidade, oxigênio dissolvido, temperatura, cálcio, magnésio e materiais sedimentáveis. Os resultados foram comparados com valores de referência das resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011.

O Quadro 2 apresenta os valores encontrados nas análises realizadas no período ilustrado para as estações de coleta E1 e E2 respectivamente.

Quadro 2: Parâmetros analisados

| Parâmetros                     | Fevereiro |          | Março    |          | Abril    |          |
|--------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                | Captação  | Descarte | Captação | Descarte | Captação | Descarte |
| <b>pH</b>                      | 7,76      | 6,21     | 7,86     | 6,2      | 7,79     | 6,61     |
| <b>CE (ppt)</b>                | 76,50     | 85,05    | 76,00    | 91,25    | 69,12    | 76,37    |
| <b>OD (mg/L)</b>               | 6,7       | 3,40     | 6,72     | 3,1      | 5,6      | 3,0      |
| <b>Temperatura (°C)</b>        | 30,10     | 35,00    | 34,00    | 38,5     | 31,1     | 35,6     |
| <b>Calcio(g/L)</b>             | 0,00      | 0,15     | 0,22     | 0,00     | 0,03     | 0,00     |
| <b>Magnésio(g/L)</b>           | 3,6       | 4,2      | 3,0      | 56,00    | 3,6      | 65,00    |
| <b>Materiais sedimentáveis</b> | -         | 0,95     | -        | 0,9      | -        | 0,9      |

**Fonte:** Autoria própria (2023)

#### 4.2.1 Análise do pH

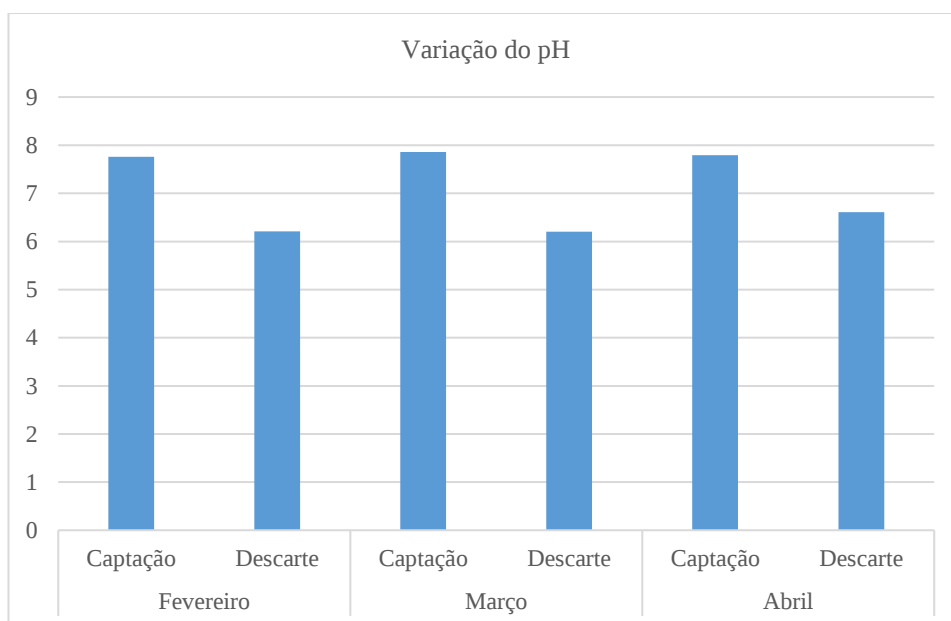
O pH representa a concentração de íons  $H^+$  presente em solução indicando sua condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade. A faixa de pH varia de 0 a 14, e o constituinte responsável pelo pH ocorre na forma de sólidos dissolvidos e de gases dissolvidos. A sua origem natural provém da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, à oxidação da matéria orgânica e à fotossíntese (VON SPERLING 2014a).

Segundo Porto Branco e Luca (1991), este parâmetro regula a precipitação de muitos metais e protege a vida aquática. A água em pH baixo (ácida) é corrosiva e em pH alto (alcalina) é incrustativa. Alguns peixes e outros animais aquáticos sobrevivem em pH menor que 5, mas os metais se solubilizam aumentando a possibilidade de toxidez, já em valores mais elevados, os metais tendem a precipitar. Além disso, valores de pH afastados da neutralidade podem prejudicar o tratamento da água para consumo humano.

O termo pH indica a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. O valor do pH varia em uma escala de 0 a 14. Corpos hídricos não poluídos apresentam pH com valores próximos da neutralidade, daí a importância das medições do pH.

Nas amostras analisadas, os valores de pH na captação tiveram uma variação entre 7,76 e 7,79. Já no descarte, os valores variaram entre 6,20 a 6,61. Estes valores encontram-se dentro da faixa permitida pela legislação (Resolução no 357/2005, do CONAMA), entre 6,0 e 9,0.

Figura 7: Gráfico da variação temporal do parâmetro pH, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo



Fonte: Autoria própria (2023)

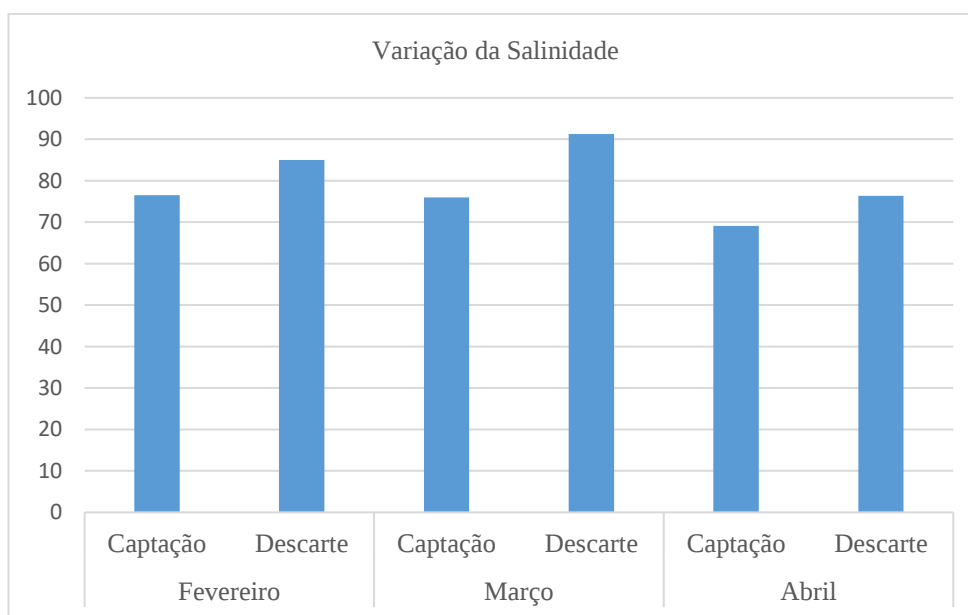
#### 4.2.3 Análise da salinidade

A quantidade de sais dissolvidos nas águas de lagos e reservatórios é medida pela salinidade. Em águas salobras, a unidade de medida é ppm (partes por milhão), enquanto em águas doces, são usados ppb (partes por bilhão) ou ppt (partes por trilhão). A salinidade média do mar é de 35 ppt, já em água doce é comum 0,5 ppt. A Salinidade tende a ser maior no verão e menor no inverno, e pode ser aumentada pela evaporação, mas reduzida pelas chuvas.

O local de estudo está situado em uma região de estuários, que ocorrem quando a água doce dos rios se encontra com a água salgada do mar. Esses ecossistemas são notáveis por apresentar variações ambientais significativas, como o ciclo das marés. A salinidade varia de acordo com o ciclo das marés. As plantas e animais encontrados nesses ecossistemas estão adaptados a esse ritmo diário de oscilação do nível das águas e da salinidade, sendo que muitas espécies dependem desses ciclos para sobreviver (SILVA, 2016).

Os valores de salinidade obtidos das análises da água na captação foram de 69,12 a 76,59 ppt, logo não foi observado alterações significativas desses valores no período estudado, a mesma tendência foi observada para os dados de descarte, que foram de 76,37 e 91,25 ppt, para os dois períodos avaliados. Não existe padrão de enquadramento para descarte na Resolução no 357/2005, do CONAMA.

Figura 8: Gráfico da variação temporal da salinidade, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo



Fonte: Autoria própria (2023)

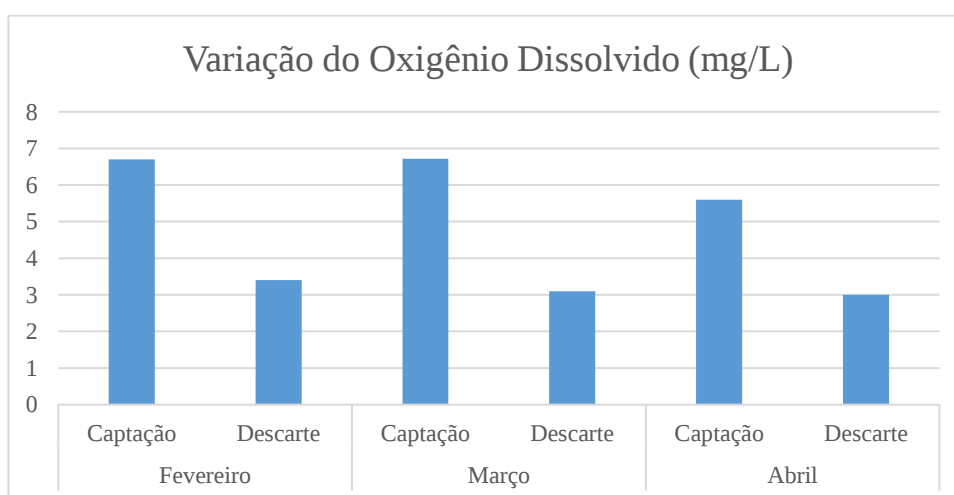
#### 4.3.4 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é um componente crucial para o metabolismo dos microrganismos aeróbicos presentes em águas naturais, sendo indispensável para os seres vivos especialmente os peixes quais geralmente não resistem as concentrações de OD na água inferior a 4 mg/L. Geralmente o OD se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico, em certos resíduos industriais e outros (SILVA, 2016)

Os valores de OD, no ponto de captação foi de 6,70 mg/L, 6,72 mg/L e 5,60 mg/L. Segundo a resolução do 357 do CONAMA na sessão III que trata das águas salinas, o OD em qualquer amostra não pode ser inferior a 6 mg/L O<sub>2</sub>.

Nos pontos de descarte os valores de OD, variaram de 3,40 mg/L, 3,10 mg/L e 3,0 mg/L. A legislação não estabelece padrões limites de OD para descarte de efluentes.

Figura 9: Gráfico da variação temporal do oxigênio dissolvido, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo



**Fonte:** Autoria própria (2023)

#### 4.3.5 Temperatura

A temperatura é um dos parâmetros utilizados para caracterizar os corpos d'água e, sua unidade de medida é dada em graus Celsius (°C). Ela influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade. Os organismos aquáticos são afetados pela variação das temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que causa impactos sobre seu crescimento e reprodução, mas para as águas de abastecimento humano a presença de organismos não é recomendada (SILVA, 2016)

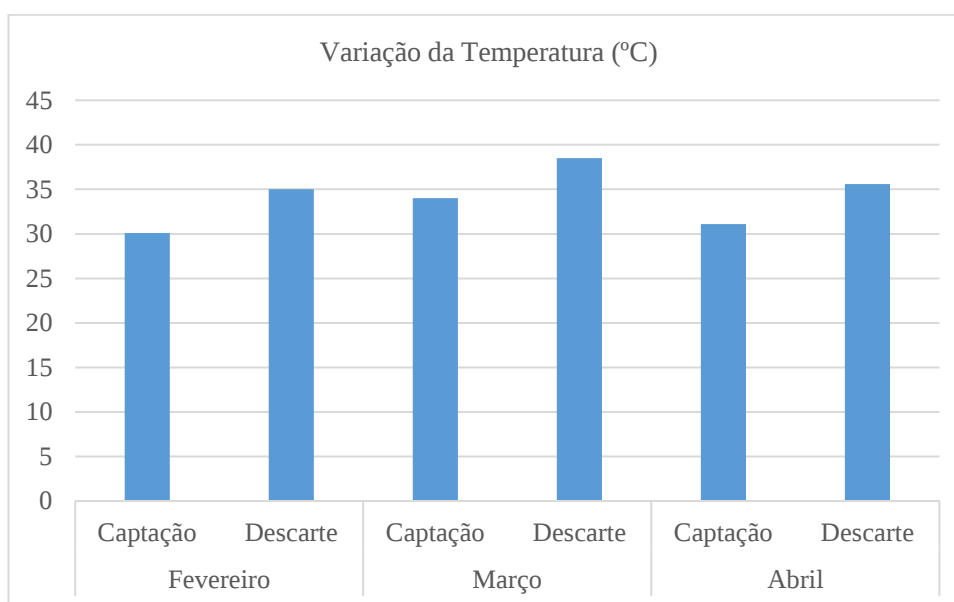
Na análise das águas a temperatura é um dos fatores físicos mais expressivos a ser determinado. É um dos padrões de qualidade das águas, que está associada à sensibilidade dos

organismos vivos, que tornam uma água própria ou não para o consumo, assim como a transparência, sabor, odor e aparência (RAMALHO, 1977).

De acordo com Azevedo (1999), o aumento da temperatura provoca diminuição da solubilidade dos gases e acelera o metabolismo dos organismos, o que provoca redução da quantidade de oxigênio dissolvido na água.

Na captação, os valores de temperatura variaram de 30,10°C a 34,6 °C já no descarte a variação foi de 35,0 °C a 35,6°C. Segundo a legislação, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões previstos no artigo 16 da Seção II da Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, resguardadas outras exigências cabíveis, sendo que a temperatura deve ser inferior a 40°C. Logo, as águas de descarte estão em conformidade com a legislação.

Figura 10: Gráfico da variação temporal da temperatura, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo



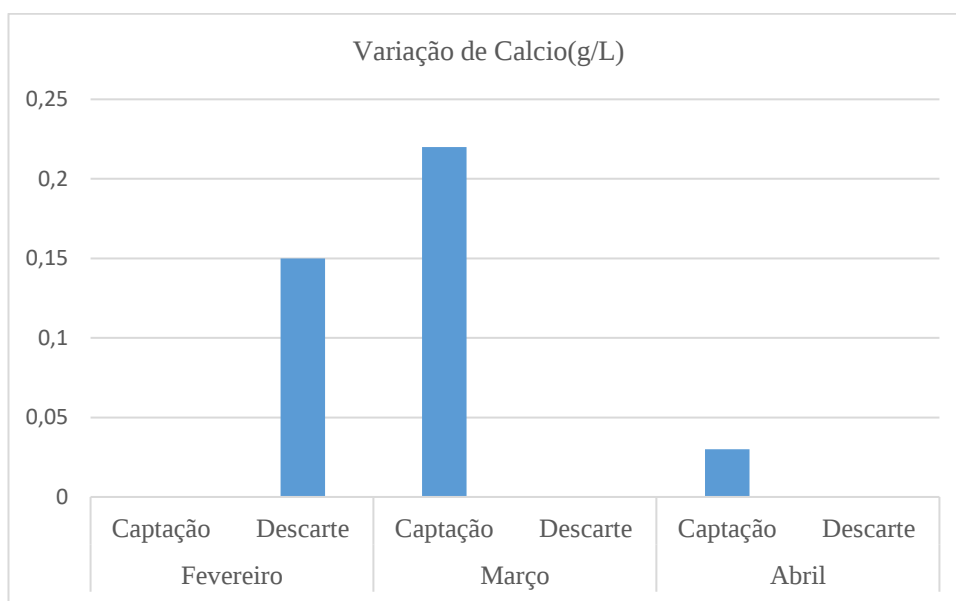
**Fonte:** Autoria própria (2023)

#### 4.3.6 Análise do cálcio

O íon cálcio é um dos cátions comumente encontrados em corpos d'água. Ele vem principalmente de minerais como  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (gesso),  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (dolomita) e  $\text{CaCO}_3$  em várias formas minerais (calcita e aragonita). O efeito mais conhecido da presença de cálcio e/ou magnésio na água potável é a formação sais insolúveis com ânions de sabão, formando uma espécie de "creme" na água de lavagem ou incrustações em tubulações (SILVA, 2016).

Na captação, os valores das amostras obtidas foram de 0,00 e 0,22 g/L, já no descarte os valores encontrados variaram entre 0,00 g/L e 0,15 g/L. A Resolução CONAMA 357 não estabelece valores de cálcio que devem estar presentes nas águas de descarte.

Figura 11: Gráfico da variação temporal do cálcio, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo



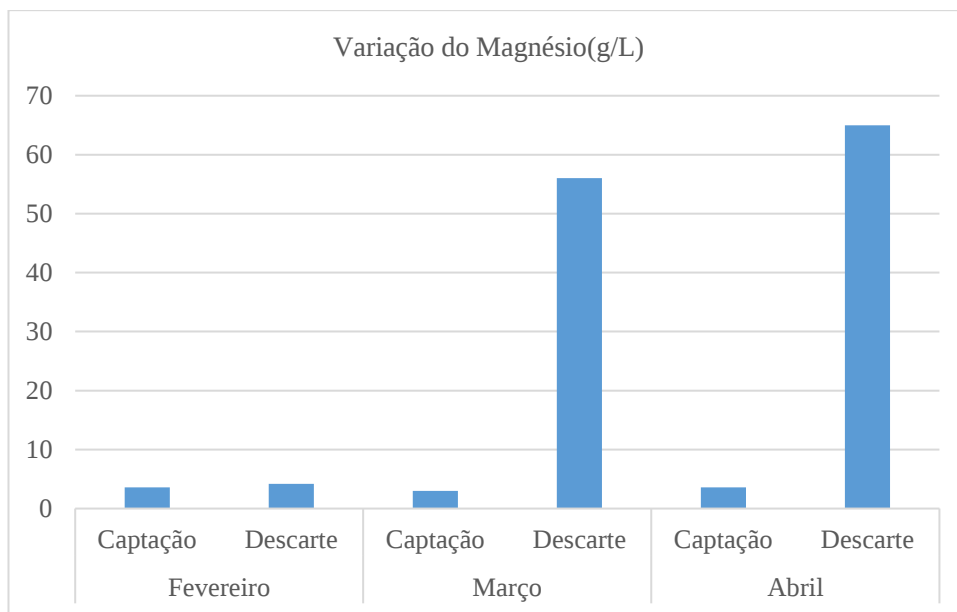
**Fonte:** Autoria própria (2023)

#### 4.3.7. Análise do magnésio

Segundo Silva (2016), o magnésio é um mineral indispensável na nutrição animal. Ele age facilitando a digestão de celulose e o metabolismo de carboidratos, promovendo o transporte de fósforo e proteínas, e favorecendo as reações enzimáticas e melhorando o apetite. Além disso, está associado a uma formação mais forte dos ossos, à saúde cardiovascular e à função adequada das células dos nervos.

Na captação, os valores da concentração de Magnésio variaram de 3,00 a 3,60 g/L e de 4,00 a 65,0 g/L no descarte. A grande discrepância entre os meses é explicada pelo fato de que abril é um mês chuvoso e como houve manutenção dos tanques as águas descartadas eram aquelas provenientes das chuvas e não da produção de sal. Na legislação não há um valor de referência para esse atributo.

Figura 12: Gráfico da variação temporal do magnésio, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo



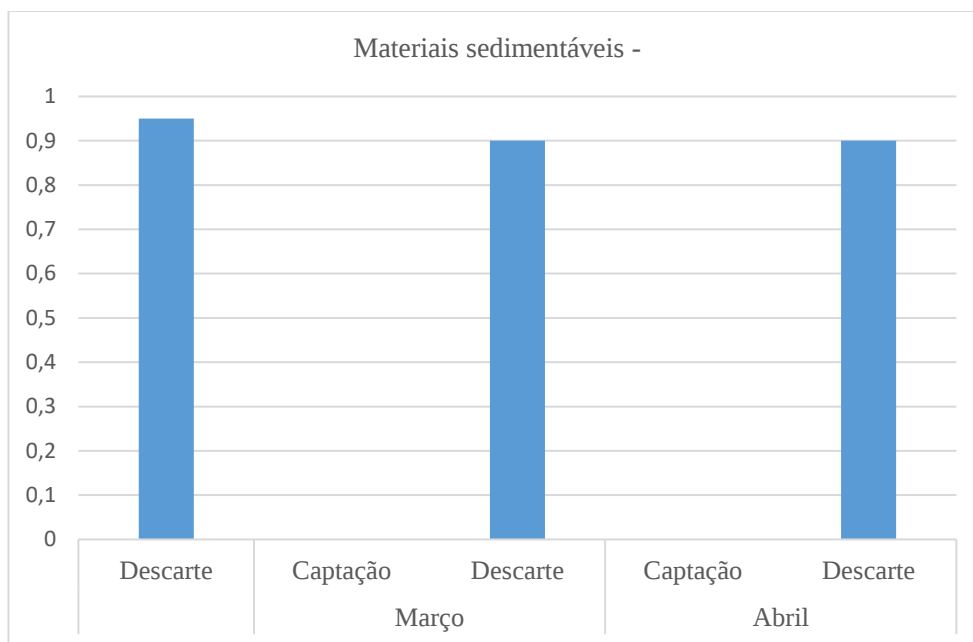
**Fonte:** Autoria própria (2023)

#### 4.3.8 Materiais sedimentáveis

Conforme o CONAMA 430, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo. Para os materiais sedimentáveis é preconizado que este deve apresentar até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes.

Os resultados obtidos das águas de descarte variaram de 0,95 a 0,90 mL/L. Logo, estes valores estão abaixo dos valores preconizados pelo CONAMA 430.

Figura 13: Gráfico da variação temporal dos materiais sedimentáveis, no período de fevereiro de 2023 a abril de 2023 na área de estudo



Fonte: Autoria própria (2023)

## 5 Considerações finais

Durante o período observado, foram realizadas análises dos parâmetros pH, CE, OD, temperatura, cálcio, magnésio e materiais sedimentáveis, podendo-se afirmar que os valores apresentaram variações entre a água de captação e a água descartada, considerando as duas estações de coleta descritas no presente trabalho.

Dado o processo produtivo do empreendimento em questão envolver a evaporação da água do mar até cristalização dos sais para obtenção do cloreto de sódio, é esperado o aumento na concentração salina nos efluentes coletados. No entanto, é possível afirmar que houve impacto ambiental significativo provocado pelo descarte do efluente no local da atividade.

É importante salientar que os valores de magnésio tiveram uma grande variação, quando comparado os meses de fevereiro e abril, principalmente nas análises das águas de descarte, que pode ser explicado pelo aumento das chuvas no mês de abril, que diluem a água concentrada a ser descartada e alterariam os valores dos resultados obtidos no período chuvoso.

Por fim, apesar da variação observada dos valores dos parâmetros, todas as análises estão dentro dos padrões exigidos e preconizados nas resoluções CONAMA N° 357 e 430, para os parâmetros regulamentados nestas diretrizes.

O estágio supervisionado na ECOSAFETY foi de grande aprendizagem na área de licenciamento e monitoramento ambiental, enriquecendo profissionalmente, por ter tido a oportunidade de adquirir novos conhecimentos e experiência. O acompanhamento dos diversos tipos de processos de licenciamento ambiental e, particularmente, em tarefas vinculadas à serviços de monitoramento e qualidade de efluentes, trouxe maior compreensão do que foi visto em sala de aula durante o curso de Engenharia Química.

## 6 Referências

- ALENCAR, A. L. D. A. **Métodos de análises físico-químicas do sal para consumo humano e industrial**. Universidade Federal Rural do SemiArido, p.11.2019.
- ALPHA. 2005. **Standard Methods for the examination of water and wastewaters**, 21<sup>th</sup> edition, American Public Health Association, Washington.
- ALBUQUERQUE, F. S. X. **As Águas-mães: um efluente industrial detentor de um potencial econômico para a indústria salineira do Rio Grande do Norte na Produção de Óxido de Magnésio**. 2007. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2009
- AZEVEDO, E. B.; Poluição vs. Tratamento de água. Química Nova na Escola. v.10, n.1,1999.p.21-25.
- BEZERRA, D. B.; BRITO, L. P. Avaliação dos impactos ambientais produzidos pela indústria salineira no Rio Grande do Norte. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária. 2001. João Pessoa. **Anais**, Rio de Janeiro: ABES 2000
- BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente – **CONAMA. Resoluções do Conama**: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. /Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2012. 1126p.
- BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf). Acesso em 09 mai. 2023.
- CÂMARA, C. A. L. **Produção de sal por evaporação solar**. 1ed. Natal: Antenna Edições técnicas, 1999.
- CASCUDO, L. C. História do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e Cultura, 1955.
- COSTA ET AL. Análise da variação da salinidade no estuário do Rio Apodi-Mossoró/RN e sua relação com alguns aspectos limnológicos. **Anais** da 58ª Reunião Anual da SBPC - Florianópolis, SC - Julho/2006. Disponível em: [http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/SENIOR/RESUMOS/resumo\\_1779.html](http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/SENIOR/RESUMOS/resumo_1779.html)> Acesso em 12 de maio de 2023.
- DANTAS, A. G. O. **Análise da dureza do sal na produção do sal marinho da Unisais- união refinaria nacional de sal**. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Agrotecnologia e Ciências Sociais, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2015.

ECOSAFETY. Acervo da empresa. (2023).

F. SOUTO. F. SOUTO INDÚSTRIA E COMPAINHA. de Sal S.A. Disponível em:<<http://www.fsouto.com.br/>> Acesso em 11 de mai. de 2023.

HENRIQUES, Isabelly Paula de Sousa Azevedo. **Análises físicas e químicas do sal na indústria Salinor – Salinas Do Nordeste S/A.** 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Agrotecnologia e Ciências Sociais, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).

IDEMA, Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. **Perfil do seu município**, 2014. Disponível em<<http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=CATALG&TARG=61&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=Socioecon%F4mico>> Acesso em 10 de maio de 2023.

NORSAL. O SAL. Disponível em: [http://norsal.com.br/main.php?g\\_ct=sal](http://norsal.com.br/main.php?g_ct=sal). Acesso em: 12 mai. 2023.

MELO, P. R. C.; CARVALHO, R.S.; PINTO, D. C. Rochas Minerais Industriais: Usos e Especificações. Parte 2. Brasília: CETEM, 2008.

OLIVEIRA JÚNIOR, Raimundo Fernandes de. **Análise dos atributos quali-quantitativos da água em microbacia perene do semiárido brasileiro**. 2020. 128 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoro, 2020.

PORTO, F.A.; BRANCO, S.M.; LUCA, S.J. Caracterização da qualidade da água. In: PORTO, R.L. (Org.). **Hidrologia ambiental**, São Paulo: EDUSP, 1991. p.375-390.  
NORSAL. **Histórico da Produção Nacional e Estadual do Sal**. Disponível em: <[www.norsal.com.br/](http://www.norsal.com.br/)>. Acesso em: 09 de maio. 2023.

RAMALHO R.S. 1977. **Introduction to wastewater treatment processes**. New York, Academic Press, 409 p.

SILVA, Clara Livia Câmara e. **Potencialidade de produção de óxido de magnésio a partir da água mãe proveniente da produção de sal marinho no município de grossos/rn.** 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Naturais, Faculdade de Ciências Exatas e Naturais – Fanat, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – Uern, Mossoro, 2016.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2014a.. 4ª edição 452 p.