



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE DO PROCESSO DE REFINO
E BENEFICIAMENTO DO SAL MARINHO NA EMPRESA REFIMOSAL (RE-
FINAÇÃO E MOAGEM DE SAL SANTA HELENA LTDA)**

Luara Patrícia Lopes Moraes

MOSSORÓ

2020

LUARA PATRÍCIA LOPES MORAIS

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE DO PROCESSO DE REFINO
E BENEFICIAMENTO DO SAL MARINHO NA EMPRESA REFIMOSAL (RE-
FINAÇÃO E MOAGEM DE SAL SANTA HELENA LTDA)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro de Engenharia – CE, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Gecílio Pereira da Silva

MOSSORÓ

2020

© 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 tornar-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.

M827a Morais, Luara Patrícia Lopes .
Avaliação do controle de qualidade do processo
de refino e beneficiamento do sal marinho na
empresa REFIMOSAL (Refinação e Moagem de Sal Santa
Helena Ltda) / Luara Patrícia Lopes Morais. -
2020.
57 f. : il.

Orientador: Gecílio Pereira da Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de , 2020.

1. Cloreto de sódio. 2. Qualidade. 3. Sal
marinho. 4. Iodo. I. Silva, Gecílio Pereira da,
orient. II. Título.

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.

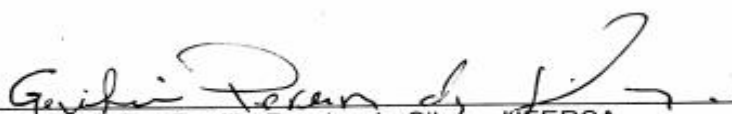
LUARA PATRÍCIA LOPES MORAIS

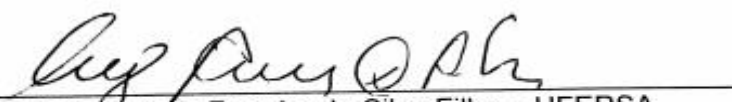
**AVALIAÇÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE DO PROCESSO DE REFINO
E BENEFICIAMENTO DO SAL MARINHO NA EMPRESA REFIMOSAL (RE-
FINAÇÃO E MOAGEM DE SAL SANTA HELENA LTDA)**

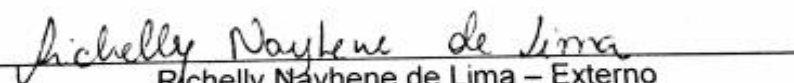
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro de Engenharia – CE, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Defendida em: 23/01/2020

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Gecílio Pereira da Silva – UFERSA
Presidente e orientador


Prof. Dr. Luiz Ferreira da Silva Filho – UFERSA
Primeiro Membro


Michelly Nayhene de Lima – Externo
Segundo Membro

DEDICATÓRIA

À Deus, Pai de tudo e todas as coisas, que me proporcionou o dom da vida e permitiu mais esta conquista. À minha mãe e meus irmãos que sempre se fizeram presentes e me apoiaram em todas as circunstâncias.

AGRADECIMENTOS

À Deus que me sustentou até aqui. Conhecer a Tua graça é uma sensação inexplicável, cada momento gasto nessa Terra será para honrar o Teu nome.

In memoriam ao meu pai, Jady Morais. As circunstâncias tiraram você cedo demais da minha convivência, mas eu sei que estaria muito orgulhoso por mais essa conquista em minha vida. Obrigada pelo seu legado de determinação, integridade, amor e carinho.

À minha mãe e melhor amiga, Lindecia que, com muito esforço, cuidou e educou seus filhos com o maior tesouro da vida, o amor. Me ensinou o caminho da verdade, e por isso serei eternamente grata. Sua força e sabedoria me motiva todos os dias a ser uma pessoa melhor, tudo que tenho é seu.

Aos meus irmãos, George e Jady Filho, que tanto amo e admiro. Motivados pelo desejo de adquirir conhecimento para retribuir os esforços feitos pela nossa mãe, compartilhamos os mesmos valores de vida. Obrigada pelos exemplos diários e que nossa união possa continuar a me proporcionar um senso de proteção e respeito incomparável.

Ao meu orientador Gecílio, uma pessoa incrível cujo tive a oportunidade de conviver durante esses anos, além de aprender cada vez mais e aprofundar meus conhecimentos na área. Obrigada pela confiança e por acreditar em meu potencial, que Deus continue abençoando grandemente sua vida. À Luiz, obrigada pelos conselhos e momentos de descontração, que Deus te abençoe.

Aos meus amigos desde o primeiro semestre de UFERSA, Caio, Isabel, Daniel e Dário. De tantos momentos compartilhados juntos, o que dizer sobre essa amizade baseada em apoio, muitas risadas, danças e estudos. Cada sala que passamos, deixamos um pouco de nós, com muito esforço, dedicação e companheirismo. Levantamos uns aos outros nos momentos mais difíceis, crescemos juntos e comemoramos nossas conquistas pessoais e por isso, sou grata pela vida de cada um.

Aos meus amigos, Mylla, Larícia, Mayara, Maxwell, Matheus e Alanderson que, em momentos improváveis, foram as pessoas em que encontrei conforto. Um presente que o curso de engenharia química me proporcionou, desejo que a nossa amizade continue transcendendo os limites da faculdade e que possamos sempre inspirar uns aos outros a alcançar nossos objetivos.

Ao meu melhor amigo André, obrigada por todos os momentos compartilhados nesses quatorze anos de amizade. Eu sei que sempre posso contar com você. Que o sucesso esteja em nossos futuros e que possamos realizar todos nossos sonhos.

Ao meu supervisor, Françueldo. Apesar de pouco tempo de convivência, uma amizade foi constituída e sei que terei seu apoio no que precisar. Obrigada por todos os ensinamentos e experiências compartilhadas. À todos da REFIMOSAL, meu muito obrigada.

À toda a minha família paterna e materna que sempre apoiaram meus estudos. Em especial às minhas tias, Salézia e Judy, serei eternamente grata por tudo que vocês fizeram em minha vida. E todos os meus amigos que me apoiaram durante esta caminhada, cada um de vocês são lembrados com bastante carinho.

À todos os professores e instituições que participaram direta e indiretamente da minha formação acadêmica até então.

RESUMO

O presente trabalho apresentará atividades realizadas durante o estágio supervisionado na indústria de beneficiamento de sal marinho, Refinação e Moagem de Sal Santa Helena LTDA – REFIMOSAL, localizada em Mossoró/RN. Com foco no setor de qualidade, as atividades a serem desenvolvidas, no laboratório da empresa, incluirão as análises fundamentais na matéria-prima e produto final para cumprir os rigorosos padrões exigidos pelos clientes e especificações técnicas e de segurança alimentar vigentes. Após passar pelo setor da salina, onde ocorre a extração dos cristais do sal por evaporação e posteriormente sua lavagem, o sal é levado até o setor de refino onde é convertido em produto final através de um processo complexo com equipamentos específicos responsáveis pela moagem, secagem e adição de aditivos. As análises físico-químicas como, umidade, teor de iodo, dureza e granulometria, são essenciais para garantir a qualidade do produto final, que possui uma importância maior por se tratar, em sua maioria, de um alimento para consumo humano.

Palavras chaves: Cloreto de sódio; REFIMOSAL; Qualidade; Análises físico-químicas;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Célula unitária do cloreto de sódio.	17
Figura 2 - Mecanismo de formação do cloreto de sódio de forma espontânea.	18
Figura 3 - Comparativo entre três tipos de ligações. (a) Ligação covalente apolar; (b) Ligação covalente polar; (c) Ligação iônica.....	18
Figura 4 - Dissolução do NaCl na presença de moléculas de água.	19
Figura 5 – Produção brasileira de sal marinho em toneladas referente aos três maiores estados produtores, entre os anos de 1938 a 1970.	22
Figura 6 - Produção brasileira de sal marinho em toneladas referente aos três maiores estados produtores, entre os anos de 1971 a 2013.	22
Figura 7- Maquinário utilizado nas minas de extração de sal de rocha.....	24
Figura 8 - Pilhas de sal armazenados e expostos às condições climáticas.	29
Figura 9 - Trator enchedeira utilizado para o transporte do sal.	29
Figura 10 - Alimentação da refinaria com utilização de pá mecânica.	30
Figura 11 - Moinho de bolas e costelas utilizado no início do processo.	30
Figura 12 - Sistema secador de leite fluidizado e ciclone.	31
Figura 13 - Fornalha responsável por aquecer o secador.	32
Figura 14 - Peneira vibratória em funcionamento.....	32
Figura 15 - Local de preparo e armazenamento das soluções de aditivos utilizadas para o preparo do sal.	33
Figura 16 - Sistema de envasamento do produto final. (a) Empacotadeiras de 1 Kg. (b) Funcionários organizando os fardos em paletes com ajuda da enfardadeira.....	34
Figura 17- Marcha analica para determinação do teor de iodo no sal. (a) Solução água e sal; (b) Após adição do ácido sulfúrico e iodeto de potássio; (c) Após adição do amido; (d) Solução neutralizada através de titulação.	36
Figura 18 - Marcha analítica para determinação do teor de cálcio na amostra. (a) Após a adição do hidróxido de sódio e o indicador calcon; (b) Após a titulação com o EDTA. 38	
Figura 19 - Marcha analítica para determinação do teor de magnésio na amostra de sal. (a) Após a adição da solução tampão e indicador; (b) Após a titulação.....	39
Figura 20 - Procedimento de determinação do teor de ferrocianeto de sódio na amostra. (a) Diluição do sal em agitação; (c) Após a adição do indicador; (c) Fotocolorímetro. 41	

Figura 21 - Procedimento para a determinação da umidade da amostra.	43
Figura 22 - Procedimento realizado para caracterizar a granulometria da amostra.	44
Figura 23 - Procedimentos iniciais para a caracterização do teor de resíduos insolúveis.	45
Figura 24 - Análise de resíduos insolúveis.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Propriedades químicas e físicas do cloreto de sódio.	20
Tabela 2 - Os sete maiores produtores de sal de rocha do mundo e suas respectivas produções, em toneladas. 2013-2017.	24
Tabela 3 - Algumas marcas produzidas pela REFIMOSAL e suas aplicações.	27
Tabela 4 - Dados do ensaio de caracterização granulométrica.	45
Tabela 6 - Especificações do sal refinado sem aditivos.	53
Tabela 7 - Especificações do sal granulado industrializado.	54
Tabela 8 - Especificações do sal grosso peneirado para churrasco.	55
Tabela 9 - Especificações do sal moído para consumo animal e industrial.	56
Tabela 10 - Especificações do sal moído grosso a granel.	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo Geral.....	16
2.2. Objetivos Específicos	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1. O Sal	17
3.2. Tipos de sal	20
3.2.1. Sal de cozinha.....	20
3.2.2. Sal marinho.....	20
3.2.3. Sal Kosher	21
3.2.4. Sal de rocha	21
3.3. Consumo de sal no Brasil e no mundo	21
3.4. Tipos de processos produtivos	23
3.4.1. Mineração subterrânea.....	23
3.4.2. Mineração por solução.....	24
3.4.3. Evaporação solar.....	25
4. A EMPRESA E O PROCESSO DE REFINO DE SAL.....	26
4.1. Refimosal	26
4.2. Produtos	26
4.3. Processo de refino do sal	28
5. ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE O PERÍODO DE ESTÁGIO	34
5.1. Controle de qualidade do sal.....	34
5.2. Análises Químicas	35
5.2.1. Teor de Iodo (KIO ₃).....	35
5.2.2. Teor de Cálcio (Ca ²⁺).....	37
5.2.3. Teor de Magnésio (Mg ²⁺).....	38
5.2.5. Teor de Ferrocianeto de Sódio [Na ₄ Fe(CN) ₆]	40
5.3. Análises Físicas.....	42
5.3.1. Umidade	42
5.3.2. Granulometria.....	43
5.3.3. Resíduos Insolúveis	45
6. CONCLUSÕES	48
7. REFERÊNCIAS.....	49
8. ANEXOS	52
8.1. Especificações da ANVISA.....	52
8.2. Sal Refinado com Aditivos	52

8.3.	Sal Refinado Sem Aditivos	53
8.4.	Sal Granulado Industrializado	54
8.5.	Sal Grosso Peneirado para Churrasco	55
8.6.	Sal Moído Para Consumo Animal e Industrial	56
8.7.	Sal Moído Grosso a Granel.....	57

1. INTRODUÇÃO

A origem e desenvolvimento da produção de sal são questões de suma importância para a história da humanidade. O sal está presente em vários aspectos de nossas vidas, sendo conhecido como o primeiro tempero da humanidade, ele está presente nos mares, em depósitos subterrâneos e, até mesmo, nossas células. Além do tempero, o sal é utilizado como agente químico para diversas indústrias.

Atualmente, China, Estados Unidos, Índia, Alemanha, Canada, Austrália, México, Brasil e Chile totalizam 60% da produção mundial de sal. Podendo ser extraído de três formas principais, sendo elas: mineração subterrânea, mineração por solução e evaporação sol, o sal é um recurso natural extraído em grandes quantidades monetizados e dessa forma, estimulando o crescimento econômico.

É inegável a importância social e econômica do sal para a região do Rio Grande do Norte. Segundo AZEVEDO (2013), a produção e exportação do estado ultrapassa cinco milhões de toneladas por ano, sendo sua produção concentrada, principalmente, nos municípios de Macau, Areia Branca e Mossoró.

O litoral nordestino é beneficiado por vários fatores climáticos adequados que favorecem a produção do sal marinho, como temperatura, umidade do ar, precipitação, insolação e ventos, o tornado responsável por 98% de toda a produção do sal brasileiro (DINIZ, 2016).

A REFIMOSAL inseriu-se neste cenário em 1977, fundada por Severino Praxedes Sobrinho em Mossoró/RN, sempre teve como objetivo o beneficiamento do sal a partir da extração até o refinamento, embalagem, armazenamento e distribuição do produto. A empresa ganhou destaque no mercado após passar por um processo de modernização e redução de impactos ambientais.

Atualmente a mesma atende as necessidades do mercado com altos níveis de satisfação devido ao seu compromisso com a qualidade através do Programa de Qualidade Total, implantado na empresa desde 1998. Os resultados foram notáveis quando, em 2011, foi concedido, pela primeira à uma empresa do seu ramo no Brasil, o certificado do Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle na Empresa – APPCC. Apesar da vertente industrial alimentícia, sendo a principal fonte de iodo para o homem, o sal

produzido pela REFIMOSAL abastece uma gama de setores como a indústria têxtil, química, farmacêutica, frigoríficos, pecuária, sabão, etc.

Dessa forma, o presente trabalho procura demonstrar o processo de obtenção do sal marinho através da evaporação solar, seu refino e beneficiamento, assim como o estudo e aprendizado das técnicas para obtenção de parâmetros físico-químicos determinantes para qualidade do produto final. Além de contribuir com desenvolvimento pessoal e profissional dos envolvidos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

- ✓ O presente trabalho tem como objetivo descrever o processo de obtenção do sal marinho, as análises e técnicas para obtenção dos parâmetros físico-químicos para o controle de qualidade do produto final.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Acompanhar o processo de refino do sal (moagem; secagem; peneiramento; adição de aditivos; envazo; transporte);
- ✓ Aprender e realizar análises na matéria prima e produto final para um melhor controle de qualidade, colaborando com a obtenção dos parâmetros físico-químicos (concentração de iodo e ferrocianeto; dureza; umidade; pH; resíduos insolúveis; teor de sulfato, cálcio e magnésio).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

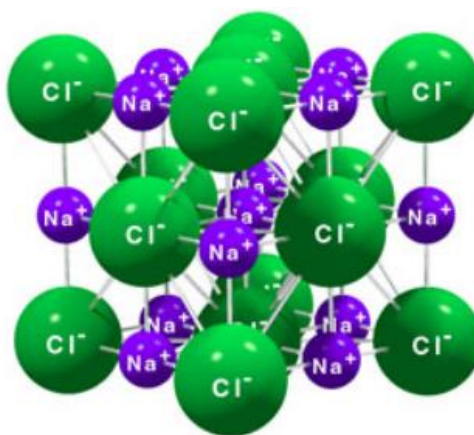
3.1. O Sal

O cloreto de sódio, vulgarmente conhecido como “sal de cozinha”, “sal comum” ou até mesmo apenas “sal”, está amplamente inserido em nosso cotidiano. Por se tratar de um nutriente essencial para humanos e animais, sua existência tornou-se vital para nossa sobrevivência (KENT, 2013). A principal fonte desse é mineral são os oceanos e mares, onde, em média, o sal está presente com cerca de 2,6% (em peso) ou 26 milhões de toneladas por quilômetros cúbicos (PREEDY, 2013).

Assumindo a fórmula química de NaCl, é constituído essencialmente por dois componentes, sódio (36,34%) e cloro (60,66%), sendo o primeiro pertencente à família dos metais alcalinos da tabela periódica, enquanto o segundo, aos halogênios, enquanto outros elementos estão presentes em menores quantidades, como é o caso de potássio, magnésio, cálcio, ferro, zinco, níquel, cromo, cobre, cobalto, entre outros (NAFEES, 2013).

Este mineral é comumente encontrado em forma de cristais transparentes, sua estrutura cristalina é do tipo Cúbica de Face Centrada – CFC e bem definida (SZWACKI, 2010). Este arranjo caracteriza-se por apresentar um átomo em cada vértice, assim como um átomo centralizado em cada face do cubo (CALLISTER, 2012), como podemos visualizar pela sua célula unitária na Figura 1.

Figura 1- Célula unitária do cloreto de sódio.

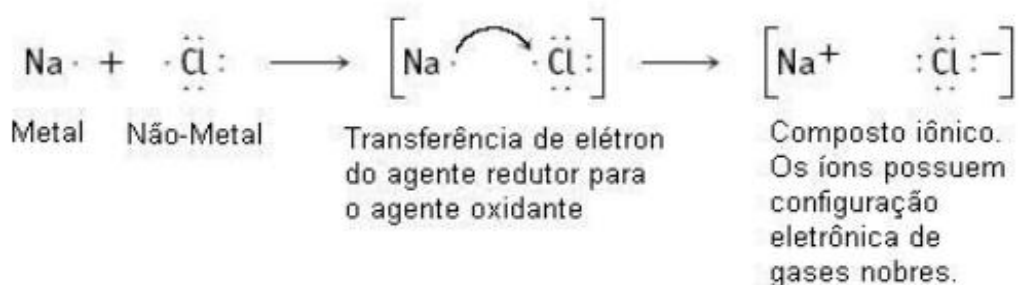


Fonte: http://kastedu.weebly.com/uploads/1/8/5/2/18521226/4852446_orig.gif

Para explicar as ligações entre os íons do sódio e do cloro, Na^+ (cátions) e Cl^- (ânions), respectivamente, podemos recorrer à eletronegatividade. A eletronegatividade é

definida como a habilidade de um átomo de uma determinada molécula atrair elétrons para si mesmo (RAMAKRISHMAN, 2019). Quanto maior o valor da eletronegatividade, maior será a atração por elétrons. Tendo isto em vista, se olharmos para o sódio e para o cloro e seus respectivos valores de eletronegatividade segundo Linus Pauling (0,93 e 3,16), podemos evidenciar uma diferença de eletronegatividade no valor de 2,23, valor este típico de um componente iônico (AVERILL, 2012). Ou seja, na Figura 2, podemos observar que um elétron do átomo sódio é transferido para o átomo do cloro e ambos estabelecem uma disposição eletrônica estável, semelhante à de um gás nobre, com a transferência completa de um ou mais elétrons de valência (CHEMELLO, 2005).

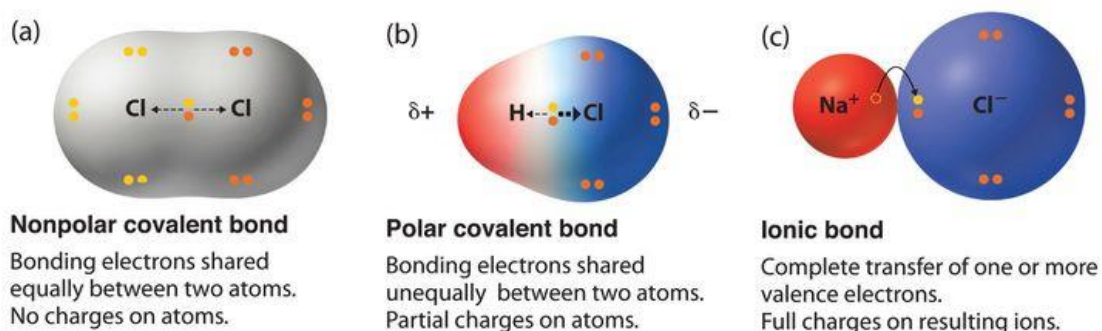
Figura 2 - Mecanismo de formação do cloreto de sódio de forma espontânea.



Fonte: CHEMELLO, 2005

O mesmo não pode-se dizer de compostos como Cl₂ e HCl, por exemplo, que possuem diferenças de eletronegatividade menores e caracterizam ligações covalente apolar (os elétrons são compartilhados igualmente entre os dois átomos) e polar (os elétrons são compartilhados desigualmente e ocorre a presença de cargas parciais nos átomos), respectivamente (AVERILL, 2012).

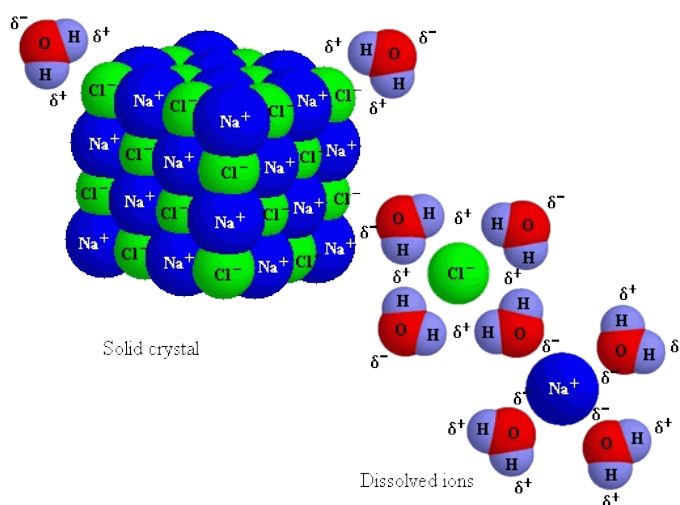
Figura 3 - Comparativo entre três tipos de ligações. (a) Ligação covalente apolar; (b) Ligação covalente polar; (c) Ligação iônica.



Fonte: <https://i.pnimg.com/736x/17/13/c4/1713c4fc71d8473a1e875a4fa2f0d84d.jpg>

Outra característica notável do sal é sua alta solubilidade em água. Isso ocorre porque a água se comporta como um ótimo solvente para compostos iônicos por ser um líquido polar e apresentar uma distribuição de cargas parciais (VOET, 2014). Quando um sólido iônico dissolve em água, seus íons dissociam e, é exatamente o que ocorre com o cloreto de sódio. Os átomos de oxigênio parcialmente carregados negativamente presentes em H₂O envolvem os cátions (Na⁺) do NaCl, enquanto os átomos parcialmente carregados positivamente da água, H⁺, atraem os ânions do cloreto de sódio, Cl⁻ (REECE, 2015). A Figura 4 exemplifica de forma resumida.

Figura 4 - Dissolução do NaCl na presença de moléculas de água.



Fonte: http://ipc9a.weebly.com/uploads/1/1/6/7/11671826/8816375_orig.gif

O cloreto de sódio é ubíquo, podendo ser encontrado em sua grande maioria em oceanos que, devido a interação entre sol e mar, garante uma fonte quase inesgotável deste mineral (THAKKER, 2014), como também, em depósitos à flor de terra, minas subterrâneas e salmouras naturais. Atualmente, existem mais de 113 nações engajadas na produção de sal chegando produzindo centenas de milhões de toneladas anualmente ao redor do mundo. Isso confere ao sal uma gama de mais de 14.000 aplicações (KENT, 2013), fazendo dele o agente químico mais utilizado atualmente em questão de quantidade e aplicações (BALABAN, 2011). O uso industrial é o principal destino final de todo sal produzido mundialmente, seu emprego do cloreto de sódio inclui a produção de cloreto, soda caustica, carbonato de sódio, ácido clorídrico, borracha, celulose, vídeo, alumínio, etc, além do uso para alimentação humana e animal.

A ANVISA reconhece o sal para consumo humano como sendo o cloreto de sódio cristalizado extraído de fontes naturais com adição obrigatória de iodo. O produto final

deve se caracterizar por sendo cristais brancos, com granulação uniforme, inodoro e conter sabor salino-salgado por si só. Além disso, para atender as normas, o mesmo deve ser isento de qualquer sujidade, microorganismos patogênicos ou impurezas em geral. A presença de aditivos é permitida desde que em quantidades dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Na Tabela 1 encontra-se outras propriedades gerais do cloreto de sódio, o sal.

Tabela 1- Propriedades do cloreto de sódio.

Propriedade	Valor
Massa molar (g/mol)	58,44
Densidade (g/cm ³)	2,165
Ponto de Fusão (°C)	801
Ponto de Ebulição (°C)	1413
Capacidade Térmica (J/K.g)	0,853
Calor de Fusão (J/g)	517,1

Fonte: MENDES, 2012.

3.2. Tipos de sal

A indústria salineira produz diferentes tipos de sal para as mais diferentes aplicações. O sal pode ser classificado de acordo com a sua composição e características dos grãos, de acordo com as legislações e para o preparo de alimentos em específico, existem quatro tipos básicos: sal de cozinha, sal marinho, sal kosher e sal de rocha.

3.2.1. Sal de cozinha

O sal de cozinha é o mais comum e consumido do mercado. Também conhecido como sal de mesa ou sal refinado, ele pode ou não ser iodado. O iodo foi adicionado ao sal pela primeira vez em 1920 para suprir a necessidade de reposição do mesmo nos organismos da população que sofria de uma epidemia de hipertireoidismo, desde então, o iodo é obrigatório no sal para consumo humano, com teores entre 15 e 45 miligramas de iodo por quilograma de produto, segundo a ANVISA. Além disso, o sal de cozinha é processado para remover impurezas e normalmente contém antiaglutinantes para garantir uma textura fina e uma homogeneização satisfatória.

3.2.2. Sal marinho

O sal marinho pode ser grosso, fino ou em flocos dependendo da região de extração, assim como pode apresentar coloração branco, rosa, preto. Geralmente é mais caro do que o sal de cozinha devido ao seu modo de obtenção, como por exemplo, o “flor de sal” é raspado manualmente de superfícies. Tendo em vista este modo mais artesanal, o sal marinho não é tão processado, preservando melhor os seus minerais.

3.2.3. Sal Kosher

Bastante utilizado para o preparo de carnes, o sal kosher possui a propriedade de rápida remoção do sangue presente nas mesmas. No entanto, por serem grossos, seus grãos não dissolvem tão rapidamente quanto o sal de cozinha, o que faz com que quando utilizado como substitutos, seja preciso o dobro da quantidade que normalmente se utilizaria de sal de cozinha. Não apresenta iodo em sua composição.

3.2.4. Sal de rocha

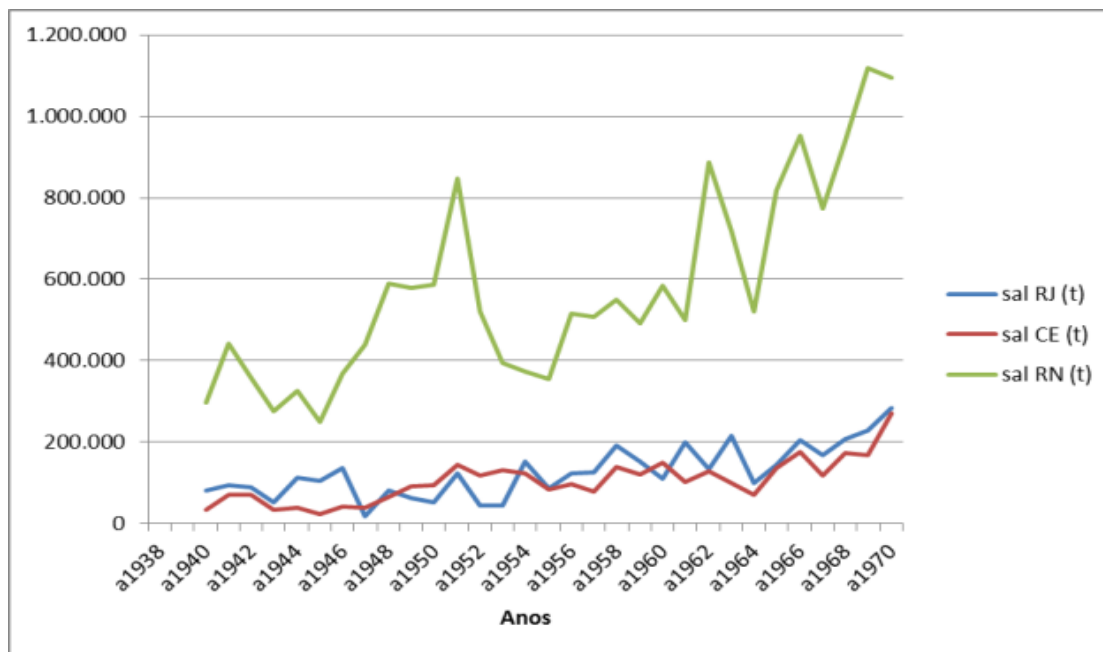
O sal de rocha está presente nas jazidas terrestres, bastante exploradas na região sudeste do Brasil. Costuma apresentar impurezas não comestíveis devido às características de sua fonte.

3.3. Consumo de sal no Brasil e no mundo

No Brasil, o consumo em 2011 foi de aproximadamente 7,5 milhões de toneladas, onde 2,4 milhões de toneladas de sal (33% do consumo nacional) supriram as demandas da indústria química, tendo como seu principal produto do segmento soda/cloro. O consumo humano e animal juntamente com o setor de agrícola e alimentos corresponderam a 30,1% (2,23 milhões de toneladas) e outros setores como frigoríficos, curtumes, indústrias têxtil, farmacêutica, petróleo e tratamento de água ficaram com o restante (DINIZ, 2013).

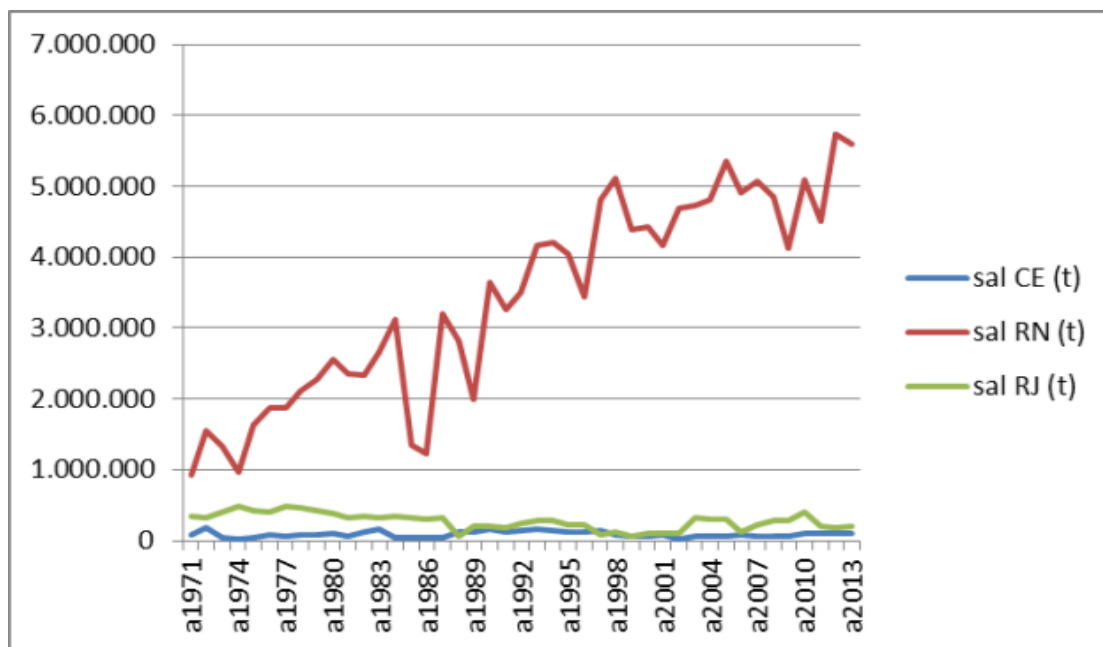
As principais salinas produtoras de sal marinho do Brasil estão situadas nos estados de Rio Grande do Norte, Ceará e Rio de Janeiro, que correspondem a cerca de 99% de toda produção nacional (DINIZ, 2015), sendo o Piauí o único outro produtor de sal marinho em todo território nacional. Podemos analisar os dados através dos gráficos a seguir, onde o primeiro apresenta valores referente aos anos de 1938 a 1970 (Figura 5), período esse de transição entre produção artesanal e o início da modernização através de mecanização no Nordeste e, a Figura 6 exibe dados dos anos de 1971 a 2013, de acordo com os dados por Diniz (2019)

Figura 5 – Produção brasileira de sal marinho em toneladas referente aos três maiores estados produtores, entre os anos de 1938 a 1970.



Fonte: DINIZ, 2019.

Figura 6 - Produção brasileira de sal marinho em toneladas referente aos três maiores estados produtores, entre os anos de 1971 a 2013.



Fonte: DINIZ, 2019.

Mundialmente, o maior produtor de sal mundial é a China, seguida pelos Estados Unidos (DNPM, 2011), cerca de 40% de toda produção efetuada nos Estados Unidos é

consumida pela indústria química altamente avançada, onde apenas 4% do total é destinado ao consumo humano e agrícola.

Quando levamos em consideração a décima oitava edição da Salt, publicada pela Roskill, podemos fazer uma estimativa da produção de sal para 2019 com valores de 330 milhões mundialmente, ultrapassando o pico anterior de 325 milhões. Estima-se que o consumo na Ásia é maior do que em qualquer outro continente, com mais de 160 milhões de toneladas em 2019, em consequência do seu polo químico e industrial em constante crescimento, assim como o tamanho da sua população.

3.4. Tipos de processos produtivos

O sal geralmente é produzido de três formas, sendo elas mineração subterrânea, mineração por solução ou evaporação solar. O último sendo o mais comum e nosso enfoque neste presente trabalho.

3.4.1. Mineração subterrânea

O sal de rocha é tipicamente minerado em depósitos subterrâneos, o seu processo de obtenção é semelhante à de qualquer outro mineral. A presença do mineral nestes depósitos se dá pelo aterro dos fundos dos mares ocasionados pelas mudanças tectônicas no decorrer de milhares de anos.

A construção das minas inicia pela perfuração de cerca de 300 metros de profundidade com sonda rotativas, a lama retirada é substituída por uma solução saturada de NaCl para impedir sua dissolução. Tudo é feito para que a caverna tenha uma configuração de sino invertido o que confere a mesma uma estabilidade e melhorar o transporte por meios de cabos (MELO, 1977). O processo de desenvolvimento de uma mina dura aproximadamente 6 meses de operações contínuas. Podemos ter uma noção melhor do processo a partir da Figura 7.

Figura 7- Maquinário utilizado nas minas de extração de sal de rocha.



Fonte: https://www.saltassociation.co.uk/identity-cms/wp-content/uploads/continuous-digger_lge.jpg

Segundo dados da BGS (British Geological Survey), podemos visualizar a produção de sal de rocha mundialmente, Tabela 2. Durante os anos de 2013 a 2017, os Estados Unidos lideraram o mercado produtivo, seguido pelo Canadá e Alemanha.

Tabela 2 - Os sete maiores produtores de sal de rocha do mundo e suas respectivas produções, em toneladas. 2013-2017.

País	2013	2014	2015	2016	2017
Estados Unidos	14.3640.000	19.026.000	19.800.000	18.480.000	17.630.000
Canadá	11.223.829	13.173.990	13.312.076	9.310.950	10.381.495
Alemanha	8.510.652	4.9258.656	6.027.873	5.634.339	6.793.883
Espanha	2.973993	2.753.802	3.032.409	3.253.372	3.100.000
Paquistão	2.159.939	2.220.347	2.797.506	3.552.948	3.534.075
Brasil	1.349.411	1.451.051	1.450.000	1.500.000	1.500.000
Tailândia	1.300.156	1.381.067	1.385.911	1.333.675	772.110

Fonte: BGS, World Mineral Production. 2019.

3.4.2. Mineração por solução

Nesse processo, poços são construídos sobre depósitos de sal e água é injetada para dissolver o sal. Geralmente esses poços são formados pela expulsão para fora da terra devido a pressão tectônica. A solução de salmoura é bombeada e levada para o processo de evaporação através de evaporadores, não antes de passar por um tratamento para remover outros minerais presentes.

3.4.3. Evaporação solar

A produção do sal marinho através da evaporação solar tem início com a captação da água do mar, com densidade de 3,5° Baumé (Be) (equivalente a 26 g/L de NaCl), por meio de bombas ou simplesmente pela abertura de comportas em períodos de mares altas, até áreas menores chamadas de evaporadores (BEZERRA, 2012).

Nas indústrias potiguares, as águas ficam armazenadas nos evaporadores, submetidas à ação dos tempos meteorológicos favoráveis à evaporação até atingir uma densidade de cerca de 23° Be. Após isso, a salmoura é transferida por bombeamento para a área de cristalização, onde permanece evaporando até atingir uma salinidade de 29° Be, caracterizando a “água mãe” (DINIZ, 2013). A “água mãe” deve ser reciclada ou despejada no estuário por apresentar precipitação de cloreto de potássio, entre outros sais, prejudiciais à produção de sal.

Após a cristalização, o sal é recolhido em lâminas que podem atingir até 12 cm de altura. O cloreto de sódio é então levado às estações de lavagem, com o objetivo de remover substâncias insolúveis ou qualquer outra impureza que possam estar incorporadas ao produto, devido às etapas anteriores. Logo depois da lavagem, o sal é acomodado ao ar livre, para passar pelo processo remoção de umidade, também chamado de cura.

Posteriormente, o sal é levado para a refinaria para que ocorra o processo de beneficiamento do mesmo. Nesse processo, essencialmente, o sal passa pelo moinho, torra, peneiras com diferentes granulometrias até o ensacamento e venda. Ao decorrer do processo, o cloreto de sódio recebe aditivos como antiumectantes e antiaglomerantes para garantir um sal seco e com maior fluidez, evitando assim que eles absorvam umidade novamente e retornem a um estado de aglomeração. O principal aditivo ao sal de cozinha é o iodo, utilizado para suprir as necessidades deste elemento em nossos organismos.

É importante ressaltar a influência do meio ambiente e das condições disponíveis na região onde o processo está instalado. De forma ampla, essas circunstâncias são

topográficas, geológicas, hidrológicas e climáticas (TAKKER, 2014). Já de maneira específicas, fatores como altas temperaturas, baixa umidade, baixos níveis fluviais, ventos secos, altas taxas de evaporação, tipos de solo, entre outros, geram um impacto direto na qualidade e quantidade de sal obtido.

4. A EMPRESA E O PROCESSO DE REFINO DE SAL

4.1. Refimosal

A REFIMOSAL – Refinação e Moagem de Sal Santa Helena Ltda possuem um status de destaque na região semiárida do Rio Grande do Norte. Situada no município de Mossoró/RN, encontra-se em atividade desde 1977, ano em que foi fundada por Severino Praxedes Sobrinho.

Com o propósito da realização do beneficiamento do sal e todas as etapas indispensáveis para que isto ocorra, a empresa está sempre trabalhando para modernizar seu sistema produtivo. Com seus produtos variando de aplicações entre consumo humano (sal de cozinha, sal de churrasco e sal temperado), animal (sal para gado) e industrial (têxtil, farmacêutica), a empresa investe constantemente com seu Programa de Qualidade Total para atender às necessidades do mercado em que está inserida, alcançando os mais rigorosos padrões de qualidade.

Em novembro de 2010, a empresa começou a implantação do programa de APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle na Empresa. Em 2011 foi a primeira empresa do Rio Grande do Norte e do Brasil a conquistar este título. O sistema APPCC, quando implantado de forma correta, proporciona a garantia da produção com a redução e/ou eliminação de riscos físicos, químicos e biológicos, melhor qualidade para o produto final e aumentando a satisfação dos clientes. Tudo isso para tornar a empresa cada vez mais competitiva e ampliar ainda mais sua área de influência em relação ao mercado nacional e, até internacional. Sendo pioneira também em adotar programas de qualidade como 5S e Boas Práticas de Fabricação de Alimentos – BPF, a empresa agora busca certificações pertinentes como ISO 9001 e ISO 22000.

A matéria prima utilizada no refino procede de salinas tercerizadas. As atividades são realizadas via fluxo contínuo de operação, desde o recebimento da matéria prima até a distribuição do produto final, atendendo à legislação.

4.2. Produtos

Em seu catálogo de produtos estão marcas próprias com reconhecimento em todo o país como, Sal Marfim®, Sal Pluma®, Sal Mimosal®, Sal Têxtil® e Sal DuRebanho®. Além de marcas terceirizadas de grande prestígio como Sal Globo® e Zaeli®. Na Tabela 3 a seguir, podemos visualizar alguns os tipos de sal produzido, suas embalagens e as aplicações.

Tabela 3 - Algumas marcas produzidas pela REFIMOSAL e suas aplicações.

Tipo de Sal	Embalagem	Aplicação
Mimosal Moído e Iodado de 1 Kg. Sal com Iodato de Potássio e Ferrocianeto de Sódio. NÃO CONTÉM GLUTÉN.		Consumo Humano
Mimosal Moído de 15, 25 e 50 Kg. Big-Bags de 1000 Kg. Sal com Ferrocianeto de Sódio. NÃO CONTÉM GLÚTEN.		Consumo Animal, Indústria de Alimentos.
Marfim Refinado e Iodado de 1 Kg. Sal com Iodato de Potássio e Ferrocianeto de Sódio. NÃO CONTÉM GLUTÉN.		Consumo Humano
Marfim Peneirado e Iodado de 1 Kg. Sal com Iodato de Potássio e Ferrocianeto de Sódio. NÃO CONTÉM GLUTÉN.		Sal para churrasco
Du Rebanho Moído de 15, 25 e 50 Kg. Big-Bags de 1000 Kg. Sal com Ferrocianeto de Sódio.		Consumo Animal, Indústria de Alimentos.

Du Rebanho Triturado de 15, 25 e 50 Kg.		Consumo Animal
Pluma Refinado e Iodado de 1 Kg. Sal com Iodato de Potássio.		Indústria de Alimentos
Pluma Refinado sem Iodo de 25 Kg. Sal com Ferrocianeto de Sódio.		Indústria de Alimentos
Pluma Granulado Iodado de 25 Kg. Sal com Iodato de Potássio e Ferrocianeto de Sódio.		Consumo Animal
Têxtil Refinado sem Iodo de 25 Kg. Sal com Ferrocianeto de Sódio.		Indústria Têxtil e Química

Fonte: <https://www.refimosal.com.br/produtos.php>

Todas as embalagens utilizadas pela REFIMOSAL são rigorosamente vistoriadas e seguem Resoluções dispostas pela ANVISA e INMETRO. A empresa emprega a RDC Nº 359, de 23 de dezembro de 2003, que reconhece os direitos do consumidor de terem acesso as informações nutricionais dos alimentos que adquirem (ANVISA, 2003). Assim como a Portaria do INMETRO Nº 157, de 19 de agosto de 2002, sobre embalagens e o seu conteúdo (INMETRO, 2002).

4.3. Processo de refino do sal

Dispostos em grandes pilhas, ao chegar na refinaria, o sal *in natura* fica armazenado ao ar livre até precisar ser utilizado no processo, como apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Pilhas de sal armazenados e expostos às condições climáticas.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 9 - Trator enchedeira utilizado para o transporte do sal.



Fonte: Autoria Própria.

A alimentação da matéria prima para o moinho é realizada por meio do um trator enchedeira e, uma pá mecânica manuseada por operários à carrega até o funil de

alimentação, que por meio de um elevador de canecas, destina o sal até o moinho. Conforme podemos ver nas Figuras 9 e 10.

Figura 10 - Alimentação da refinaria com utilização de pá mecânica.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 11 - Moinho de bolas e costelas utilizado no início do processo.



Fonte: Autoria Própria.

Uma vez no moinho de bolas e costelas, Figura 11, o sal grosso é moído e transportado por roscas helicoidais. O sal moído nessa etapa, alcança um teor de pureza de aproximadamente 99,80% e uma umidade em torno de 2,00%. O sal pode então seguir para dois caminhos, o primeiro seria o envasamento direto que corresponde ao processo do sal de

churrasco, onde não há necessidade de um refino mais prolongado por questões óbvias de especificações granulométricas e níveis de umidade aceitáveis quando comparado aos demais tipos de sal.

Já o segundo caminho seria a condução até o conjunto de secador de leito fluidizado e o ciclone (Figura 12) que, essencialmente, promove a redução da umidade de condições iniciais 2,00% a 3,00% para o valor de aproximadamente 0,1%. O moinho utilizado garante uma composição em torno de 70,00% moído, 20,00% pó e 10,00% granulado.

Figura 12 - Sistema secador de leito fluidizado e ciclone.



Fonte: Autoria Própria.

Para fins explicativos, podemos dividir o secador em duas partes. A primeira seção a qual o sal moído tem contato funciona com ar quente oriundo de uma fornalha que opera a base de gás natural. Essas condições permitem que a temperatura dentro do secador atinja cerca de 300 °C, realizando assim a torra do sal. Na parte final do equipamento, o secador opera com um vento brando, procedente de um ventilador, promovendo um choque térmico e garantindo uma temperatura de saída do sal em torno de 60 °C. A mudança repentina de temperatura pode provocar a união de grãos e, conseqüentemente, a aglomeração de algumas partículas, fazendo-se necessário uma segunda moagem.

O gás natural utilizado na fornalha, Figura 13, é abastecido a partir de uma estação da própria empresa. O transporte do gás à refinaria é feito sob uma condição de pressão de 15 Kgf/cm², antes de entrar na fornalha, entretanto, a mesma é reduzida através de válvulas até o valor de 2,7 Kgf/cm².

Figura 13 - Forno responsável por aquecer o secador.



Fonte: Autoria Própria.

Pós queima, o sal segue para uma peneira vibratória de 0,85 mm, responsável pela separação dos grãos (Figura 14). O sal refinado é todo aquele que passa pela peneira, caso contrário, a parte retida sofre um reprocesso com objetivo de atingir os padrões requeridos e aumentar a eficiência do processo.

Figura 14 - Peneira vibratória em funcionamento.



Fonte: Autoria Própria.

Os aditivos são adicionados ao longo do processo, mais especificamente antes do embalo e enfiamento. A adição do iodo e do ferrocianeto (antiaglomerante) depende da

necessidade do cliente, uma vez que o mesmo dita o tipo de sal e sua aplicação final. Para atender a legislação e suas especificações, as quantidades de aditivos acrescentadas são controladas de forma rigorosa e, posteriormente, testadas em análises laboratoriais arquivadas para assegurar a qualidade do produto final.

A Figura 15 mostra os recipientes utilizados para fazer as diluições das soluções de Iodato de Potássio e Ferrocianeto de Sódio que alimentam a produção.

Figura 15 - Local de preparo e armazenamento das soluções de aditivos utilizadas para o preparo do sal.



Fonte: Autoria Própria.

Simultaneamente, ocorre a retirada do pó contido na composição do sal, oriundo da moagem. A corrente passa por exaustores presentes nos equipamentos encarregados pelos empacotamentos do produto, que sugam e removem o excesso de pó presente. O pó com umidade elevada é reaproveitado e comercializado na forma de sal micronizado enquanto, o restante é descartado pelo sistema de chaminé. Livre do pó, o sal é distribuído ao longo de tubulações para o processo mecânico de empacotamento, como mostrado nas Figuras 16. O produto final está pronto para o comércio direto ou para a estocagem por meio de empilhadeiras.

Figura 16 - Sistema de envasamento do produto final. (a) Empacotadeiras de 1 Kg. (b) Funcionários organizando os fardos em paletes com ajuda da enfardadeira.



(a)



(b)

5. ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE O PERÍODO DE ESTÁGIO

A maior parte das atividades realizadas, durante o período do estágio obrigatório na empresa REFIMOSAL, foram desenvolvidas no laboratório responsável pelas análises físico-químicas como parte do controle de qualidade do sal. O laboratório localiza-se na própria refinaria e comporta equipamentos necessários para os diversos tipos de análises. É importante ressaltar, porém que as análises de metais pesados, apesar de não citados logo a seguir, são realizadas por laboratórios terceirizados, com alta qualificação e renome no mercado.

5.1. Controle de qualidade do sal

Como apresentado anteriormente, a empresa REFIMOSAL exerce uma política de qualidade bastante centrada. Com o intuito de atender seus clientes da melhor forma possível, o controle de qualidade do sal produzido pela empresa é de suma importância, evitando assim, irregularidades e possíveis danos aos consumidores.

Seguindo a normatização da ANVISA (2002) através da RDC N° 275, de 21 de outubro 2002, que dita os procedimentos básicos produtores/industrializadores de alimentos, toda a produção é regulamentada, desde a instalação da refinaria até as especificações do produto final. De forma específica, a RDC N° 28, de 28 de março de 2000, que dita os procedimentos básicos de boas práticas de fabricação em estabelecimentos beneficiadores de sal destinado ao consumo humano também é seguida rigorosamente.

5.2. Análises Químicas

5.2.1. Teor de Iodo (KIO_3)

O iodo é extremamente necessário para a saúde humana, a carência do mesmo em nossos organismos tem influência direta hormonal e por consequência, alterações metabólicas (PEREIRA, 2008). Por outro lado, o uso em excesso desse elemento pode causar sérias complicações, como o hipotireoidismo. Atualmente a Resolução RDC Nº 23, de 24 de abril de 2013 dispõe todas as diretrizes sobre o uso de iodo no sal para consumo humano, onde o valor deve estar dentro da faixa de 15 a 45 mg/Kg de iodo no sal. O iodo é adicionado no processo através de uma solução de 5% de iodato de potássio (KIO_3). Quando a refinaria está operando em força máxima, estima-se a produção de 18 toneladas/hora, o que equivale a uma vazão de 80 mL/min de iodato de potássio.

O teste para se obter o teor de iodo é realizado da seguinte maneira:

1. Pesar 10g da amostra de sal e transferir para um Erlenmeyer de 400 mL;
2. Adicionar 200mL de água destilada e dissolver o sal sob agitação;
3. Adicionar 5 mL de solução de ácido sulfúrico 1N, 1mL de solução de iodeto de potássio 10% e 2mL de solução de amido 1%;
4. Titular a solução obtida com tiosulfato de sódio 0,005N, sob agitação. Anotar o volume gasto durante a titulação e converter o volume em mL de volume gasto de tiosulfato de sódio para mL de iodo por Kg de sal.

Depois de observar o ponto de viragem de cor de azul escuro característico para transparente, e com o volume gasto de tiosulfato de sódio (V_{tio}) para que isso ocorresse, é possível calcular o teor de iodo através da Equação 1 que relaciona valor de iodo presente em cada mL de tiosulfato de sódio a 0,005N (equivalente a 105,8 g de iodo) com os 10 gramas de amostra.

$$I_{met} = V_{tio} \cdot \frac{105,8}{10} = \frac{mg \ KIO_3}{Kg \ NaCl} \quad (1)$$

A determinação do teor de iodo é feita de hora em hora a fim de monitorar e garantir que o produto final esteja dentro das especificações. A Figura 17 apresenta as marcas analítica de uma das análises, o volume gasto de tiosulfato de sódio assumiu um valor de 2,20 mL. V_{tio} foi substituído na equação e o seguinte resultado foi obtido.

$$I_{met} = 2,20 \cdot \frac{105,8}{10} = 23,28 \frac{mg KIO_3}{Kg NaCl}$$

Figura 17- Marcha analítica para determinação do teor de iodo no sal. (a) Solução água e sal; (b) Após adição do ácido sulfúrico e iodeto de potássio; (c) Após adição do amido; (d) Solução neutralizada através de titulação.



(a)

(b)



(c)

(d)

Fonte: Autoria Própria.

O valor obtido está em conformidade com sua especificação para a quantidade de iodo metaloide permitidas e descritas pela ANVISA (2003) na RDC N° 23. Toda a especificação do sal refinado encontra-se em anexo na Tabela 5, assim como os demais tipos como forma comparativa.

5.2.2. Teor de Cálcio (Ca^{2+})

O teor de cálcio no sal é um importante parâmetro de caracterização do mesmo. Geralmente observado na forma de cloretos e/ou sulfatos, quanto menor o teor de cálcio no sal, mais pura será a amostra. A presença desse elemento pode ser determinada da seguinte forma:

1. Pesar 25g da amostra e dissolver em água destilada sob agitação;
2. Em um balão de 250mL, completar com água destilada até o menisco;
3. Transferir 10mL da solução para um Erlenmeyer de 250mL;
4. Adicionar 25mL de água destilada e 5mL de solução de hidróxido de sódio a 20%;
5. Adicionar o indicador Calcon, observando uma coloração vermelha e titular com EDTA 0,01M. Anotar o volume gasto.

O ponto de viragem durante a titulação de neutralização pode ser observado com a passagem de cor vermelha para um azul escuro, como pode ser observado nas da Figura 18, durante o teste realizado rotineiramente.

Com o volume gasto do EDTA, V_{EDTA} , é possível efetuar o cálculo da Equação 2 e determinar o teor de Ca^{2+} contido na amostra. No teste em questão, o volume gasto foi de 1,4 mL. Portanto, o seguinte resultado foi obtido.

$$\% \text{Ca}^{2+} = V_{EDTA} \cdot 0,04008 \quad (2)$$

$$\% \text{Ca}^{2+} = 1,4 \cdot 0,04008$$

$$\% \text{Ca}^{2+} = 0,056\%$$

Figura 18 - Marcha analítica para determinação do teor de cálcio na amostra. À esquerda, temos a solução após a adição do hidróxido de sódio e o indicador calcon; (b) À direita, após a titulação com o EDTA.



Fonte: Autoria Própria.

A ANVISA estabelece, para este tipo de análise, um intervalo de 0,011 a 0,070% de Ca^{2+} por 100g de sal o que mostra que o sal em análise está dentro dos padrões.

5.2.3. Teor de Magnésio (Mg^{2+})

Semelhante ao cálcio, o magnésio pode ser encontrado em forma de cloretos e sulfatos e, a relação entre seu teor e a pureza do sal também é inversamente proporcional. O procedimento de determinação do valor da quantidade de magnésio no sal é dado pelas seguintes etapas:

1. Pesar 25g da amostra e dissolver em água destilada sob agitação;
2. Em um balão de 250mL, completar com água destilada até o menisco;
3. Transferir 10mL da solução para um Erlenmeyer de 250mL;
4. Adicionar 25mL de água destilada e 10mL de solução tampão pH = 10;
5. Adicionar o indicador negro de eriocromo T e titular com EDTA 0,01M até o ponto de viragem de vermelho para azul. Anotar o volume gasto.

Figura 19 - Marcha analítica para determinação do teor de magnésio na amostra de sal.
(a) Após a adição da solução tampão e indicador; (b) Após a titulação.



(a)

(b)

Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 19, observa-se a marcha analítica da análise. Com o volume gasto em mãos e teor de $\%Ca^{2+}$ obtidos da análise anterior, a aplicação da Equação 3 é suficiente para determinar o teor de magnésio na amostra de sal.

$$\%Mg^{2+} = (V_{EDTA,Mg^{2+}} - V_{EDTA,Ca^{2+}}) \cdot 0,02432 \quad (3)$$

$$\%Mg^{2+} = (2,5 - 1,4) \cdot 0,02432$$

$$\%Mg^{2+} = 0,027\%$$

A ANVISA estabelece, para este tipo de análise, um intervalo de 0,004 a 0,050% de Mg^{2+} por 100g de sal o que mostra que o sal em análise está dentro dos padrões.

5.2.4. Teor de Sulfatos (SO_4^{2-})

É possível calcular o percentual de sulfato existente na amostra de sal analisada, fazendo uso dos teores de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), a partir das relações apresentadas na Equação 4. Substituindo os valores obtidos anteriormente, obtemos o seguinte resultado.

$$\%SO_4^{2-} = (Ca^{2+} \cdot 2,4) + (Mg^{2+} \cdot 1,4) \quad (4)$$

$$\%SO_4^{2-} = (0,056 \cdot 2,4) + (0,027 \cdot 1,4)$$

$$\%SO_4^{2-} = 0,1722\%$$

Observa-se que o resultado está de acordo com os padrões estabelecidos pela AN-VISA, que para este tipo de análise deve estar no intervalo de 0,04 a 0,210% por 100g de sal.

5.2.5. Teor de Ferrocianeto de Sódio $[Na_4Fe(CN)_6]$

Utilizado como aditivo por suas propriedades antiaglomerantes e antiumectantes, o ferrocianeto de sódio atua como um removedor de umidade e redutor de tensões de adesão das moléculas nos alimentos comercializados na forma de pó. Isso promove a obtenção de um produto final com qualidade elevada.

De forma análoga ao iodo, a quantidade de ferrocianeto de sódio (presente em uma solução de 0,018%) necessária para abastecer a refinaria é calculada com base nas condições de operações de 18 ton/h. Tais circunstâncias, correspondem a uma vazão de 60mL/min de ferrocianeto de sódio. Podemos seguir as etapas abaixo para determinar o teor de ferrocianeto de sódio na amostra de sal.

1. Pesar 20g de amostra;
2. Diluir em 200 mL de água destilada sob agitação;
3. Adicionar o indicador, sulfato terroso, e observar a coloração verde característica. Caso a solução adquirir uma coloração amarela, a mesma não contém $[Na_4Fe(CN)_6]$;

Para dar sequência a análise, é utilizado o procedimento de fotolorimetria. Inicialmente é preciso fazer a leitura do branco, uma solução de NaCl 20% que efetivamente zera o fotolorímetro. A Figura 20 apresenta o procedimento.

Figura 20 - Procedimento de determinação do teor de ferrocianeto de sódio na amostra. (a) Diluição do sal em agitação; (c) Após a adição do indicador; (c) Fotocolorímetro.



(a)

(b)



(c)

Fonte: Autoria Própria.

Em seguida, é possível calcular o teor de ferrocianeto de sódio a partir da Equação 5 de forma direta utilizando o valor apresentado de absorbância. Após a leitura da absorbância pelo fotocolorímetro em relação à amostra, foi observado um valor de 0,037.

$$[\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6] = \frac{\text{Abs de Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6}{0,005} = \frac{\text{ppm } [\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6]}{\text{Kg NaCl}} \quad (5)$$

$$[\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6] = \frac{0,037}{0,005}$$

$$[\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6] = 7,4 \frac{\text{ppm } [\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6]}{\text{Kg NaCl}}$$

O resultado encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pela ANVISA, que para este tipo de análise deve estar no intervalo de 5 a 8 ppm por Kg de sal.

5.3. Análises Físicas

5.3.1. Umidade

As análises de umidade são realizadas através da coleta de amostras em períodos de duas em duas horas, tiradas das pilhas de sal logo antes de seguir para o funil de alimentação das refinarias (sal grosso). O método do secador infra-vermelho é realizado da seguinte forma.

1. Fechar a câmara de secagem e configurar o secador para uma análise de 9 minutos a 150 °C;
2. Após a temperatura estabilizar (display sinaliza READY), triturar a amostra com auxílio de um cadinho e um pilão;
3. Selecionar PRINT, abrir a câmara e inserir a placa Petri, tarar a balança e pesar 10g da amostra triturada;
4. Fechar a câmara, selecionar PRINT e esperar o resultado em porcentagem (%) no display.

É certo que o software do infra-vermelho utiliza o seguinte cálculo para obter o percentual de umidade da amostra (Equação 6), onde m_u é a massa da amostra úmida e, m_s é a massa da amostra seca . O procedimento completo pode ser observado na Figura X.

$$\% \text{ de umidade} = \frac{(m_u - m_s)}{m_u} \quad (6)$$

Figura 21 - Procedimento para a determinação da umidade da amostra.



(a)

(b)



(c)

Fonte: Autoria Própria.

5.3.2. Granulometria

A análise granulométrica é de grande importância na determinação do tipo de sal e visa definir, para determinadas faixas pré-estabelecidas de tamanho de grãos, a porcentagem em peso que cada fração possui em relação à massa total da amostra em análise.

As peneiras utilizadas possuem material de aço e diferentes Meshs. Cada sal possui sua especificação quanto ao número de retenção nas mesmas peneiras. O sal grosso, o sal peneirado e o sal triturado não possuem especificações definidas. Já o moído precisa ter uma retenção máxima de 10% na peneira de nº18 com abertura de 1,00mm. E, o sal

refinado, necessita de uma retenção de no máximo 5% na peneira de nº 20 (0,84 de abertura) e uma retenção de 90% na peneira nº 140 (0,105 mm de abertura).

Figura 22 - Procedimento realizado para caracterizar a granulometria da amostra.



(a)

(b)



(c)

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 22 demonstra o procedimento para realizar o teste granulométrico. São pesados 100g de sal e posteriormente, despejado sobre as peneiras de 0,850 mm, 0,710 mm, 0,105 mm e o fundo. As quantidades retidas em cada peneira foram dispostas na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados do ensaio de caracterização granulométrica.

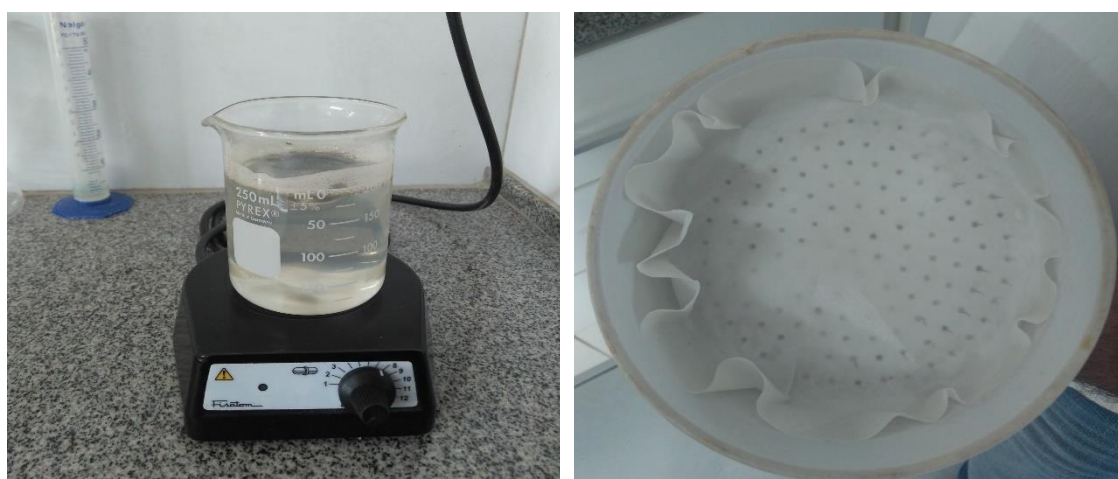
Peneira		Massa (g)
Mesh	mm	
20	0,850	1,89
25	0,710	5,16
140	0,105	82,80
Fundo	-	10,15

Fonte: Autoria Própria.

5.3.3. Resíduos Insolúveis

A análise de resíduos insolúveis detecta impurezas presentes no sal remanescentes do processo de lavagem e transporte e/ou do processo de refino do mesmo. Novamente, quanto menor o teor de resíduos insolúveis, melhor a qualidade do sal obtido. Para que esta análise seja possível, algumas etapas precisam ser seguidas.

Inicialmente, é necessário secar o papel filtro quantitativo faixa azul, que será utilizado posteriormente, o mesmo possui peso específico de $0,48 \text{ g/cm}^2$ e diâmetro de 12,5 cm. A estufa é pré-aquecida a 120°C e recebe o filtro por 1 hora, para secar o filtro é utilizado um dessecador à vácuo por 15 minutos. Antes de seguir para a filtração, é de interesse pesar o papel filtro para ter conhecimento do seu peso em condições secas (P_s).

Figura 23 - Procedimentos iniciais para a caracterização do teor de resíduos insolúveis.

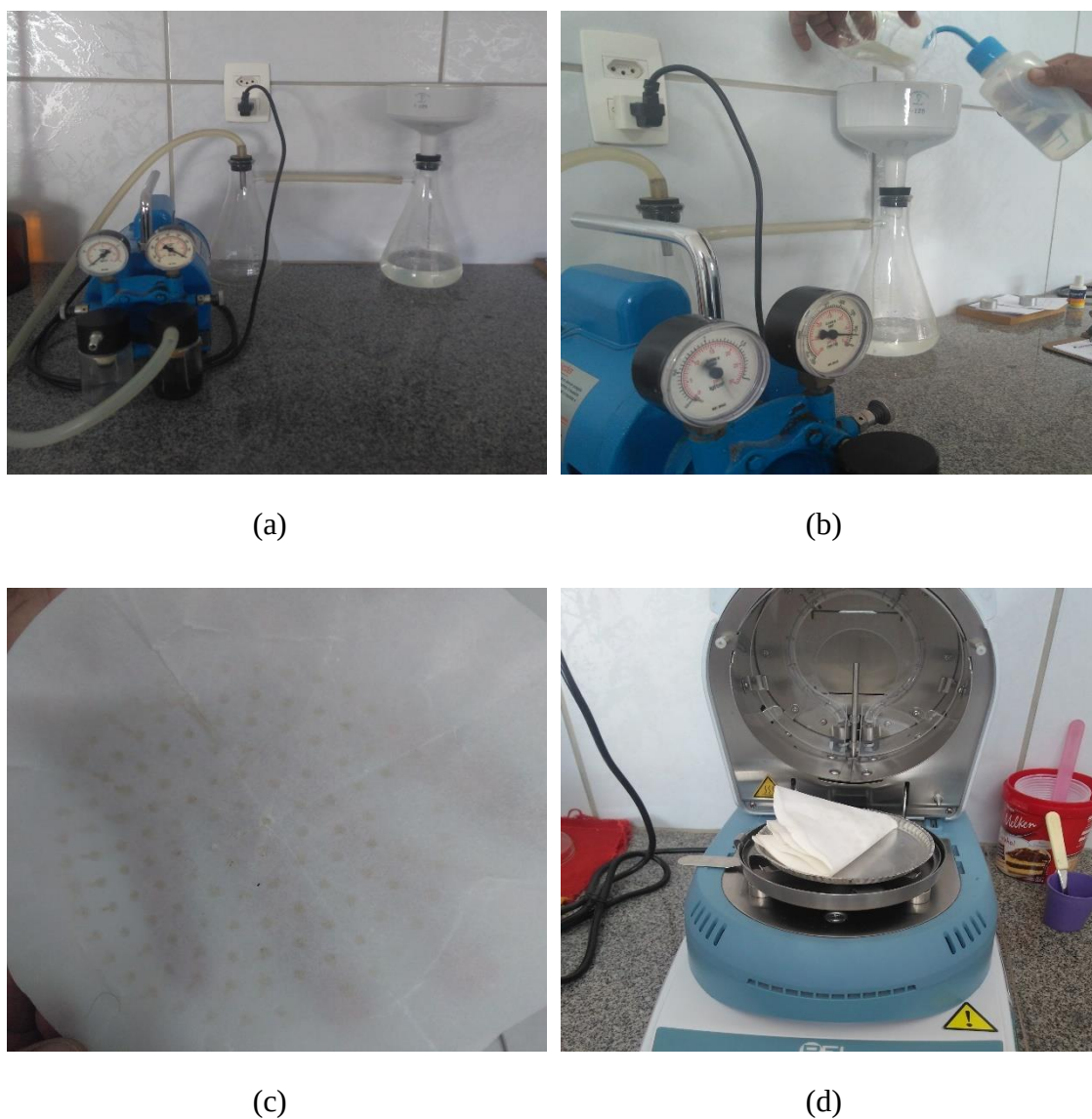
(a)

(b)

Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 23, podemos observar a uma solução de 50g de sal e 250mL de água destilada é posta sob agitação por cerca de 20 minutos para uma completa diluição e o filtro sendo posto no local para o dar início à filtração. Em seguida, ocorre a instalação do sistema de filtração composto por um buchner e um kitassato, tornando possível a filtração do sal com auxílio de um motor hidráulico, Figura 24. O papel contendo as impurezas é colocado na estufa por 2 horas para garantir a ausência de umidade no papel.

Figura 24 - Análise de resíduos insolúveis.



Fonte: Autoria Própria.

No fim da análise, pesa o papel (P_a) e calcula o valor dos resíduos insolúveis, % RI , através da Equação 7. Logo em seguida, temos o resultado da análise realizada.

$$\% RI = Pa - Ps = \% RI \text{ em } 50 \text{ g de sal} \quad (7)$$

$$\% RI = 0,9194 - 0,9185 = 0,0009 \% RI \text{ em } 50 \text{ g de sal}$$

O valor obtido, que equivale a $\% RI = 0,018\%$ por Kg de sal, atende as especificações da ANVISA, que requer valores entre as faixas de para está de 0,0006 a 0,030% por Kg de sal.

6. CONCLUSÕES

A experiência adquirida durante este estágio mostrou-se muito importante tendo em vista todos os conhecimentos e práticas desenvolvidas na área de beneficiamento do sal marinho, um produto essencial para a economia da nossa região.

Um aprendizado profissional, mas também pessoal, os desafios diários vividos no setor de qualidade da empresa REFIMOSAL, no acompanhamento do processo produtivo, nas análises descritivas de suma importância para garantir os padrões exigidos e até acompanhamento de auditoria interna, possibilitaram uma nova visão, diferente da empregada nas faculdades.

O sal tem grande potencial para continuar crescendo no mercado local, nacional e internacional, quanto mais o tempo passa, mais nos tornamos dependentes deste mineral. Entretanto, devido à sua abundância, o cloreto de sódio ainda possui um baixo valor agregado, demonstrando o quanto o mercado ainda precisa se desenvolver para extrair o máximo possível dessa situação.

É possível concluir que o convívio no ambiente empresarial/industrial foi de suma importância para a minha formação. Como engenheira química, o preparo para o futuro está em oportunidades como estas.

7. REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, F. **Reestruturação produtiva no Rio Grande do Norte**. Mercator, Fortaleza. 2013.
- DINIZ, M., VASCONCELOS, F. **Porque o Nordeste produz sal marinho? Estudo analógico do potencial do clima**. Caderno de Geografia, v.26. 2016.
- EMPRESA REFIMOSAL LTDA, disponível em: <http://www.refimosal.com.br>. Acesso dia 11 de outubro de 2019.
- O'BRIEN, T. Salt, Chlor-Alkali, and Related Heavy Chemicals. *In*: Kent, J. **Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology**. New York: Springer Science & Business Media, 2012. vol. 1, 12 ed. p. 26
- PREENDY, V., SRIRAJASKANTHAN, R., PATEL, V. **Handbook of food and health: from concepts to public applications**. New York: Springer Science & Business Media, 2013. vol. 1., p. 299.
- NAFEES, M., KHAN, N., RIKH, S., BHAI, A. **Analysis of rock and sea salts for various essentials and inorganic elements**. J. Sc. & Tech. University of Peshawar, 2013. p. 9-20.
- SZWACKI, N., SZWACKA, T. **Basic elements of crystallography**. Danvers: Pan Stanford Publishing Pte. Ltd., 2010. p. 136.
- CHEMELLO, E. **A química na cozinha apresenta: o sal**. Revista Eletrônica ZOOM, Editora Cia da Escola. São Paulo, 2005. Ano 6, nº 3.
- CALLISTER JR, W., RETHWISCH, D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. John Wiley & Sons, Inc., 2010. p. 40.
- RAMAKRISHNAN, P. **Electronegativity: a force or energy**. International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD), 2019. vol. 3., Issue 4.
- AVERILL, B., ELDREDGE, P. **Chemistry: principles, patterns, and applications**. Disponível em: <[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Book%3A_Chemistry_\(Averill_and_Eldredge\)](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Book%3A_Chemistry_(Averill_and_Eldredge))>. Acesso em 10 de janeiro de 2020.
- VOET, D. VOET, J. PRATT, C. **Fundamentos de bioquímica: a vida em nível molecular**. São Paulo: Artmed Editora Ltda, 2014. 4ed. p. 23-25.

REEC, J. et al. **Biologia de Campbell**. Porta Alegre: Artmed Editora Ltda, 2015. 10 ed. p. 48-49.

MENDES, A., DUARTE, A., et al. **Relatório do projeto FEUP: produção de sal**. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Mestrado em Engenharia Química, 2012.

BALABAN, N., BORICK, J. **The handy science answer**. Estados Unidos: Visible Ink Press, 2011. 4ed. p. 87.

DINIZ, M. **Condicionantes socioeconômicos e naturais para a produção de sal marinho no Brasil**: as particularidades da principal região produtora. Universidade Federal do Ceará, 2013.

DINIZ, M., VASCONCELOS, F. MARTINS, M. **Inovação tecnológica na produção brasileira de sal marinho e as alterações sócioterritoriais dela decorrente**: uma análise sob a ótica da teoria de empreendedorismo de Schumpeter. Soc. & Nat., Uberlândia, 2015. vol. 27, n. 3. p. 421-428.

DINIZ, M., VASCONCELOS, F. **A produção de sal marinho no Brasil e sua correlação com a pluviometria anual e o crescimento econômico nacional**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, 2019. vol. 20, n. 63. p. 20-35.

DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral 2011**. Disponível em: www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2011. Acessado em 29 de dezembro de 2019.

MELLO, P. **Método de lavra por dissolução subterrânea empregado pela Salgema Mineração LTDA**. VII Simpósio Brasileiro de Mineração, 1997.

BSG, British Geological Survery. **World Mineral Production 2013-17**. Keyworth, Nottingham: UKRI, 2019.

BEZERRA, J., BATISTA, R. SILVA, P., et al. **Aspectos econômicos e ambientais da exploração salina no estado do Rio Grande do Norte**. Engenharia Ambienta – Espírito Santo do Pinhal, 2012. vol. 9, n 2. p. 003-020.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – RDC Nº 359, de 23 de março de 2003**. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0359_23_12_2003.pdf/76676765a10740d9bb345f05ae897bf3 > Acessado em 9 de janeiro de 2020.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – **Portaria nº 157, de 19 de agosto de 2002.** Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC000786.pdf>> Acessado em 9 de janeiro de 2020.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – RDC Nº 275, de 21 de outubro de 2002.** Disponível em: < http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_275_2002_COMP.pdf/fce9dac0ae574de28cf9e286a383f254> Acessado em 10 de janeiro de 2020.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – RDC Nº 28, de 28 de março de 2000.** Disponível em: < <https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjA0OQ%2C%2C>> Acessado em 10 de janeiro de 2020.

PEREIRA, A., BELINSKI, A., et al. **Avaliação da qualidade de amostras comerciais de sal de cozinha.** CESUMAR, 2008. vol. 10, n. 2. p. 97-101.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – RDC Nº 23, de 24 de abril de 2013.** Disponível em: < http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/res0023_23_04_2013.html> Acessado em 12 de janeiro de 2020.

8. ANEXOS

8.1. Especificações da ANVISA

As especificações para os produtos da REFIMOSAL são mostradas nas tabelas a seguir:

8.2. Sal Refinado com Aditivos

Tabela 5 - Especificações do Sal Refinado Com Aditivos.

1.1 ANÁLISE QUÍMICA			
COMPO- NENTES	UNIDA- DES	FAIXA TÍ- PICA	
		MÍN.	MÁX.
Cloreto de Sódio (BS)	%	99,724	99,939
Umidade	%	0,050	0,150
Insolúveis	%	0,006	0,030
Cálcio	%	0,011	0,070
Magnésio	%	0,004	0,050
Sulfato	%	0,040	0,210
Iodo Metalóide	Mg/kg de sal	15,00	45,00
Ferrocianeto de Sódio	ppm	5,00	8,00
Carbonato de Sódio	ppm	0,00	0,00
1.2 Peso molecular			58,45
1.3 Solubilidade- água fria:			35,7%
água quente:			39,8%

2.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA			
Peneiras		Porcentagem Retida	
ABNT	(mm)	MÍN.	MÁX.
12	1,680	0,0	0,0
18	1,000	0,0	2,0
20	0,840	0,0	3,3
40	0,420	8,0	42,0
60	0,250	16,9	38,6
140	0,105	9,3	32,6
FUNDO	-	5,00	12,00
2.2 Peso espec.(g/cm3)		1,188	1,240
2.3 Ponto de fusão (°C)		800,4	
2.4 Ponto de ebulição (°C)		1.413	
2.5 Capac. Calorífica-cal/kg mol		12,04	
2.6 pH – Solução aquosa (10%)		7-8	
2.7 Índice / Refração – (%)		1,54	
2.8 Porosidade		0,56	

Fonte: Brasil, 2013.

8.3. Sal Refinado Sem Aditivos

Tabela 5 - Especificações do sal refinado sem aditivos.

1.1 ANÁLISE QUÍMICA				2.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA			
COMPONENTES	UNIDADES	FAIXA TÍPICA		Peneiras		Percentagem Retida	
		MÍN.	MÁX.	ABNT	(mm)	MÍN.	MÁX.
Cloreto de Sódio (BS)	%	99,724	99,939	12	1,680	0,0	0,0
Umidade	%	0,050	0,150	18	1,000	0,0	2,0
Insolúveis	%	0,006	0,030	20	0,840	0,0	3,3
Cálcio	%	0,011	0,070	40	0,420	8,0	42,0
Magnésio	%	0,004	0,050	60	0,250	16,9	38,6
Sulfato	%	0,040	0,210	140	0,105	9,3	32,6
Iodo Metaloide	Mg/kg de sal	Ausente	Ausente	FUNDO	-	5,00	12,00
Ferrocianeto de Sódio	ppm	5,00	7,00	2.2 Peso espec.(g/cm3) 1,188		1,240	
Carbonato de Sódio	ppm	ausente	Ausente	2.3 Ponto de fusão (°C)		800,4	
1.2 Peso molecular			58,45	2.4 Ponto de ebulição (°C)		1.413	
1.3 Solubilidade- água fria:			35,7%	2.5 Capac. Calorífica-cal/kg mol		12,04	
água quente:			39,8%	2.6 pH – Solução aquosa (10%)		7-8	
				2.7 Índice / Refração – (%)		1,54	
				2.8 Porosidade		0,56	

Fonte: Brasil, 2013.

8.4. Sal Granulado Industrializado

Tabela 6 - Especificações do sal granulado industrializado.

1.1 ANÁLISE QUÍMICA				2.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA			
COMPO- NENTES	UNIDADES	FAIXA TÍPICA		Peneiras		Percentagem Retida	
		MÍM.	MÁX.	ABNT	(mm)	MÍM.	MÁX.
Cloreto de sódio (BS)	%	99,724	99,939	4	4,76	0,0	0,0
Umidade	%	0,010	0,100	7	2,83	0,0	0,0
Insolúveis	%	0,006	0,030	8	2,38	0,0	2,0
Cálcio	%	0,011	0,070	10	2,00	8,0	52,2
Magnésio	%	0,004	0,050	12	1,68	6,0	17,0
Sulfato	%	0,033	0,210	18	1,00	38,0	49,0
Iodo Metalóide	mg/kg de sal	15,00	45,00	20	0,84	12,0	17,0
Ferrocianeto de sódio	ppm	5.00	10.00	40	0,42	10,0	27,0
Carbonato de sódio	ppm		0,00	60	0,25	0,0	4,0
1.2 Peso molecular			58,45	FUNDO	-	0,0	0,0
1.3 Solubilidade – água fria			35,7%	2.2 Peso espec.(g/cm ³)			1,124
água quente			39,8%	2.3 Ponto de fusão (°C)			800,4
				2.4 Ponto de ebulição (°C)			1.413
				2.5 Capac. Calorífica-(cal/kg mol)			12,04
				2.6 pH – Solução aquosa (10%)			7-8
				2.7 Índice / refração - %			1,54
				2.8 Porosidade			0,52

Fonte: (Brasil, 2013)

8.5. Sal Grosso Peneirado para Churrasco

Tabela 7 - Especificações do sal grosso peneirado para churrasco.

1.1 ANÁLISE QUÍMICA			
COMPO- NENTES	UNI- DA- DES	FAIXA TÍPICA	
		MÍN.	MÁX.
Cloreto de Sódio (BS)	%	99,588	99,919
Umidade	%	0,500	2,500
Insolúveis	%	0,010	0,070
Cálcio	%	0,011	0,070
Magnésio	%	0,004	0,050
Sulfato	%	0,030	0,210
Iodo Metalóide	Mg/kg de sal	15,00	45,00
Ferrocianeto de Sódio	ppm	5,00	10,00
Carbonato de Sódio	ppm	Ausente	Ausente
1.2 Peso molecular			58,45
1.3 Solubilidade- água fria:			35,7%
água quente:			39,8%

2.1 ANÁLISE GRANULOMETRICA			
Peneiras		Percentagem Retida	
ABNT	(mm)	MÍN.	MÁX.
4	4,76	0,0	0,0
7	2,83	24,0	59,3
8	2,38	35,0	75,1
10	2,00	0,0	28,0
12	1,68	0,0	3,3
18	1,00	0,0	3,3
20	0,84	0,0	1,0
40	0,42	0,0	1,0
60	0,25	0,0	1,0
FUNDO	-	0,0	0,0
2.2 Peso espec.(g/cm³)			1,94
2.3 Ponto de fusão (°C)			800,4
2.4 Ponto de ebulição (°C)			1.413
2.5 Capac. Calorífica- (cal/kg mol)			12,04
2.6 pH – Solução aquosa (10%)			7-8
2.7 Índice / refração - %			1,54
2.8 Porosidade			0,50

Fonte: Brasil, 2013.

8.6. Sal Moído Para Consumo Animal e Industrial

Tabela 8 - Especificações do sal moído para consumo animal e industrial.

1.1 ANÁLISE QUÍMICA			
COMPO- NENTES	UNI- DA- DES	FAIXA TÍPICA	
		MÍN.	MÁX.
Cloreto de Sódio (BS)	%	99,504	99,927
Umidade	%	0,500	2,500
Insolúveis	%	0,010	0,100
Cálcio	%	0,009	0,070
Magnésio	%	0,005	0,050
Sulfato	%	0,036	0,210
Iodo Metalóide	Mg/kg de sal	15,00	45,00
Ferrocianeto de Sódio	ppm	5,00	10,00
Carbonato de Sódio	ppm	ausente	Ausente
1.2 Peso molecular			58,45
1.3 Solubilidade- água fria:			35,7%
água quente:			39,8%

2.1 ANÁLISE GRANULOMETRICA			
Peneiras		Percentagem Retida	
ABNT	(mm)	MÍN.	MÁX.
12	1,680	0,0	4,8
18	1,000	0,0	8,8
20	0,840	0,5	9,2
40	0,420	8,3	29,0
60	0,250	8,4	38,7
80	0,177	12,2	41,4
FUNDO	-	10,0	78,7
2.2 Peso espec.(g/cm³)			1,140
2.3 Ponto de fusão (°C)			800,4
2.4 Ponto de ebulição (°C)			1.413,0
2.5 Capac. Calorífica- (cal/kg mol)			12,04
2.6 pH – Solução aquosa (10%)			7-8
2.7 Índice / refração - %			1,54
2.8 Porosidade			0,53

Fonte: Brasil, 2013.

8.7. Sal Moído Grosso a Granel

Tabela 9 - Especificações do sal moído grosso a granel.

1.1 ANÁLISE QUÍMICA			
COMPO- NENTES	UNI- DA- DES	FAIXA TÍPICA	
		MÍN.	MÁX.
Cloreto de Sódio (BS)	%	99,504	99,927
Umidade	%	0,500	2,500
Insolúveis	%	0,010	0,100
Cálcio	%	0,009	0,070
Magnésio	%	0,005	0,050
Sulfato	%	0,036	0,210
Iodo Metalóide	Mg/kg de sal	15,00	45,00
Ferrocianeto de Sódio	ppm	5,00	10,00
Carbonato de Sódio	ppm	ausente	Ausente
1.2 Peso molecular			58,45
1.3 Solubilidade- água fria:			35,7%
água quente:			39,8%

2.1 ANÁLISE GRANULOMETRICA			
Peneiras		Percentagem Re- tida	
ABNT	(mm)	MÍN.	MÁX.
12	1,680	0,0	4,8
18	1,000	0,0	8,8
20	0,840	0,5	9,2
40	0,420	8,3	29,0
60	0,250	8,4	38,7
80	0,177	12,2	41,4
FUNDO	-	10,0	78,7
2.2 Peso espec.(g/cm³)			1,140
2.3 Ponto de fusão (°C)			800,4
2.4 Ponto de ebulição (°C)			1.413,0
2.5 Capac. Calorífica- (cal/kg mol)			12,04
2.6 pH – Solução aquosa (10%)			7-8
2.7 Índice / refração - %			1,54
2.8 Porosidade			0,53

Fonte: Brasil, 2013.