



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

PAULO REGINALDO COSTA FILHO

**ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES DE PRODUÇÃO E CONTROLE
DE QUALIDADE NA PRODUÇÃO DO SAL NA F. SOUTO IND. E COM. DE
SAL S.A.**

MOSSORÓ

2022

PAULO REGINALDO COSTA FILHO

ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE
QUALIDADE NA PRODUÇÃO DO SAL NA F. SOUTO IND. E COM. DE SAL S.A.

Relatório de Estágio apresentado na
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA), campus Mossoró, com o
objetivo de obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Frederico R. do Carmo

MOSSORÓ/RN

2022

© 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.

C488a Costa Filho, Paulo Reginaldo.
ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES DE PRODUÇÃO E
CONTROLE DE QUALIDADE NA PRODUÇÃO DO SAL NA F.
SOUTO IND. E COM. DE SAL S.A. / Paulo Reginaldo
Costa Filho. - 2022.
29 f. : il.

Orientador: Frederico Ribeiro do Carmo.
Relatório (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Química, 2022.

1. Cloreto de sódio. 2. Análise físico-química.
3. Refino. 4. Estágio. I. Ribeiro do Carmo,
Frederico, 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.

PAULO REGINALDO COSTA FILHO

**ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE
QUALIDADE NA PRODUÇÃO DO SAL NA F. SOUTO IND. E COM. DE SAL S.A.**

Relatório de Estágio apresentado na
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA), campus de Mossoró, com o
objetivo de obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Frederico R. do Carmo

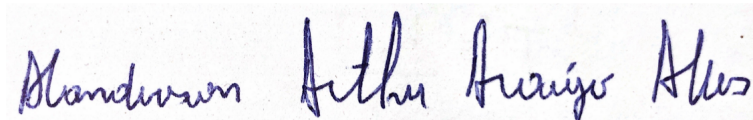
DATA DE APROVAÇÃO: 17/06/2022.

BANCA EXAMINADORA



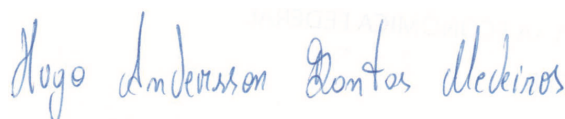
Prof. Dr. Frederico Ribeiro do Carmo (UFERSA)

Presidente



Me. Alanderson Arthu Araújo Alves (UFC)

Primeiro Membro



Me. Hugo Andersson Dantas Medeiros (UFC)

Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado força e saúde nessa jornada tão difícil que foi a engenharia química. Embora as matérias fossem desafiadoras em sua maioria, a dificuldade maior foi em áreas das quais eu não possuía controle. Nesses momentos e condições, Deus foi meu amigo.

Aos meus queridos pais, Paulo Reginaldo da Costa e Araci Rodrigues da Costa, pelo amor, apoio, carinho, paciência e dedicação. Pela cobrança e rigor que foi decisivo para formar meu caráter como profissional e pessoa.

Aos meus irmãos, Aarão Wicleffer Rodrigues Costa e Pedro Emanuel Rodrigues Costa, pelo apoio, ajuda e carinho.

À minha avó Maria do Socorro Costa pelo incentivo, cuidado e carinho.

Aos professores da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Mossoró, que estiveram presentes durante toda a minha caminhada na realização dos cursos Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Engenharia Química, por terem contribuído de forma direta ou indireta na minha formação.

Ao meu orientador, Prof. Frederico Ribeiro, pela cobrança e ensinamentos, principalmente em assuntos não acadêmicos.

Aos amigos que acompanharam essa caminhada.

*“Se você está atravessando o inferno, não pare de
atravessar”.*

(Winston Churchill)

RESUMO

O cloreto de sódio é uma das substâncias mais abundantes na natureza, sendo utilizado para os mais diversos fins, a saber: consumo humano e animal, em indústrias, como a têxtil e de alimentos e até mesmo em materiais eletrônicos. A exploração do sal marinho é uma atividade barata e rentável, consistindo basicamente apenas em gastos com insumos químicos, energia elétrica e pagamento de funcionários. O refino do produto e as chuvas são as principais variáveis no encarecimento do sal. A produção do sal é composta pelas etapas de captação de água do mar, cristalização, colheita, cura, refino para os diferentes tipos de sal comercializado no mercado, embalagem e distribuição. No âmbito do refino do sal a análise físico-química é o meio pelo qual se garante a qualidade do produto, sendo indispensável, tanto para cumprir normas alimentares quanto para atender as exigências dos clientes. No estágio foram desenvolvidas atividades de análise físico-química, controle de estoque, fiscalização de cumprimento de normas e atividades administrativas. A produção de sal nessas regiões move a economia local em diversas formas, além de promover oportunidades de trabalho para novos engenheiros e profissionais das ciências exatas.

Palavras-Chaves: Cloreto de sódio; análise físico-química; refino; estágio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo do sal.	14
Figura 2 – Os principais setores da Salina Morro Branco: (1) casa das bombas, (2) evaporadores e (3) cristalizadores.	15
Figura 3 – Cristalizador.	16
Figura 4 – Colheita do cristalizador.	16
Figura 5 – Lavagem.	17
Figura 6 – Refinaria F.Souto Morro Branco.....	18
Figura 7 – Enchedeira alimentando tremonha com sal.....	18
Figura 8 – Armazém.	19
Figura 9 – Balança de umidade	22
Figura 10 – Aparato utilizado na análise de fluidez.	23
Figura 11 – pHmetro.	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	9
2.1	OBJETIVO GERAL	9
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1	O SAL	10
3.2	HISTÓRIA.....	11
3.3	A F. SOUTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE SAL S.A.	12
3.4	PROCESSO PRODUTIVO NA F.SOUTO	13
4	ATIVIDADES REALIZADAS.....	19
4.1	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SAL	19
4.2.1	<i>Determinação do teor de Magnésio e Cálcio.....</i>	<i>19</i>
4.2.2	<i>Determinação do teor de dureza</i>	<i>21</i>
4.2.3	<i>Análise Granulométrica</i>	<i>21</i>
4.2.4	<i>Umidade (gravimetria).....</i>	<i>22</i>
4.2.5	<i>Fluidez</i>	<i>22</i>
4.2.6	<i>pH</i>	<i>23</i>
4.2.7	<i>Determinação do Teor de Iodeto de Potássio no Processo</i>	<i>24</i>
4.2.8	<i>Teor de Sulfato</i>	<i>24</i>
4.3	ATIVIDADES ADMINISTRATIVAS	24
4.3.1	<i>Preenchimento de laudos.....</i>	<i>24</i>
4.3.2	<i>Rastreabilidade de insumos e produtos.....</i>	<i>25</i>
4.3.3	<i>Registro de dados</i>	<i>25</i>
4.4	ATIVIDADES DE FISCALIZAÇÃO.....	25
4.4.1	<i>Aferição dos equipamentos, vidrarias e soluções</i>	<i>25</i>
4.4.2	<i>Visistas à refinaria e aos armazéns para verificação do cumprimento da ISO 9001</i>	<i>25</i>
4.5	OUTRAS ATIVIDADES	26
4.5.1	<i>Produção de relatórios para clientes</i>	<i>26</i>
4.5.2	<i>Tradução de manuais de equipamentos</i>	<i>26</i>
5	SUGESTÕES PARA MELHORIA DO PROCESSO	26
6	DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	26

7	ÁREAS DE IDENTIFICAÇÃO COM O CURSO	27
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1 INTRODUÇÃO

O sal é uma importante *commodity* no mundo e a sua comercialização é a base de muitas economias locais, tais como as cidades costeiras do Rio Grande do Norte (RN) como Grossos e Mossoró. Por ser uma atividade barata e rentável, muitas empresas tomam a iniciativa de explorar o sal marinho. O sal, devido a sua versatilidade e facilidade de obtenção, é usado em diversos setores, como no consumo humano e animal, em indústrias, como a têxtil e de alimentos. Os principais custos da exploração do sal são veículos para transporte de cargas, combustível, insumos químicos, maquinário e capital humano.

O sal, cristais de cloreto de sódio, não é obtido somente por evaporação solar, há também o sal obtido em minas, sal gema. O sal obtido pelo processo de evaporação solar é um processo que dispensa uso de insumos e energia elétrica, sendo compostos por grandes áreas abertas onde são preenchidas pela água do mar, cercos de cristalização, de onde será colhido o sal, esses cercos dispensa qualquer uso de energia elétrica, sendo assim uma atividade barata e que requer baixo recurso tecnológico.

No Brasil a exploração do sal data desde à época da colonização portuguesa. As costas do Rio Grande do Norte são propícias para a obtenção do sal por evaporação solar, pois são providas de grande incidência de luz solar e vento a maior parte do ano. Desde a colonização, as costas do RN têm sido cobiçadas pelo grande potencial de produção de sal. Atualmente diversas industriais se instalaram nas costas marítimas do RN para produção desta matéria-prima, onde está concentrada a maior parte do sal nacional. Segundo Maia (2011), a região salineira do estado do Rio Grande do Norte é composta por seis municípios que detêm mais de 90% da produção salineira do território brasileiro, a saber: Areia Branca, Galinhos, Grossos, Guamaré, Macau e Mossoró. Mossoró detém 62,5% dos polos industriais, enquanto Grossos apresenta 14,2% dos polos. Além disso, o RN possui 10,2 milhões de m² de área de cristalização.

Neste sentido, por ser umas das principais atividades econômicas do Semiárido Potiguar e pela disponibilidade da empresa, o Estágio Supervisionado Obrigatório foi realizado na F. Souto Ind. e Com. de Sal S.A. No presente relatório serão discutidas as atividades realizadas durante o estágio.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Apresentar as atividades realizadas durante o estágio na empresa F. Souto Ind. e Com. de Sal S.A, com foco em descrever as análises físico-químicas e demais trabalhos realizados no âmbito administrativo.

2.2 Objetivos específicos

- Apresentar as análises físico-químicas nos laboratórios da salina;
- Descrever o sistema de controle do maquinário utilizado, tais como forno, peneiras e separador.
- Explicar o processo produtivo por meio de figuras e fluxogramas;
- Relatar a rotina de vistoria interna e externa.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O sal

Para efeito legal, no Brasil, o sal destinado ao consumo humano é o cloreto de sódio (NaCl) cristalizado extraído de fontes naturais (BRASIL, 1975). Do ponto de vista químico, o NaCl é um cristal formado por íons de cloro e sódio em coordenação octaédrica, onde cada cátion central está circundado por 6 ânions. O tipo de ligação que descreve esse composto é a ligação iônica, onde não há um compartilhamento de elétrons, o cloro tem eletronegatividade mais forte que o sódio, tomando assim um elétron da camada de valência do sódio. A Tabela 1 apresenta as propriedades físico-químicas do cloreto de sódio.

Tabela 1 – Propriedade físico-químicas do cloreto de sódio.

Propriedade	Característica/Valor
Estado físico	Sólido
Cor	Incolor
Odor	Inodoro
pH	4,5-7,0 em 100g/l à 20°C
Ponto de fusão(°C)	801
Ponto de ebulição(°C)	1.461
Ponto de fulgor	Não aplicável
Inflamabilidade (sólido, gás)	O produto não é inflamável.
pressão de vapor(hPa)	1,3 a 865 °C
Densidade(g/cm³)	2,17 a 20°C
Solubilidade em água(g/l)	358 a 20°C

Fonte: https://www.merckmillipore.com/BR/pt/product/Sodium-chloride,MDA_CHEM-106404. Acesso em: 14 jun. 2022.

Para fins de venda e especificação de cliente, o sal é classificado em (BRASIL, 1975):

Sal comum:

Quanto a composição química:

a) sal tipo I;

b) sal tipo II;

O sal comum, quanto às suas características granulométricas:

a) sal grosso;

b) sal peneirado;

c) sal triturado;

d) sal moído.

Sal refinado:

a) sal refinado, extra;

b) sal refinado;

c) sal refinado, úmido;

A Tabela 2 esclarece melhor a classificação do sal quanto os atributos de cada tipo.

Tabela 2 – Classificação do sal para consumo humano.

Tipo	Impurezas					Composição provável			NaCl (por diferença)	
	Valores Máximos					(em %)			Valores mínimos	
	Umidade	Insolúveis	Cálcio	Magnésio	Sulfato	CaSO ₄	MgSO ₄	MgCl ₂	Base úmida	Base seca
Sal tipo I.....	2,500	0,100	0,070	0,050	0,210	0,237	0,068	0,146	96,95	99,45
Sal tipo II.....	3,000	0,200	0,140	0,080	0,420	0,476	0,105	0,233	95,99	98,98
Sal refinado extra....	0,100	0,050	0,030	0,020	0,100	0,102	0,035	0,050	99,66	99,76
Sal refinado.....	0,200	0,100	0,100	0,100	0,400	0,339	0,200	0,237	98,92	99,12
Sal refinado úmido..	4,000	0,096	0,095	0,095	0,382	0,325	0,192	0,227	95,16	99,12

Fonte: Brasil (1975).

3.2 História

O cloreto de sódio tem sido consumido desde antes da idade moderna, apreciado por sua capacidade de intensificar sabor nos alimentos e conservar os mesmos. O cloreto de sódio ou halita é comumente denominado de sal. Este mineral já era consumido pelo homem desde 2.700 A.C. na China, como condimento e para fins medicinais (KOROVESSIS; LEKKAS, 2001).

A primeira referência que se tem sobre o sal no Rio Grande do Norte está registrada no documento escrito por Jerônimo d' Albuquerque, que relata a seus filhos, em agosto de 1605, a formação espontânea de salinas no atual município de Macau. A exploração extensiva das salinas de Mossoró, litoral de Areia Branca, Açú e Macau data

de 1802, embora o conhecimento de jazidas espontâneas na região seja do início da colonização (COSTA *et al.*, 2013). A seguir encontra-se um trecho da história das salinas no Brasil:

Jerônimo de Albuquerque deu a Antônio e Mathias d' Albuquerque, seus filhos, em trinta de agosto de seiscentos e cinco, duas salinas que estão há quarenta léguas daqui para a banda do norte, não cultivadas nem feitas benfeitorias, nem a terra serve para coisa nenhuma, a não ser o sal que por si próprio se cria. [...] Nessas salinas, se coalha o sal em tanta quantidade que podem carregar grandes embarcações todos os anos, porque assim como se tira um, se coalha e cresce continuamente outro'. [...]. Até aquele momento, as salinas naturais se encontravam inexploradas' [...] 'Faz-se no Brasil sal em salinas naturais, como em Cabo Frio (RJ) e Rio Grande, onde se acha coalhado em grandes pedras e mui alvo. (MOURA, 2003, p. 183 *apud* COSTA *et al.*, 2013).

A atividade salineira é uma das mais antigas atividades econômicas realizadas no Brasil, isso se dá em parte pela facilidade de se produzir e distribuir o produto. A partir do século XIX, a demanda pelo produto cresceu e as salinas se estabeleceram ao redor da costa, aumentando assim a área de cerco. A época de 1970 foi marcada por intensa maquinização do parque salineiro, colaborando assim para o aumento da produção do sal no Rio Grande do Norte. A década de 1970 foi marcada pelo processo de modernização do parque salineiro do estado, isso possibilitou a formação de grandes unidades produtoras, e com isso veio a diminuição das salinas artesanais. (FERNANDES, 1995; SANTO, 2010 *apud* COSTA *et al.*, 2013)

3.3 A F. Souto Indústria e Comércio de Sal S.A.

A empresa F. Souto Indústria e Comércio de Sal S.A. é uma sociedade anônima de capital fechado, constituída em 16 de abril de 1949. Suas atividades foram iniciadas com sede na cidade de Areia Branca (RN), sendo a continuadora da firma individual F. Ferreira Souto (F. Souto), fundada em 1926. Em 1951, a empresa transferiu sua sede para a cidade de Mossoró (RN), onde está instalada até hoje e atualmente é administrada pela terceira geração da tradicional família Souto, que vem atuando nesse mercado há mais de 80 anos.

Desde sua fundação, a empresa exerce a atividade de extração, beneficiamento e comercialização de sal marinho. Vale menção que a F. Souto foi a pioneira no processo de mecanização da extração e colheita de sal marinho na região, empregando tais recursos a partir da década de 1970. A implantação da colheita mecanizada na F. Souto foi uma

grande inovação no processo produtivo do sal, permitindo uma drástica redução nos custos de produção, um aumento no volume produzido e mais agilidade no processo de transporte, lavagem e estocagem de sal, otimizando assim todo o processo.

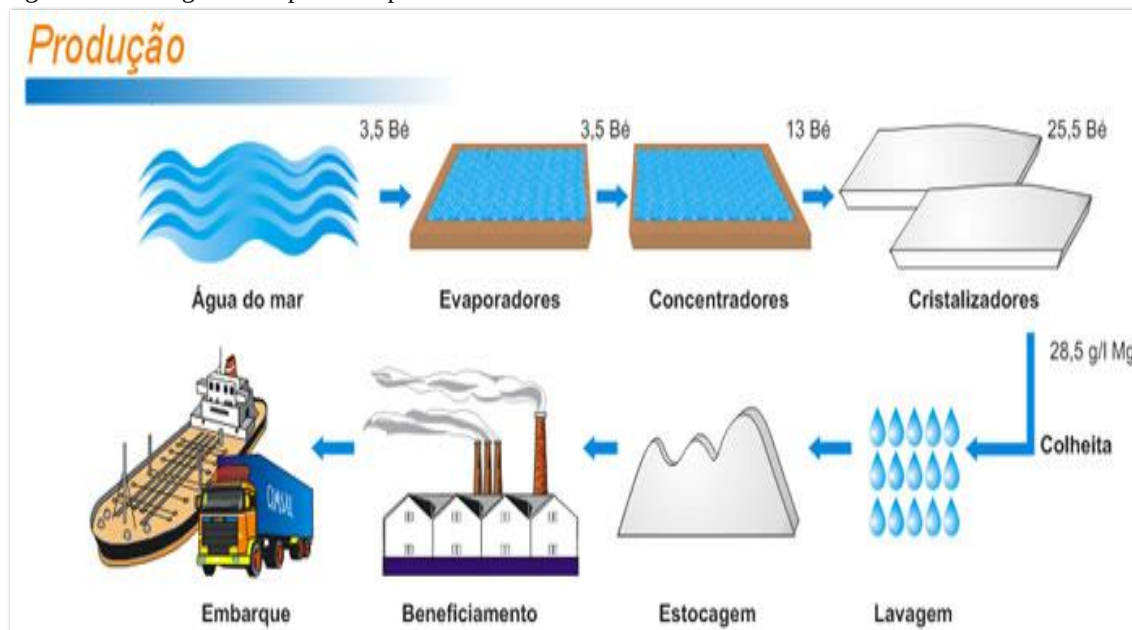
A empresa produz 100% da matéria-prima (sal marinho) que utiliza em seu processo de industrialização, o que representa uma produção anual 500 mil toneladas de sal grosso (in natura), produção essa dividida em duas unidades de produção: Salina Maranhão, localizada em Grossos (RN), e Salina Morro Branco, localizada em Areia Branca (RN). Essa situação dá à empresa plena autonomia e independência de qualquer fornecedor desse produto.

Atualmente, após um longo processo de reestruturação física e administrativa da empresa, o grupo F. Souto conta com duas salinas, três refinarias e uma moagem de sal, todas equipadas com o que há de mais moderno e com uma equipe de profissionais de excelência, que fazem das marcas “Sal Souto” e “São Campeão” referências no mercado nacional.

3.4 Processo produtivo na F. Souto Indústria e Comércio de Sal S.A

O fluxograma da Figura 1 apresenta o processo produtivo do sal em um circuito convencional. A água é captada de um corpo de água próximo a residência da salina onde é mandada para os evaporadores e concentradores até atingir 13 °Bé e após isso a salmoura é transferida para o cristalizador onde a água atinge 25,5 °Bé. Quando a água atinge essa salinidade a salmoura é drenada e feita a colheita. Depois é feita a colheita e estocagem, e por fim o refino e despacho do produto. É importante salientar que existem segredos industriais, cada salina guarda informações de formato do grão, grau Balmé, nível de água no cristalizador e o momento de transferir a água de cada ponto do circuito da salina (evaporadores, concentradores e cristalizador).

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo do sal.



Fonte: <http://www.sosal.ind.br/>. Acesso em: 16 jun. 2022

A água é obtida por um sistema de bombeamento, geralmente conectado a um braço de água ou rio. O sistema é montado em uma área de forma que a maré não afeta o bombeamento. Se a tubulação for colocada em uma altura acima do nível mínimo da água quando a maré está baixa a que o nível de água na maré baixa o ar pode ser sugado junto com a água, ocasionando a cavitação. Na Figura 2 são apresentadas as principais partes da Salina Morro Branco, a saber: casa das bombas, evaporadores e cristalizadores.

Figura 2 – Os principais setores da Salina Morro Branco: (1) casa das bombas, (2) evaporadores e (3) cristalizadores.



Fonte: <https://www.fsouto.com.br/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

A Casa das Bombas consiste em um sistema de tubulações conectadas à água do mar e operada por um sistema de bombas. A água é transportada do mar para os evaporadores. Segundo Câmara (1999), a quantidade de água admitida tem que ser, rigorosamente, controlada de forma a garantir a manutenção do fluxo estabilizado. A água captada tem de 3,5 a 4,5°Be (graus Baumé). O Grau Baumé é uma escala de concentração da água do mar. A Equação 1 define como calcular o grau Baumé:

$$^{\circ}\text{Bé} = 145 - \frac{145}{\rho} \quad (1)$$

Em que ρ é a densidade, g/cm³.

Após ser captada, a água do mar é enviada para os evaporadores, onde é concentrada até entre 25 e 26°Be. A salmoura tem densidade de 1,0247 g/cm³ que corresponde à 3,5° Baumé a 20°C, devendo atingir ao final do percurso 1,216 g/cm³ ou 25,6°Be à 20°C, quando a salmoura atinge saturação em NaCl.

A água dos evaporadores é transferida para o cristalizador onde começa a precipitar os cristais de sal. Quando a salmoura atinge uma densidade de 29 °Be recebe o nome de água mãe, onde é drenada dos cristalizadores e então é iniciado o processo de colheita. Nessa fase o cloreto de sódio e outros sais precipitam com concentrações

diferentes em função da profundidade. A Figura 3 apresenta uma visão do cristalizador da Salina Morro Branco.

Figura 3 – Cristalizador.



Fonte: <https://www.fsouto.com.br/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

Posteriormente, inicia-se o processo de colheita, realizado por uma série de enchedeiras e caçambas que colhem o sal e levam para a lavagem. A Figura 4 apresenta um registro dessa etapa.

Figura 4 – Colheita do cristalizador.



Fonte: <https://www.fsouto.com.br/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

A próxima etapa é a lavagem, apresentada na Figura 5, onde o sal é lavado com salmoura de concentração menor que o sal colhido. O objetivo é diminuir o nível de contaminante e evitar a redução do teor do NaCl.

Figura 5 – Lavagem.



Fonte: <https://www.fsouto.com.br/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

Após a lavagem o sal é empilhado em pilhas onde passará pelo processo de “cura”. Processo pelo qual a chuva ou a água que permanece nos cristais de sal escorre do topo da pilha até o fundo, assim, com o tempo, o nível de impureza, como cálcio e magnésio, diminui devido o arraste da água. Durante a estação chuvosa esse processo de arraste de sais é bem acentuado, tornando o sal com maior concentração do cloreto de sódio. Apesar de se ter um sal mais limpo de impurezas, a água da chuva diminui a quantidade de cloreto de sódio e aumenta a quantidade de gás utilizado para secar o produto.

A última etapa do processo produtivo é o refino. A Figura 6 apresenta o registro da refinaria F. Souto Morro Branco, onde o sal vai ser triturado por uma tremonha (Figura 7) e então levado por uma esteira com barras magnéticas, cujo objetivo é remover resíduos metálicos da corrente de sal. Essa corrente de sal recebe o ferro cianeto a fim de se evitar aglutinação das partículas.

Durante o refino o sal é triturado, secado e peneirado. O forno é alimentando com ar e combustível (gás propano). O ar quente então é injetado em uma câmara com uma tela em que permite que o ar passe por entre as partículas do sal (leito fluidizado). Nessa câmara está conectada uma tubulação que leva ao ciclone.

O ciclone retira as partículas com determinada velocidade terminal separando-as em partículas pesadas e laves. As partículas mais leves são descartadas por meio de uma tubulação até um reservatório de água salgada. As partículas mais pesadas do sal micronizado são coletadas no fundo e assim podem ser vendidas com ou sem iodo. O sal que não foi retirado pelo ciclone é então enviado para a peneira, processo no qual separa o sal em refinado, extra e granulado.

Figura 6 – Refinaria F.Souto Morro Branco.



Fonte: <https://www.fsouto.com.br/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

Figura 7 – Enchedeira alimentando tremonha com sal.



Fonte: <https://www.fsouto.com.br/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

O sal pode ser vendido com ou sem iodo e em diferentes combinações, tais como: refinado, refinado mais extra, extra e finalmente o granulado. O iodo é adicionado ao sal para garantir a presença deste elemento químico nos organismos dos seres humanos. O granulado pode ser envasado ou feito reciclo no sistema para ajustar a umidade do produto. O sal é então embalado para diferentes clientes. As empresas de sal geralmente preparam o lote nas especificações impostas pelo cliente. Para que assim o cliente aplique para as suas determinadas finalidades. O produto é estocado no armazém, como indicado na Figura 8, onde vai ser embarcado em caminhões.

Figura 8 – Armazém.



Fonte: <https://www.fsouto.com.br/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

4 ATIVIDADES REALIZADAS

O estágio foi realizado no setor de qualidade da empresa. As análises eram feitas no laboratório e o trabalho de pesquisa e rastreabilidade de produtos e insumos eram feitas em salas de reunião. A vistoria era feita na refinaria e no armazém de ambos os polos, morro branco e maranhão, da indústria. As vistorias consistiam em verificar o cumprimento da iso 9001 e do BPF (Boas práticas fabris).

4.1 Análises físico-químicas do sal

A água do mar é uma mistura complexa de microrganismos e espécies químicas diversas. Os principais sais contidos na água são óxido de ferro como o óxido de ferro(III) (Fe_2O_3), carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, cloreto de sódio, sulfato de magnésio, cloreto de magnésio, cloreto de potássio e brometo de sódio. Segundo Câmara (1999), a diferença de solubilidade permite a precipitação, razoavelmente seletiva, com grau de pureza aceitável para muitos usos.

4.2.1 Determinação do teor de Magnésio e Cálcio

Os teores de magnésio e cálcio são calculados em porcentagem. O magnésio e o cálcio são preparados seguindo o procedimento presente em Lutz (2008).

Para cálcio e magnésio deve-se diluir a amostra em 25 ou 40 ml de água e preencher um balão de fundo de chato de 100ml de água destilada. O cálcio e magnésio são sais que formam ligações iônicas com cloretos dissolvidos em solução aquosa. Os sais formados são o cloreto de cálcio (CaCl_2) e cloreto de magnésio (MgCl_2), estes também constituem a chamada “dureza da água”.

Para avaliar o teor de magnésio, primeiramente é pesado uma amostra de 10 g de sal na balança analítica, depois, coloca-se 25 mL de água destilada no Erlenmeyer para diluir a solução. Após esse procedimento, adiciona-se 10 mL de solução tampão de amônia (pH=10), onde a transferência é feita em capela com exaustor ligado, para o Erlenmeyer. Por fim adiciona-se o Eriocromo T (quantidade necessária para se visualizar a mudança de cor na titulação), sendo este último o indicador. A solução é então titulada com EDTA. A Equação 2 é utilizado para medir a concentração do magnésio.

$$(V' - V) \times F \times 0,02431 = \text{teor de magnésio (\% m./m.)} \quad (2)$$

Em que V é o volume gasto, em mL, para titulação do cálcio; V' é o volume gasto, em mL, para titulação do magnésio; e F é o fator de correção do EDTA.

No caso da análise do teor de cálcio, pesa-se uma amostra de 10 g de sal na balança analítica, após isso, coloca-se 25 mL de água destilada no Erlenmeyer para diluir a solução. Posteriormente, transfere-se 5 mL do hidróxido de sódio para o Erlenmeyer. Por fim foi adiciona-se Calcon T (quantidade necessária para se visualizar a mudança de cor na titulação), sendo este último o indicador. A solução é titulada com EDTA. A Equação 3 é utilizado para medir a concentração do cálcio.

$$(V) \times F \times 0,04008 = \text{teor de cálcio (\% m./m.)} \quad (3)$$

Em que V é o volume gasto, em ml, para titulação do cálcio e F é o fator de correção do EDTA.

4.2.2 Determinação do teor de dureza

A dureza de uma água refere-se à quantidade de íons de metais alcalinos na água do mar. Considerando-se que as concentrações de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} são predominantes. Além do mais, a dureza do sal influencia na fixação do corante nas roupas.

Para analisar o teor de dureza, uma amostra de 10 g de sal é mensurada na balança analítica, posteriormente, coloca-se 25 mL de água destilada no Erlenmeyer para diluir a amostra. Após esse procedimento, transfere-se 10 mL de solução tampão de amônia (pH = 10) para o Erlenmeyer. Por fim adiciona-se o Eriocromo T (uma pitada), sendo este último o indicador. É adicionado 1 mL de ácido sulfúrico e então titulada com EDTA. A Equação 4 é utilizado para medir a concentração do magnésio.

$$\text{Valor gasto em ml na titulação} \times 440 = \text{ppm} \quad (4)$$

4.2.3 Análise Granulométrica

Uma amostra de 100 gramas de sal é inserida em uma sequência de peneiras com diferentes aberturas, variando de 1,7 mm até 0,108 mm. A granulometria varia de acordo com aplicação e destino do sal comprado. Em geral, um grão menor tende a absorver mais água do que grãos maiores. A Tabela 3 apresenta os diferentes tipos de sal quanto a sua granulometria.

Tabela 3 – Classificação do sal quanto à granulometria.

Tipo de sal	Especificações granulométrias
Grosso	Sem especificação
Peneirado	Retenção máxima de 5% na peneira de 4,76mm
Triturado	Retenção máxima de 5% na peneira de 2,83mm
Moído	Retenção máxima de 5% na peneira de 1,00mm
Refinado	Retenção máxima de 5% na peneira de 0,84mm, e à retenção de 90% na peneira com 0,105mm

Fonte: Brasil (1975).

4.2.4 Umidade (gravimetria)

Consiste no emprego de uma balança de umidade utilizando 10 g de cloreto de sódio. A balança analítica de umidade é constituída de uma balança e um sistema de aquecimento. O valor da umidade é calculado entre a razão da massa de 10 g de sal e a massa ao final da secagem medida pelo equipamento. A Figura 9 mostra um exemplo da balança utilizada na empresa.

Figura 9 – Balança de umidade



Fonte: <https://www.forlabexpress.com.br/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

4.2.5 Fluidez

É calculado cronometrando o tempo que leva para o sal escoar em uma abertura com espaço fixo. A fluidez mostra o quão fácil o sal escoa. Neste equipamento consegue-se ter noção do quão rápido o sal escoa em um orifício de diâmetro fixo. A Figura 10 mostra um exemplo do aparato experimental. A equação 5 apresenta a fluidez.

$$F(g/s) = \text{Amostra}(g) / \text{tempo}(s) \quad (5)$$

Figura 10 – Aparato utilizado na análise de fluidez.



Fonte: <https://www.kcen.com.br/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

4.2.6 pH

O equipamento utilizado nessa análise é o pHmetro (Figura 11), o qual é calibrado com pelo menos 2 soluções tampão, de pHs iguais a 4,7 e 10. O pH do sal é uma importante propriedade química, uma vez que diferentes produtos necessitam de especificações diferentes de pH, isso é fundamental quando o sal é utilizado no preparo de produtos alimentício.

Figura 11 – pHmetro.



Fonte: <https://www.pro-analise.com.br/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

4.2.7 Determinação do Teor de Iodeto de Potássio no Processo

Transfere-se 2 mL de amido 1%, 1 mL de iodeto de potássio e 5 mL de ácido sulfúrico para o Erlenmeyer. Adiciona-se 100 mL de água destilada. Por fim, titula-se com o tiossulfato. As soluções são transferidas por meio de pipetas de vidro. O nível do iodo é medido para se atender as especificações da legislação da Anvisa RDC nº 23/2013.

$$Ppm = \frac{V \times F \times 10,58}{P} \quad (5)$$

Em que V é o volume gasto de EDTA, em mL; F é o fator de correção do tiossulfato; e P é o peso da amostra.

4.2.8 Teor de Sulfato

O teor de sulfato é obtido para que se cumpra especificações do decreto 75.697 e demais exigências dos clientes. Baseggio (1973) sugere o uso da seguinte equação:

$$SO_4 = 2,4 \times Ca + 1,4 \times Mg \quad (6)$$

Em que Ca é a concentração de cálcio, em ppm, e Mg é a concentração de magnésio, em ppm.

Câmara (1999) sugere que, devido à atividade biológica na salina, principalmente de bactérias sulfato-redutoras, os teores de SO_4 tendem a ser ligeiramente menores:

$$SO_{4aprox} = 2,4 \times Ca + 1,3 \times Mg \quad (7)$$

4.3 Atividades administrativas

4.3.1 Preenchimento de laudos

Um laudo consiste nas especificações físico-químicas do produto a ser embarcado. Granulometria, umidade, insolúveis, fluidez, Sulfato, Ferrocianeto, Iodo, Magnésio, Cálcio e concentração do cloreto de sódio são os principais itens do laudo técnico do sal.

No estágio foram desenvolvidos inúmeros laudos técnicos do sal e então enviados para o setor de venda da empresa.

4.3.2 Rastreabilidade de insumos e produtos

Na empresa são feitas auditorias internas e externas, ambas necessitam de uma completa rastreabilidade dos documentos. É necessário rastrear o uso dos insumos e notas fiscais, assim como arquivos que remetam ao embarque do produto. A rastreabilidade é feita utilizando arquivos físicos e digitais.

4.3.3 Registro de dados

As análises físico-químicas do sal, assim como o uso dos insumos, como ferro cianeto e iodeto de potássio, devem ser registrados com data e hora. Também o registro de limpeza das barras magnéticas, limpeza da refinaria e equipamentos assim como o registro da manutenção dos equipamentos.

4.4 Atividades de fiscalização

4.4.1 Aferição dos equipamentos, vidrarias e soluções

Os equipamentos são aferidos, tendo um exemplar-padrão por grupo de vidraria. Os dados a serem verificados são: data de validade da calibração e código da vidraria. Também foi feito o registro da calibração da balança analítica e de umidade. A calibração do pHmetro e a elaboração do procedimento para os analistas foram realizadas pelo estagiário.

4.4.2 Visitas à refinaria e aos armazéns para verificação do cumprimento da ISO 9001

Foram feitas visitas com o engenheiro responsável, a fim de verificar a correta aplicação das normas de qualidade e segurança no processo. As visitas são feitas na refinaria, no armazém e no setor da moagem. Para que se cumpram as normas são observados o uniforme do operador, bem como sua higiene pessoal e a higiene para com

a operação com a qual realiza. Barba, cabelo grande, falta do uso de toca e jaleco com bolso e botão são pontos que devem ser evitados ao se trabalhar com alimentos.

4.5 Outras atividades

4.5.1 Produção de relatórios para clientes

Durante o período do estágio, foi solicitado a produção do relatório sobre o impacto da dureza do sal na fixação do corante em tecidos na indústria têxtil. Também foi realizado um estudo sobre a necessidade do fator de correção no preparo das soluções do laboratório.

4.5.2 Tradução de manuais de equipamentos

Tendo em vista que a maioria dos equipamentos no mercado estão em língua inglesa, é patente a necessidade do conhecimento desse idioma. As traduções desenvolvidas no estágio foram: o manual do pHmetro Benchtop e o manual do Teset para medição da dureza do sal. A tradução foi feita como um resumo, evitando ser prolixo e zelando pela objetividade da tarefa.

5 SUGESTÕES PARA MELHORIA DO PROCESSO

- Adotar um sistema de controle para o forno e para a dosagem de iodo no sal;
- Coletar dados de temperatura do forno para avaliar a sua eficiência;
- Adotar uma cultura de coleta de dados, a fim de se obter informações úteis, tanto do ponto vista econômico quanto técnico;
- Manter o laboratório atualizado com os equipamentos necessários aos experimentos.

6 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Houve dificuldade na obtenção e confiabilidade dos dados dos diferentes setores da empresa. Na tentativa de se desenvolver um estudo para eficiência do ciclone,

eficiência do secador e controle da injeção de iodo no sistema houve imensa dificuldade em obter dados, e os que foram obtidos careciam de confiabilidade. O tempo também foi curto para desenvolver os projetos sugeridos.

7 ÁREAS DE IDENTIFICAÇÃO COM O CURSO

Dentro do laboratório foi possível se ter uma visão do papel do analista. O papel do engenheiro nesse meio era de orientar os analistas a fazerem a análise correta, verificar os valores dos experimentos e manter os equipamentos e vidrarias calibrados. O engenheiro também é responsável pelo bom funcionamento do processo, a cada problema o engenheiro deve solucioná-lo de maneira a não parar a refinaria. Por fim, foi possível o envolvimento do estagiário na avaliação da eficiência do forno e controle do iodo, além da produção de relatórios para clientes e estabelecer procedimentos para uso de equipamentos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do estágio foi possível atuar tanto na área de análise quanto na área de gestão. Embora a empresa não tenha oficialmente um departamento de pesquisa, o engenheiro deve por si mesmo praticar o método científico. Pesquisar novos produtos ou propor melhorias são algumas atribuições do engenheiro químico. Cabe ressaltar que o conhecimento acadêmico muitas vezes foi posto à prova, em alguns cenários sendo preciso simplificar para poder executar. A visão do aluno ao sair da academia é diferente da realidade que ele enfrentará no mercado, cabe ao estudante manter o equilíbrio entre a execução de suas funções na empresa e a utilização dos conhecimentos científicos.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASEGGIO, G. The composition of seawater and its concentrates. *In: Proceedings of the Fourth Symposium on Salt*. Houston: Open Library, 1973. p. 351-358.

BRASIL. Decreto nº 75.697, de 6 de maio de 1975. Aprova padrões de identidade e qualidade para o sal destinado ao consumo humano. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-75697-6-maio-1975-424211-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 14 jun. 2022.

CÂMARA, Carlos Alberto Leopoldo. **Produção de sal por evaporação solar**. 1. ed. Natal: Antenna Edições Técnicas, 1999.

COSTA, D. F. S. *et al.* Breve revisão sobre a evolução histórica da atividade salineira no estado do Rio Grande do Norte (Brasil). **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 1, p. 21-34, 2013.

KOROVESSIS, N. A.; LEKKAS, T. D. Solar saltworks production process evolution-wetland function. **Global NEST Journal**, v. 11, n. 1, p. 49-57, 2009. Disponível em: chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://28ornal.gnest.org/sites/default/files/Journal%20Papers/49-57_575_Korovessis.pdf. Acesso em: 14 jun. 2022.

LUTZ, Adolf. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

MAIA, Manuel Thiago de Araújo. **Circuito de produção de sal: o uso do território do município de Macau/RN pelas indústrias salineiras**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/18931>. Acesso em: 14 jun. 2022.

PRODUÇÃO E BENEFICIAMENTO. [sosal.ind.br](http://www.sosal.ind.br). Disponível em: <http://www.sosal.ind.br/>. Acessado em: 16 jun. 2022

BRASIL. Anvisa RDC nº 23/2013. Dispõe sobre o teor de iodo no sal destinado ao consumo humano e dá outras providências. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/res0023_23_04_2013.html#:~:text=RESOLU%C3%87%C3%83O%20DA%20%2D%20RDC%20N%C2%BA%2023,II%20e%20IV%2C%20do%20art. Acessado em: 22 jun. 2022