

UNIVERSIDADE SANTO AMARO

**ANDRE RODRIGUES DA SILVA
CLEITON DIAS DE OLIVEIRA
GUSTAVO PEDRO DE ARCANJO FREITAS
TEODORO CRAVO DE LIMA NETO**

PRODUÇÃO DE ÁCIDO SULFÚRICO

CAJATI

2022

**ANDRE RODRIGUES DA SILVA
CLEITON DIAS DE OLIVEIRA
GUSTAVO PEDRO DE ARCANJO FREITAS
TEODORO CRAVO DE LIMA NETO**

PRODUÇÃO DE ÁCIDO SULFÚRICO

**Projeto Integrador -Projeto da indústria
Química 2**

**CAJATI
2022**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVO	5
3. JUSTIFICATIVA	5
4. FLUXOGRAMA / MAPEAMENTO DO PROCESSO	5
5. Modelagem e simulação da produção	6
6. Operações unitárias	6
7. Classificação dos sistemas	7
7.1 Sistema aberto:.....	7
7.2 Sistema Fechado:.....	7
7.3 Sistema isolado:	7
8. Análise dos equipamentos utilizados	7
9. Controle de processos	7
10. Tratamento de água	8
11. Tratamento de efluentes	9
12. Análise termodinâmica química	9
13. Análise de balanço de massa e energia	9
14. Análise de reatores homogêneos e heterogêneos	9
15. Análise de escoamento de fluidos	9
16. Dimensionamento do custeio do processo	10
17. CONCLUSÃO	11
18. REFERENCIAS	12

1. INTRODUÇÃO

O ácido sulfúrico foi chamado de "óleo de vitríolo" pelos alquimistas europeus medievais devido à sua preparação por meio de torra do "vitríolo verde" (sulfato de ferro II) em um destilador de ferro. Há diferenciação disso nos trabalhos de Vicente de Beauvais e no Compositum de Compositis atribuído ao santo Alberto Magno. Uma passagem na Summa Perfectionis de Pseudo-Geber foi considerada a primeira receita para ácido sulfúrico, mas essa interpretação não estava correta. (Karpenko, Vladimir and Norris, John A. 2001.)

No século XVII, o químico alemão-holandês Johann Glauber preparava o ácido por meio da queima de enxofre com nitrato de potássio (KNO_3) na presença de vapor. Conforme o nitrato se decompõe, ele oxida o enxofre em SO_3 , que combina com a água para produzir ácido sulfúrico. Em 1736, Joshua Ward, um farmacêutico londrino, utilizou este método para iniciar a primeira produção em larga escala de ácido sulfúrico.

Em 1746 em Birmingham, John Roebuck adaptou esse método para produzir ácido sulfúrico em câmaras de chumbo, que eram mais fortes, mais baratas e poderiam ser produzidas em tamanho maior do que os antigos frascos de vidro. Este processo permitiu a industrialização de fato da produção de ácido sulfúrico. Após diversas melhorias, este método (chamado processo da câmara de chumbo ou "câmara de chumbo") se tornou o padrão para a produção de ácido sulfúrico por quase dois séculos. (Zumdahl, Steven S. 2009.)

O processo de John Roebuck para produção de ácido sulfúrico conseguia uma concentração a 65%. Melhorias posteriores ao processo da câmara de chumbo pelo químico francês Joseph Louis Gay-Lussac e o químico britânico John Glover melhoraram a concentração para 78%. Contudo, a produção de alguns corantes e outros processos químicos necessitavam de um produto mais concentrado. Ao longo do século XVIII, isso só foi possível com a destilação seca de minerais em uma técnica similar à processo alquímico. A pirita (dissulfeto de ferro, FeS_2) era aquecida no ar para produzir sulfato de ferro II FeSO_4 , que era subsequentemente oxidado por meio de aquecimento do ar para formar sulfato de ferro III, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, o qual, quando aquecido a $480\text{ }^\circ\text{C}$, decompunha-se em óxido de ferro III e trióxido de enxofre, que podia ser umidificado com água para produzir ácido sulfúrico em

qualquer concentração. Contudo, o custo deste processo proibia o uso de ácido sulfúrico concentrado em larga escala. (Zumdahl, Steven S. 2009.)

E 1831, o britânico comerciante de vinagre Peregrine Phillips patenteou o processo de contato, que era muito mais econômico para produzir trióxido de enxofre e ácido sulfúrico concentrado. Atualmente, quase todo o ácido sulfúrico mundial é produzido com esse método. (Chenier, Philip J. 1986)

2. OBJETIVO

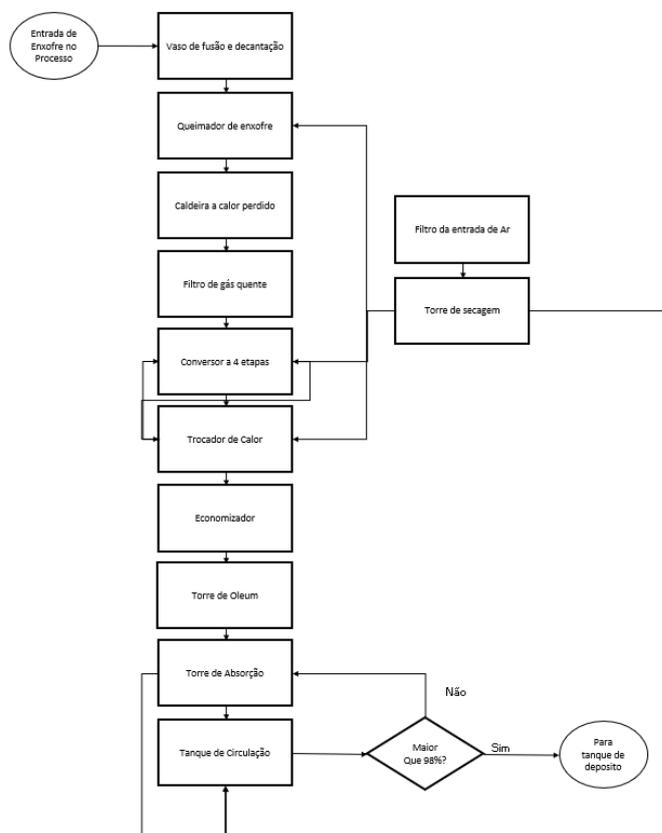
Descrever a produção do ácido sulfúrico detalhando as etapas do processo desde a entrada da matéria prima até o produto acabado quais operação envolvidas e o custo desse processo.

3. JUSTIFICATIVA

Aplicar o conhecimento teórico adquirido ao longo do curso de Graduação em Engenharia Química.

4. FLUXOGRAMA / MAPEAMENTO DO PROCESSO

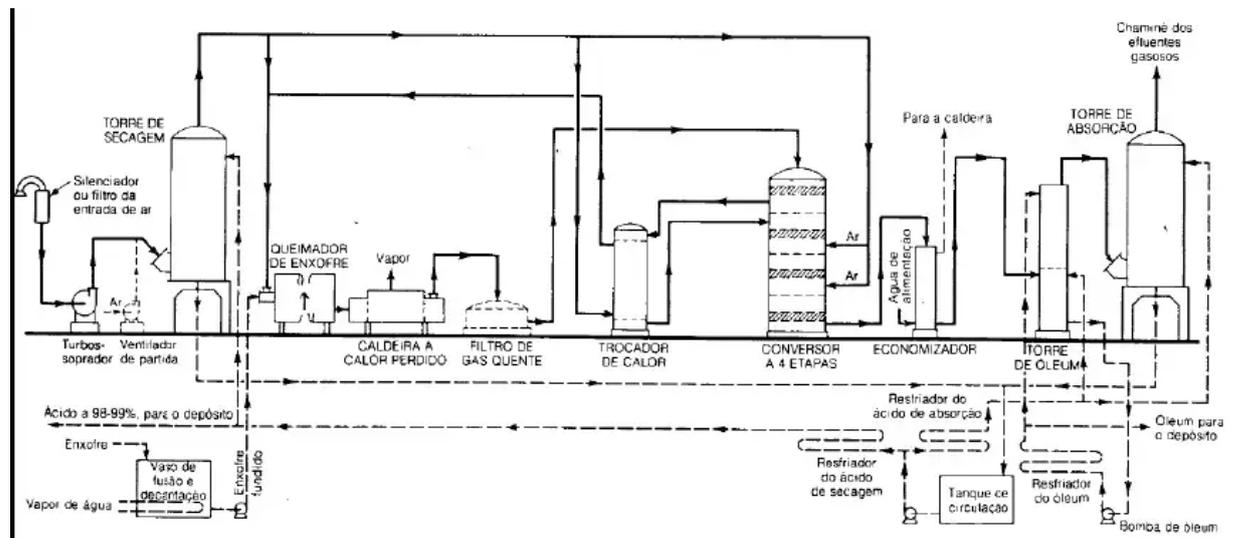
Figura 1 - Processo de produção de ácido sulfúrico



Fonte: Autoria própria.

5. Modelagem e simulação da produção

Figura 2 - Produção de ácido sulfúrico – (1) Entrada de Enxofre no processo, (2) Vaso de fusão e decantação, (3) Filtro da entrada de ar, (4) Torre de Secagem, (5) Queimador de enxofre, (6) Caldeira a calor perdido, (7) Filtro de gás quente, (8) conversor a 4 etapas, (9) Trocador de calor, (10) Economizador, (11) Torre de oleum, (12) Torre de absorção, (13) Tanque de circulação, (14) Ácido a 98 a 99% para o depósito.



Fonte: (ALMEIDA, Beatriz. 2022?.)

6. Operações unitárias

. Operação de mecânica: Transporte sólido (Enxofre) e Bombas para fluido do processo.

. Operação de Troca térmica: Trocador de Calor, condensação (torre de absorção), ebulição (Queimador), Evaporação (Caldeira a calor perdido).

7. Classificação dos sistemas

7.1 Sistema aberto:

Entrada de enxofre no processo, Vaso de fusão e decantação, filtro da entrada de ar, Torre de secagem e Torre de Absorção.

7.2 Sistema Fechado:

Queimador de enxofre, Caldeira a calor perdido, Filtro de gás quente, conversor a 4 etapas, trocador de calor, Economizador, Torre de oleum

7.3 Sistema isolado:

Nesse processo de produção não tem nenhuma etapa isolada do processo.

8. Análise dos equipamentos utilizados

Vaso de fusão e decantação: Medidor Vazão do fluido decantados em t/h

Filtro da entrada de ar: Medidor de pressão

Queimador de enxofre: Medidor de temperatura em °C

Caldeira a calor perdido: Medidor de temperatura e pressão da caldeira e vapor.

Filtro de gás quente: Medidor de temperatura °C e pressão PSI

Conversor a 4 etapas: Medidor de toneladas de gás da alimentação t/h

Trocador de calor: Medidor de temperatura ° e vazão PSI

Economizador: Medidor de vazão de água m³/h

Torre de absorção: Medidor de vazão e análise de concentração online.

Tanque de circulação: Análise em método gravimétrico para aferição do analisador online.

9. Controle de processos

Toda etapa do processo necessita controle online para melhor eficiência na operação, mas algumas etapas precisam ser analisadas em métodos alternativos em laboratório. Esses casos são:

Enxofre da alimentação: (Umidade, Acidez, Pureza, Cinzas e matéria orgânica)

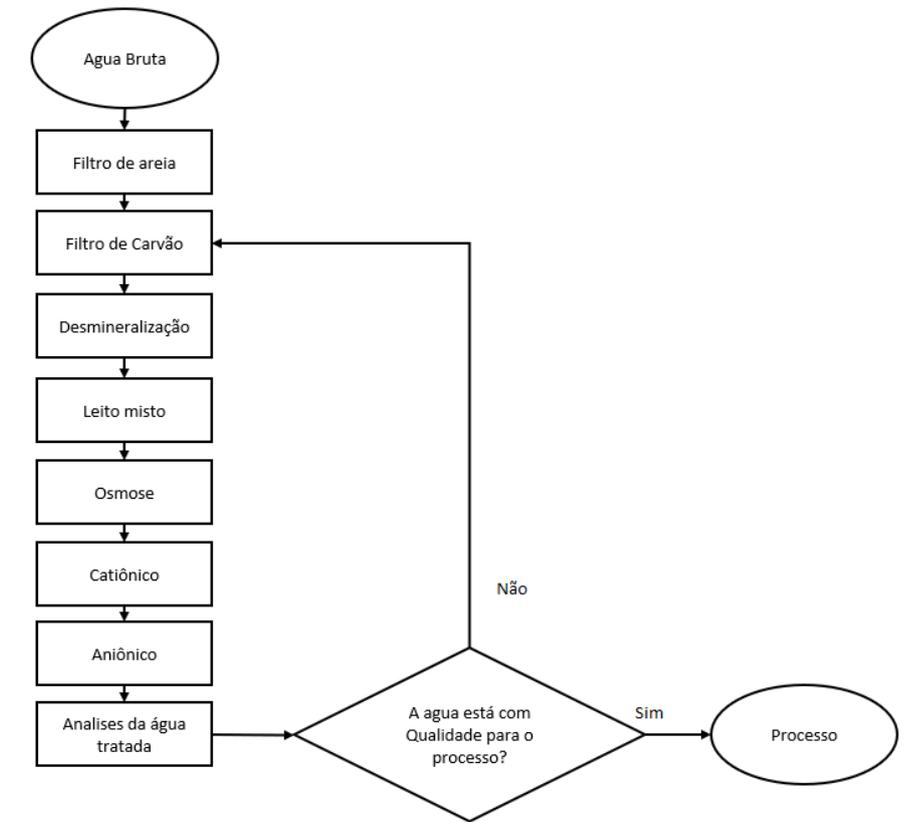
Água utilizada no processo: (pH, Condutividade, Dureza e Sílica)

Enxofre fundido: (Acidez ou Alcalinidade)

H₂SO₄ (Analisar concentração)

10. Tratamento de água

Figura 3 - Fluxograma do tratamento de Água



Fonte: Autoria própria.

Água Bruta: Capitada de Rios.

Filtro de Areia: Realizar a clarificação da água.

Filtro de Carvão: Remove cheiro e gosto

Início da etapa de desmineralização

Leito misto: Desmineralização por troca iônica

Osmose: Filtragem com diferentes filtros para reter os materiais dissolvidos na água.

Catiônica: Remover a dureza total presente na água

Aniônica: Utilizada na desmineralização

Análises da água tratada: Verificar a eficácia do tratamento

11. Tratamento de efluentes

Água desse processo não tem contaminantes prejudiciais ao meio ambiente pois é tratada no início do processo.

A borra do enxofre retirado do processo pode ser destinada para fabricação de ingredientes de nutrição animal.

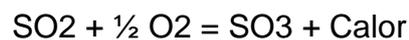
12. Análise termodinâmica química

$$K_{eq} = \frac{\text{Produto}}{\text{Reagente}}$$

$$K_{eq} = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}$$

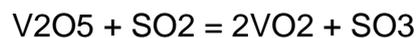
$$K_{eq} = \frac{[\text{H}_2\text{SO}_4]}{[\text{SO}_3] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$$

13. Análise de balanço de massa e energia



14. Análise de reatores homogêneos e heterogêneos

Nesse processo temos a etapa do conversor que por meio de uma reação com o catalizador temos a convertendo SO_2 em SO_3 conforme abaixo:



15. Análise de escoamento de fluidos

Nesse processo o tanque de fusão por meio gravimétrico decanta as cinzas e o enxofre sobre nadando e bombeado ao queimador com auxílio de bombas.

16. Dimensionamento do custeio do processo

DESCRIÇÃO

Matéria Prima: Enxofre (99,7%)

Produtos Químicos: Catalisador

Utilidades

Energia Elétrica kWh

Vapor d'Água (7kg/cm²) t

Vapor d'Água (35kg/cm²) t

Água Tratada m³

Água de Processo m³

Água de Resfriamento m³

Foi pesquisado o custo para fazer uma nova fábrica de ácido sulfúrico e achamos uma publicação em um site atualizado em 2022 a qual diz.

“O grupo químico Unigel anunciou nesta terça-feira a emissão de 500 milhões de reais em debêntures, com prazo de cinco anos, na primeira operação da companhia no mercado local. Com rentabilidade ao investidor de CDI + 2,1% ao ano, os papéis foram vendidos a fundos de investimento, em oferta coordenada por Itaú BBA e Safra. Em 2018, a Unigel fez sua primeira emissão de Bonds no mercado internacional. Em comunicado, a empresa afirmou que os recursos serão usados para investir na nova fábrica de ácido sulfúrico em Camaçari (BA), que terá capacidade de produzir 450 mil toneladas por ano, além de 50 mil toneladas de oleum e gerar energia na forma de vapor, que será usada nas plantas de estirâncios e fertilizantes no polo petroquímico da Bahia” (Reuters. 2022.)

17. CONCLUSÃO

Concluimos que o processo de produção de ácido sulfúrico muito rentável más o custeio dessa operação inicialmente e muito elevado e o retorno está estimado em um período de médio até 5 anos, com o valor estimado de produção 450mil/t em um ano de operação o saldo bruto com base no valor da tonelada de ácido Sulfúrico a \$536 dólares em nov/2022 seria de aproximadamente 1,28 Bilhões de reais.

18. REFERENCIAS

Karpenko, Vladimir and Norris, John A. (2001). Vitriol in the history of Chemistry, Universidade Carolina Disponível em:
https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_sulf%C3%BArico Acessado em:
03/11/2022.

Zumdahl, Steven S. (2009). Chemical Principles 6th Ed. [S.l.]: Houghton Mifflin Company. p. A23. ISBN 978-0-618-94690-7 Disponível em:
https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_sulf%C3%BArico. Acessado em:
03/11/2022.

Chenier, Philip J. (1986). Survey of industrial chemistry (em inglês). [S.l.]: Wiley. 422 páginas Disponível em:
https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_sulf%C3%BArico. Acessado em:
03/11/2022.

Almeida, Beatriz. Web. 2015. Disponível em:
<https://www.scribd.com/doc/262292312/Fluxograma-ACIDO-SULFURICO>. Acessado em: 07/11/2022.

Reuters, Alúcio Alves Da. Web. 2022. Disponível em
<https://economia.uol.com.br/noticias/reuters/2022/04/12/unigel-capta-r500-mi-em-debentures-para-investir-em-fabrica-de-acido-sulfurico.htm>. Acessado em:
14/11/2022.

SunSirs, Web. 2022. Disponível em: <https://sunsirs.com/pt/prodetail-236.html>. Acessado em: 15/11/2022.