



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

PRISCILA FERNANDES DE LIMA

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO PRIMÁRIO DA SALMOURA
EM UMA PLANTA CLORO-SODA

FORTALEZA

2021

PRISCILA FERNANDES DE LIMA

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO PRIMÁRIO DA SALMOURA EM
UMA PLANTA CLORO-SODA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química. Área de concentração: Centro de Tecnologia.
Orientador: Prof. Dr. André Casimiro de Macedo.

FORTALEZA

2021

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

- L71o Lima, Priscila Fernandes de.
Otimização do processo de tratamento primário da salmoura em uma planta cloro-soda / Priscila Fernandes de Lima. – 2021.
58 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Química, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. André Casimiro de Macedo.
1. Salmoura. 2. Tratamento primário. 3. Planejamento experimental. 4. Industria Cloro-Soda. 5. Tecnologia de membrana. I. Título.

CDD 660

PRISCILA FERNANDES DE LIMA

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO PRIMÁRIO DA SALMOURA EM
UMA PLANTA CLORO-SODA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química. Área de concentração: Centro de Tecnologia.
Orientador: Prof. Dr. André Casimiro de Macedo.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. André Casimiro de Macedo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dr. Rílvia Saraiva de Santiago Aguiar
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Joanya Pereira de Lima
Engenheira Ambiental e Sanitarista (Alliance Quimica)

A Deus.

Aos meus pais, amigos e parceiros de trabalho
e jornada.

AGRADECIMENTOS

À Deus, meu criador e melhor amigo. Aquele que me sustentou em toda a caminhada, ouviu todas as minhas orações, viu todas as minhas lágrimas e sorriu comigo em todas as conquistas até aqui, minha eterna gratidão.

Aos meus pais, Antônio Fernandes de Lima e Maria Ferreira de Lima, por todo o suporte e apoio, encorajamento e conselhos. Vocês lutaram e sonharam junto comigo e sempre foram a minha maior motivação e exemplo. Sem vocês eu certamente não teria conseguido.

Ao meu irmão, Átilla Fernandes de Lima, por tornar esses anos mais leves e sempre ajudar quando precisei.

A todos os tios, tias, primos e avós que acreditaram no meu potencial e lançaram palavras de encorajamento.

Ao meu namorado, Filipe Guimarães, por todo o apoio e compreensão. Por acreditar em mim e sempre ser o meu ponto de calma em meio aos momentos difíceis.

As minhas duas amigas de faculdade Nayane Mateus e Arianne Vieira, por dividirem os momentos bons e ruins da graduação, pelas rodas de estudo e momentos de descontração e por cada carona dada.

Ao meu amigo Emmanuel Ribeiro, que apesar do tempo e da distância sempre se mostra um verdadeiro amigo. Por cada dica durante a graduação e por dar suporte na elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos de faculdade e DROPS, Paulo Lucas, Bruna Gabrielle, Elias Vilar, Lucas Lindemberg e Samuel Melo pelas experiências trocadas, não só acadêmicas, mas com Deus. Por tornar os dias de universidade mais leves e engraçados.

Ao meu amigo Natan Câmara por todo o aprendizado e conversas durante o período de Iniciação Científica.

Aos professores participantes da banca examinadora André Casimiro de Macedo e Rílvia Santiago pelo tempo e sugestões.

A minha amiga, companheira de trabalho e participante da banca, Joanya Pereira de Lima, pelo socorro em cada momento de aflição, por cada aprendizado trocado e por ser uma verdadeira mãe para mim.

Ao meu amigo de trabalho, Joilson Xavier da Silva, pela ajuda na elaboração dos experimentos e por todo o conhecimento compartilhado e conseqüentemente depositado nesta pesquisa.

A toda a família Alliance Química que me proporcionou crescimento pessoal e profissional e deu todo o suporte para a elaboração desta pesquisa. Por acreditarem no meu trabalho e potencial.

RESUMO

A indústria Cloro-Soda constitui uma das maiores tecnologias eletroquímicas do mundo. Esta é responsável pela produção de importantes commodities: Soda cáustica e Cloro gás. Sua cadeia produtiva tem como base a eletrolise da salmoura. Dentre os métodos adotados, a eletrolise por membrana vem ganhando espaço no mercado atual devido a sua tecnologia moderna e não poluente. Porém esta, demanda matérias primas de alta pureza. Assim, a salmoura utilizada precisa passar por etapas de purificação, até que todos os íons presentes, principalmente íons cálcio e magnésio, sejam totalmente retirados, garantindo a máxima eficiência eletrolítica e a preservação da vida útil da célula de membrana. A purificação é feita, em alguns casos, adicionando-se coagulantes seguidos da etapa de decantação. O presente trabalho tem como objetivo a otimização do tratamento primário da salmoura em uma planta Cloro-Soda, buscando por meio de um planejamento experimental via *Minitab*[®] 17 *Statistical Software* avaliar o efeito de variáveis importantes neste processo e o estabelecimento de ótimos verdadeiros. As variáveis analisadas são: concentração da salmoura, excesso de NaOH e Na_2CO_3 , concentração de polímero e a relação entre as concentrações de cálcio e magnésio presentes na salmoura (Ca/Mg). Como cinco variáveis são exploradas em dois níveis (superior e inferior), o planejamento realizado foi do tipo 2^5 , que corresponde ao número de observações da variável resposta. Os resultados mostram a quantidade de químicos que realmente precisam ser adicionados, evitando possíveis perdas, além do valor ótimo de operação para cada variável e o nível de significância dela no processo. Ao final, obteve-se a melhor faixa de operação para produção de salmoura clarificada com concentração de Cálcio e Magnésio inferior a 30 partes por milhão.

Palavras - chave: Salmoura. Tratamento primário. Planejamento experimental. Indústria Cloro-Soda. Tecnologia de membrana.

ABSTRACT

The Chlorine-Soda industry is one of the largest electrochemical technologies in the world. It is responsible for the production of important commodities: caustic soda and chlorine gas. Its production chain is based on the electrolysis of brine among the methods adopted, membrane electrolysis has been gaining space in the current market due to its modern and non-polluting technology. However, demands high purity raw materials. Thus, the brine needs to be purified until all the ions present, mainly calcium and magnesium ions, are totally removed, guaranteeing maximum electrolytic efficiency and preserving the membrane cell's life. Purification is done, in some cases, by adding coagulants followed by the decantation step. This work aims to optimize the primary treatment of brine in a chlorine-soda plant, seeking through experimental planning via *Minitab*[®] 17 *Statistical Software* to evaluate the effect of important variables in this process and the establishment of true optimum ones. The variables analyzed are: brine concentration, NaOH and Na_2CO_3 excess, polymer concentration and the calcium and magnesium concentrations ratio (Ca/Mg). Once five variables are explored at two levels (upper and lower), the planning carried out was of the type 2^5 , which corresponds to the number of observations of the response variable. The results show the amount of chemicals that need to be added, avoiding losses, as well as the optimal operation value for each variable and the significance level of it one in the process. At the end, the best operating range was obtained for the production of clarified brine with a concentration of Calcium and Magnesium below 30 partes por milhão.

Keywords: Brine. Primary treatment. Experimental planning. Chlorine-Soda Industry. Membrane technology.

TERMO DE CONFIDENCIALIDADE E SIGILO

O Trabalho Final de Curso, apresentado na forma de documento monográfico intitulado OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO PRIMÁRIO DA SALMOURA EM UMA PLANTA CLORO-SODA, volume constante como um dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Ceará, orientado pelo **Prof. Dr. Casimiro de Macedo**, defendido no dia 24 de Março de 2021, foi depositado pela autora **Priscila Fernandes de Lima** sob compromisso de confidencialidade e sigilo sobre todas as informações técnicas relacionadas às suas pesquisas. Por este termo de confidencialidade e sigilo **são vedadas as seguintes práticas:**

1. **Disponibilização** do documento integral em plataformas públicas ou repositórios acadêmicos;
2. **A utilização das informações**, aqui protegidas por sigilo, e doravante constantes como informações confidenciais, a quem tiver acesso;
3. **Gravação ou cópia da documentação** confidencial a que tiver acesso, excetuando as cópias e/ou documentos originais AUTORIZADOS;
4. **A apropriação** para si ou para outrem do material confidencial e/ou sigiloso da tecnologia que venha a ser disponível;
5. **Repasse** de conhecimento das informações confidenciais;

Neste Termo, as seguintes **expressões serão assim definidas:**

Informação Confidencial significará toda informação revelada através da apresentação da tecnologia, a respeito de, ou, associada com dados obtidos para elaboração da monografia, sob a forma escrita, verbal ou por quaisquer outros meios. Informação Confidencial inclui, mas não se limita, à informação relativa às operações, processos, planos ou intenções, informações sobre produção, instalações, equipamentos, sistemas, dados, habilidades especializadas, projetos, métodos e metodologia, fluxogramas, especializações, componentes, fórmulas, produtos e questões relativas ao desempenho das atividades laborais.

A vigência da obrigação de confidencialidade e sigilo, assumida por meio deste termo, terá a validade enquanto a informação não for tornada de conhecimento público por direta autorização dos seus autores, mediante autorização escrita.

Priscila Fernandes de Lima

Autora

Prof. Dr. André Casimiro de Macedo

Orientador

Profa. Dra. Rílvia Saraiva de Santiago Aguiar

Docente Responsável pela disciplina