

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA

Caio da Silva Bastos
Gabriel Theml da Costa



ANÁLISE DO MERCADO BRASILEIRO
DO CARBONATO DE SÓDIO VISANDO A PRODUÇÃO DE VIDRO

RIO DE JANEIRO

2023

Caio da Silva Bastos
Gabriel Theml da Costa

ANÁLISE DO MERCADO BRASILEIRO DO CARBONATO DE SÓDIO VISANDO A
PRODUÇÃO DE VIDRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Químico Industrial.

Orientador(es): Armando Lucas Cherem da Cunha

Rio de Janeiro

2023

CIP - Catalogação na Publicação

B327a Bastos, Caio Da Silva
ANÁLISE DO MERCADO BRASILEIRO DO CARBONATO DO
SÓDIO VISANDO A PRODUÇÃO DE VIDRO /
Caio Da Silva Bastos, Gabriel Theml da Costa. -- Rio de
Janeiro, 2023.
47 f.

Orientador: Armando Lucas Cherem da Cunha.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Química, Bacharel em Química Industrial, 2023.

1. Mercado. 2. Barrilha. 3. Carbonato de Sódio.
I. Cunha, Armando Lucas Cherem da, orient. II.
Título.

Caio da Silva Bastos
Gabriel Theml da Costa

ANÁLISE DO MERCADO BRASILEIRO DO CARBONATO DE SÓDIO VISANDO A
PRODUÇÃO DE VIDRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Química da Universidade Federal do
Rio de Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do grau de Químico
Industrial.

Aprovado em 18 de Dezembro de 2023.

Armando Lucas Cherem da Cunha, D.Sc., DPI/EQ

Gabriel Batalha Leoni, D.Sc., DPI/EQ

Luana Barros Furtado, D.Sc., DPO/EQ

Rio de Janeiro
2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a minha família por todo o apoio dado durante todo o período da faculdade, sem eles não conseguiria chegar até aqui. Em segundo lugar gostaria de agradecer a minha namorada Nathália, que sempre acreditou em mim e nunca deixou com que eu pensasse em desistir. Conhecer ela durante a faculdade fez com que eu me tornasse a pessoa que sou hoje. Ao meu amigo e irmão Caio, que esteve comigo em todos os momentos, bons e ruins, desde o início da faculdade e que eu tenho certeza de que caminharemos juntos, torcendo um pelo outro pelo resto da vida. Por último, gostaria de agradecer ao nosso orientador Armando, que além de nos ajudar sobre o tema deste presente artigo, foi o melhor professor que tive durante minha trajetória na Escola de Química da UFRJ. Armando, suas aulas são sensacionais, o jeito que você leciona é único e faz com que os alunos tenham vontade de sempre estarem presentes nas aulas.

Meus agradecimentos aos meus pais, que batalharam e se dedicaram durante anos para que eu pudesse ter a oportunidade de realizar meu sonho de ingressar e me formar em uma das melhores universidades públicas do Brasil. À minha parceira e namorada Juliana, que sempre esteve comigo nos melhores e piores momentos da minha formação, me dando todo o apoio e incentivo necessários, para que eu pudesse superar os obstáculos encontrados no meio do caminho. Aos meus familiares e amigos, em especial ao Gabriel, que divide não só este trabalho de conclusão de curso, mas também todos os momentos desde o início da graduação. Ao professor do ensino médio Rodrigo Tiosso, que fez com que eu me apaixonasse por química e despertasse meu interesse na área. À professora Luana Furtado, que foi minha professora e orientadora, na prática, durante o meu primeiro contato com projetos de iniciação científica, ensaios laboratoriais e pesquisa na faculdade. Por último, um agradecimento especial ao Armando, professor e orientador deste trabalho, que sempre foi uma referência dentro e fora de sala para mim, desde o método único de lecionar até o contato extraordinário com os alunos.

RESUMO

BASTOS, Caio Da Silva; THEML, Gabriel da Costa. **ANÁLISE DO MERCADO BRASILEIRO DO CARBONATO DE SÓDIO VISANDO A PRODUÇÃO DE VIDRO.** Rio de Janeiro, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar as diversas formas de obtenção de barrilha, considerando as suas diversas características físico-químicas, de acordo com o processo escolhido para sua produção. No decorrer do trabalho explicitam-se os diferentes gastos energéticos, financeiros, assim como impactos ambientais de alguns processos. Além disso, é realizada avaliação histórica da produção do referido insumo na indústria brasileira e a apresentação do panorama atual do consumo de tal matéria-prima em diversos setores fabris. Foi feito um levantamento estatístico através da ferramenta SISCOMEX, na qual são mostrados os principais produtores de barrilha no mundo e os países importadores. Através da ABIVIDRO e da ABRAVIDRO são reveladas algumas empresas fabricantes de vidro no Brasil, seus principais fornecedores e distribuidores de matéria-prima, além de dados recentes do mercado brasileiro de vidro. É demonstrado que o Brasil não possui nenhuma fábrica ativa de carbonato de sódio, tampouco espera-se a instalação de uma. Portanto, com as perspectivas futuras de crescimento das fábricas de vidro no Brasil, a demanda de importação de carbonato de sódio tende a aumentar, garantindo a eficiência energética do processo de fabricação de vidro.

Palavras-chave: Mercado. Barrilha. Carbonato de Sódio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma de produção de tubo de vidro pelo método de estiragem.	13
Figura 2: Parte interior de um forno contínuo.	14
Figura 3: Curvas de transições de estado de um sólido cristalino e do vidro.	15
Figura 4: Esquema das ligações dos átomos em um vidro de sílica.	16
Figura 5: Representação esquemática do efeito da adição de sódio ao vidro de sílica.	16
Figura 6: Diagrama de fases Na_2O e SiO_2	17
Figura 7: Processo Solvay.	20
Figura 8: Minério de Trona.	23
Figura 9: Processo de beneficiamento do minério de Trona.	24
Figura 10: Extração do minério de Trona no subsolo do Wyoming.	25
Figura 11: Lago Searles.	26
Figura 12: Lago Owens.	26
Figura 13: Álcalis – Cidade de Cabo Frio/no antigo Distrito de Arraial do Cabo – RJ.	28
Figura 14: Faturamento de vidros processados no Brasil.	32
Figura 15: Produção de vidros processados no Brasil.	33
Figura 16: Reservas naturais de barrilha no mundo, em 2022, em bilhões de toneladas.	36
Figura 17: Produção de barrilha natural no mundo, em 2022, em milhões de toneladas.	37
Figura 18: Importações de barrilha, de 1997 a 2023, em tonelada.	38
Figura 19: Importações de barrilha, de 1997 a 2023, dividida por países, em tonelada.	39
Figura 20: Produção de barrilha por tipo, em milhões de toneladas.	40
Figura 21: Exportações de barrilha, de 1997 a 2023, em tonelada.	41
Figura 22: Previsão da produção mundial de barrilha até 2030, em milhões de toneladas.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Filtros utilizados na pesquisa de importações, classificado por países.	30
Tabela 2: Filtros utilizados na pesquisa de exportações, classificado por países.....	31
Tabela 3: Principais empresas que comercializam barrilha no Brasil.	34
Tabela 4: Resultado da pesquisa de importações de barrilha classificada por países.	35
Tabela 5: Resultado da pesquisa de exportações de barrilha classificada por países.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIVIDRO	Associação Brasileira das Indústrias de Vidro.
ABRAVIDRO	Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos.
CAGR	Taxa de crescimento anual composta.
COMEX STAT	Estatísticas de Comércio Exterior.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
NCM	Nomenclatura Comum do Mercosul
SISCOMEX	Sistema Integrado de Comércio Exterior.
T_g	Temperatura de transição vítrea.
T_f	Temperatura de fusão cristalina.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 PROCESSO DE OBTENÇÃO DO VIDRO	13
3.2 PROCESSOS DE OBTENÇÃO DO CARBONATO DE SÓDIO	17
3.2.1 Processo de Extração Vegetal.....	17
3.2.2 Processos Sintéticos.....	18
3.2.2.1 <i>Processo Leblanc</i>	18
3.2.2.2 <i>Processo Solvay</i>	19
3.2.2.3 <i>Dual (processo Solvay modificado)</i>	22
3.2.3 Processo Mineral	23
3.3 O CASO ÁLCALIS.....	27
4. METODOLOGIA.....	29
4.1 PLAYERS DO MERCADO DE BARRILHA NO BRASIL.....	29
4.1.1 Indústrias de vidro no Brasil.....	29
4.1.2 Mercado de barrilha no Brasil	29
4.2 IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 MERCADO DE VIDRO NO BRASIL	32
5.2 MERCADO DE BARRILHA NO BRASIL	33
5.3 IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE BARRILHA.....	35
6. CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

O carbonato de sódio, conhecido popularmente como barrilha, é uma das matérias-primas mais importantes na indústria química, com diversas aplicações na fabricação de cerâmica, atuando como agente ligante e na produção de detergentes em pó, sendo um ótimo agente emulsificante, para remover sujeiras gordurosas e oleosas. Além disso, atua na neutralização de ácidos e em diversas sínteses de compostos inorgânicos, principalmente dos compostos de sódio, como o silicato e os fosfatos. O seu principal uso é pelas indústrias vidreiras, onde na fabricação de vidros ele atua como um agente fundente, fazendo com que diminua a temperatura de fusão da sílica. (PEREIRA, 2014).

O vidro é um produto inorgânico que, após fusão das matérias-primas, é resfriado até um estado rígido sem sofrer cristalização. Os principais componentes envolvidos no processo de fabricação de vidro vêm da natureza, existem em grandes proporções e são fáceis de extrair, garantindo um impacto ecológico mínimo (PEREIRA, 2014).

A barrilha fornece para a fabricação do vidro o óxido de sódio (Na_2O), que é classificado como um óxido modificador ou agente fundente. Agentes fundentes tem como função reduzir a temperatura de fusão e a temperatura de trabalho quando fundidos com os formadores de vidro (SiO_2 ou B_2O_3). Sozinhos, os agentes fundentes possuem redes regulares e repetidas, formando cristais, mas não podem formar vidro isoladamente. Entretanto, quando fundidos juntos com os óxidos formadores, auxiliam na fabricação do vidro. Ou seja, a barrilha tem o papel de diminuir a temperatura de fusão da sílica, principal componente do vidro, o que traz benefícios energéticos e, conseqüentemente, financeiros para o processo de fabricação. Esta característica explica muito de sua importância neste segmento.

Desde os tempos antigos até por volta dos anos de 1800, a produção de barrilha era feita por combustão da vegetação marinha e terrestre, seguido de calcinação e posterior lixiviação de cinzas. Este processo de obtenção de carbonato de sódio era muito primitivo e caro para a produção em larga escala, que exigia grandes quantidades de vegetação (THIEME et al., 2012).

A otimização deste processo só foi possível a partir de 1790, quando o químico e físico Nicolas Leblanc fez um modelo de processo industrial, sendo possível, desde então, produzir em larga escala. O processo, chamado de Leblanc, em homenagem ao seu inventor, consiste primeiramente na obtenção de sulfato de sódio a partir de cloreto de sódio e, em seguida, a reação entre o sulfato de sódio e o carbonato de cálcio, tendo como produto o carbonato de sódio (ARCHIBALD e CLOW, 1952).

A invenção desta rota de obtenção do carbonato de sódio marcou a história da Química Industrial, pois foi a partir dela que tivemos os dois primeiros processos químico-industriais, o de ácido sulfúrico e do carbonato de sódio (ADELIO A.S.C. MACHADO, 2009).

A fim de mitigar os riscos ambientais e desenvolver reações mais sustentáveis para a obtenção do carbonato de sódio, o Belga Ernst Solvay desenvolveu uma rota em que se utilizava outras matérias-primas e gerava menos subprodutos, o que, fez com que o método Leblanc caísse em desuso. A rota desenvolvida é conhecida como processo Solvay e foi o principal método de obtenção da barrilha até a descoberta da mineração.

Após descobertas de depósitos minerais contendo carbonato e bicarbonato de sódio, conhecidos como minério de Trona, o processo Solvay perdeu mercado, pois tornou-se comparativamente mais custoso em relação ao beneficiamento do mineral de Trona. Algumas plantas industriais, principalmente na América Latina, acabaram fechando. No Brasil, atualmente não há nenhuma planta industrial produtora de barrilha.

Devido à ausência de plantas produtoras de carbonato de sódio no Brasil somado a grande importância deste insumo para as diversas indústrias situadas no mercado brasileiro, viu-se a necessidade de entender o mercado brasileiro da barrilha com foco nas indústrias vidreiras.

2 OBJETIVOS

Este estudo visa avaliar o mercado nacional de barrilha e tem por objetivo apresentar as diversas formas de obtenção de carbonato de sódio e, a partir de uma pesquisa estatística dos diversos dados de produção e comércio global da barrilha, é realizada uma análise dos dados, demonstrando as principais potências produtoras e exportadoras do referido insumo ao Brasil, avaliando, desta forma, o mercado brasileiro e as perspectivas futuras.

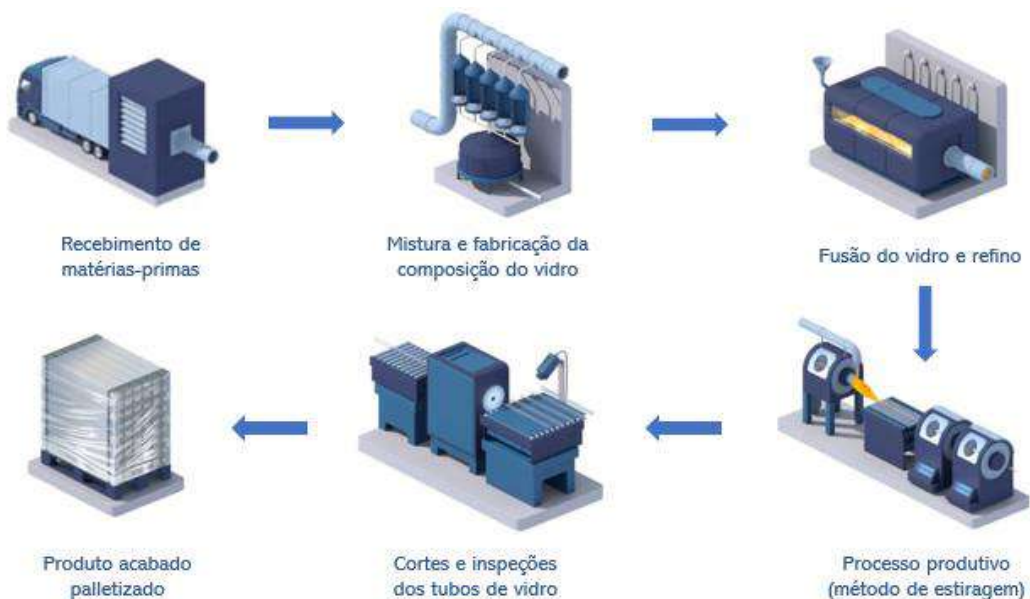
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PROCESSO DE OBTENÇÃO DO VIDRO

Descoberto em torno de 5.000 a.C., a produção de vidro somente se industrializou no século XX. O primeiro método de fabricação de vidro foi o trabalho artesanal individual. Hoje, com o avanço da tecnologia, tem-se diversos métodos de conformação diferentes para a fabricação dos produtos à base de vidro, dentre eles: sopro manual e automático (vidrarias de laboratórios, lâmpadas), prensagem (travessas, pratos, blocos), laminação (vidros planos), fibragem (fibras de vidro), centrifugação (cinescópio para televisão) e estiragem (tubos e bastões). Abaixo, é possível observar uma esquematização do processo de fabricação do vidro de um dos métodos citados anteriormente, o método de estiragem para a fabricação de tubos.

As etapas de um processo de fabricação de vidro são muito semelhantes entre os diferentes métodos de conformação, diferindo-se em sua grande maioria apenas nas etapas de “processo produtivo” e “cortes e inspeções”. No método demonstrado na figura 1, o vidro é estirado ou “puxado” em uma linha de produção horizontal, ao mesmo tempo em que recebe um sopro automático na saída do forno, para que ganhe a forma de um cilindro oco. Após o processo de estiragem, os tubos são cortados e recebem acabamentos de acordo com a especificação desejada (comprimento, diâmetro, espessura de parede, entre outras propriedades), passam por inúmeras inspeções e logo estão prontos para serem embalados.

Figura 1: Fluxograma de produção de tubo de vidro pelo método de estiragem.

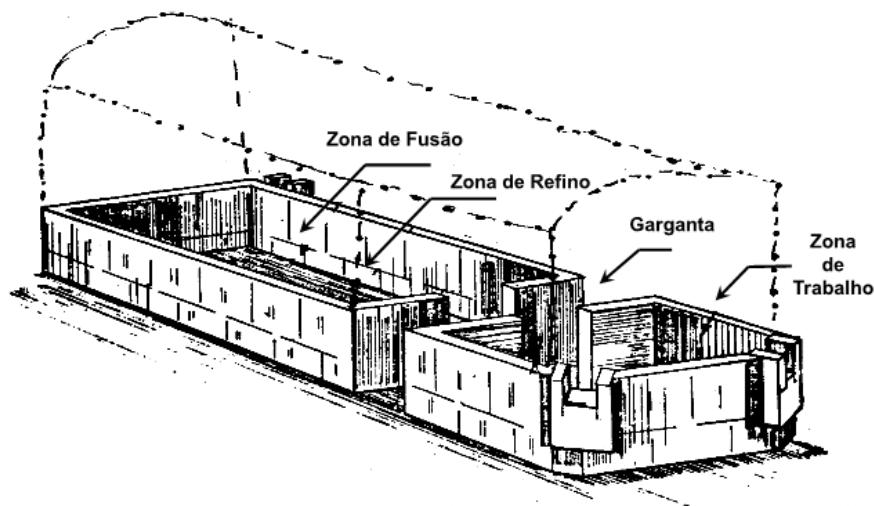


Fonte: Elaboração própria.

O processo de fabricação de vidro se resume em fundir todas as matérias-primas que foram previamente misturadas com cacos de vidro, atingindo altas temperaturas, normalmente entre 1500°C e 1650°C. Isso é feito para reduzir a viscosidade do vidro e conseguir, além de liberar as bolhas provenientes das reações químicas, conformar o vidro adequadamente, tornando-o economicamente viável. As matérias-primas que compõe o vidro podem ser classificadas em: vitrificantes ou formadoras de vidro (areia e bórax), fundentes (barrilha e feldspato), estabilizantes (alumínio, calcário e dolomita), afinantes (arsênico), oxidantes (nitrato de sódio, mais conhecido como salitre), redutores (carvão), colorantes (ferro, cromita, manganês) e os opacificantes (fluoreto de cálcio).

Para esse processo de fusão, utilizam-se fornos dos mais variados tipos, de acordo com a especificidade de cada processo de fabricação de vidro: fornos contínuos, fornos contínuos regenerativos, fornos contínuos recuperativos, fornos elétricos e fornos descontínuos. Os fornos, em sua grande maioria, são compostos por uma zona de fusão (região em que se iniciam as reações químicas entre os óxidos fundentes, estabilizadores e formadores), zona de refino (região em que ocorre a retirada das bolhas resultantes das reações químicas na zona de fusão) e zona de trabalho (região em que a temperatura é menor do que as zonas anteriores, para que o vidro possa ser conformado de acordo com a sua aplicação).

Figura 2: Parte interior de um forno contínuo.



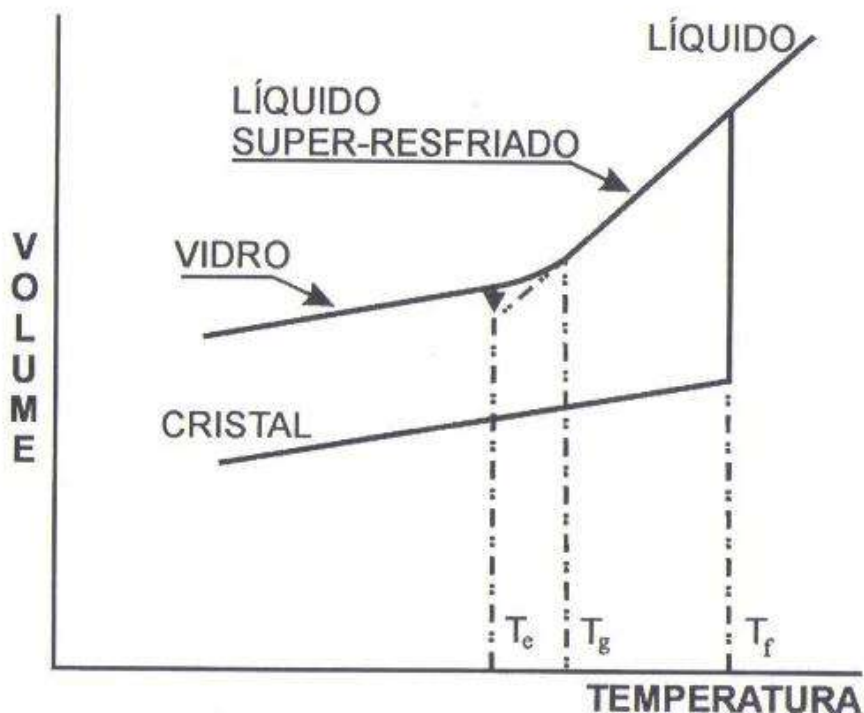
Fonte: Maia, 2003.

O vidro é conhecido por muitos como um material sólido, provavelmente devido as suas aplicações em nosso cotidiano como: janelas, lâmpadas, telas de computadores, celulares,

televisões, utensílios de cozinha, lentes, fibras de vidro, entre outras diversas formas de utilização. Porém, o vidro não possui estado físico definido (não é um sólido e não é um líquido), ele pertence a um estado particular da matéria chamado de estado vítreo.

Diferentemente dos materiais cristalinos, os materiais vítreos não possuem uma temperatura definida na qual o líquido se transforma em um sólido. Os vidros vão se tornando mais viscosos, continuamente, com a redução da temperatura e é possível observar apenas uma pequena inclinação na curva, chamada de T_g . Abaixo dessa temperatura, o material pode ser chamado de vidro, acima dela, o material é considerado um líquido super-resfriado e depois líquido, conforme mostra a figura 3.

Figura 3: Curvas de transições de estado de um sólido cristalino e do vidro.

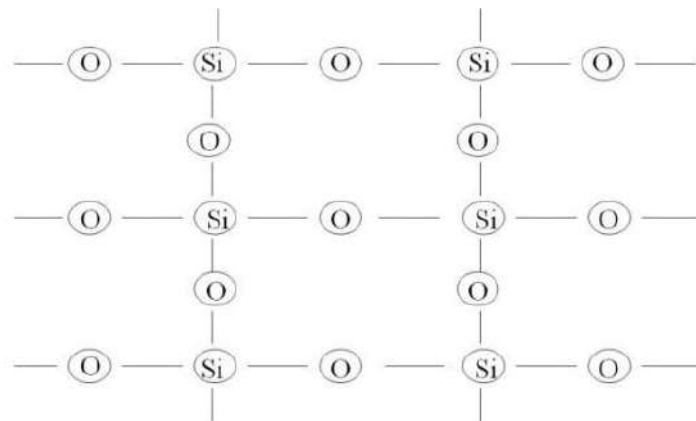


Fonte: Maia, 2003.

Um vidro constituído 100% de sílica é um material de altíssima resistência ao choque térmico e baixíssimo coeficiente de expansão, além de alta resistência química. Contudo, para se fabricar um “vidro de sílica” é necessário um gasto energético extremamente alto, isso porque o ponto de fusão da sílica (SiO_2) é acima de 1700°C . Além dos altos gastos energéticos, este vidro ainda seria muito viscoso, o que dificultaria o trabalho de conformação, tornando-o economicamente inviável para produção em larga escala.

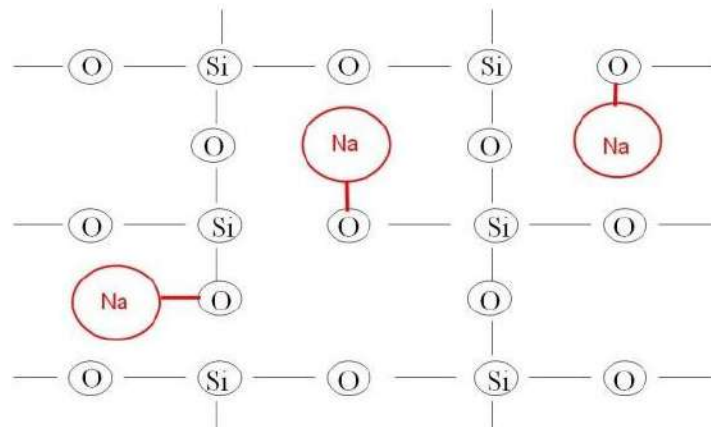
Para solucionar este fato, são incorporados na composição do vidro os agentes fundentes, óxidos alcalinos (Na_2O , K_2O , Li_2O), que possuem temperatura de fusão bem inferiores à da sílica. Sendo assim, estes óxidos se fundem primeiro, dando origem a um líquido agressivo que ataca e dissolve os grãos de sílica que ainda estão na fase sólida. Os óxidos alcalinos fazem ligação entre dois átomos de silício e, conseqüentemente, quebram essas ligações, possibilitando a obtenção de vidro abaixo do ponto de fusão da sílica. Este processo, portanto, faz com que a sílica possa ser fundida a temperaturas tecnologicamente viáveis, dando origem a um vidro que pode ser conformado nos diversos produtos que conhecemos.

Figura 4: Esquema das ligações dos átomos em um vidro de sílica.



Fonte: Wikividros, 2023.

Figura 5: Representação esquemática do efeito da adição de sódio ao vidro de sílica.

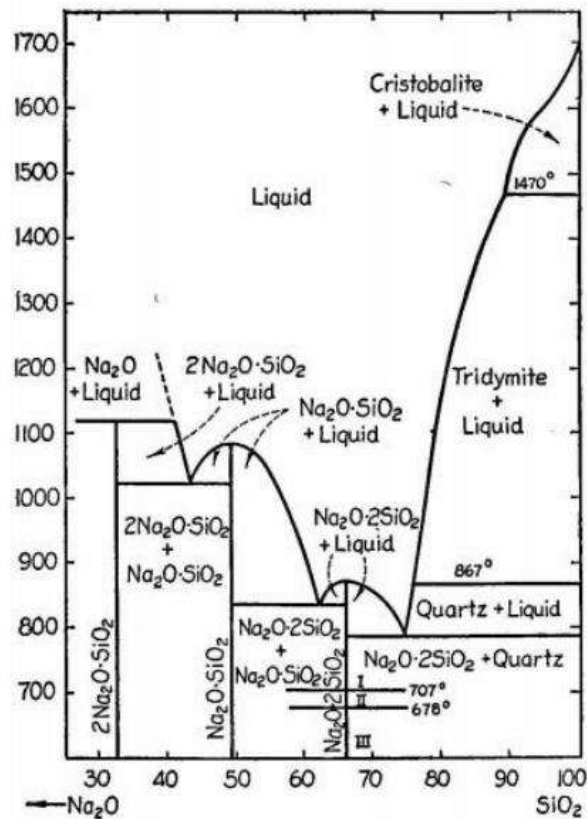


Fonte: Wikividros, 2023.

Através do diagrama de fases apresentado na figura 6, é possível observar a variação da temperatura de fusão da sílica de acordo com o gradiente de concentração $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$, o que mostra a eficiência do óxido de sódio, atuando como agente fundente, para diminuir a

temperatura de fusão do vidro de, aproximadamente, 1700°C (com 100% SiO₂) para temperaturas abaixo de 1000°C, de acordo com a concentração de Na₂O.

Figura 6: Diagrama de fases Na₂O e SiO₂.



Fonte: Verheijen, 2003.

A maior fonte de sódio é o carbonato de sódio (Na₂CO₃), popularmente conhecido como barrilha. O óxido de sódio (Na₂O) é o fundente mais utilizado devido a ter custos inferiores a outros alcalinos, como o K₂O ou o Li₂O. O K₂O pode ser obtido na forma de carbonato de potássio puro, ou através do feldspato, enquanto o Li₂O pode ser obtido na forma de carbonato de lítio puro, ou através do mineral espodumênio (MAIA, 2003).

3.2 PROCESSOS DE OBTENÇÃO DO CARBONATO DE SÓDIO

3.2.1 Processo de Extração Vegetal

Historicamente, o carbonato de sódio era produzido pela extração das cinzas de certas plantas, como a espanhola *barilla*. As plantas terrestres e as algas marinhas eram colhidas, secas

e queimadas, as cinzas eram então lavadas com água para formar uma solução alcalina. A solução era fervida até secar para produzir o produto carbonato de sódio (DUARTE, 2022).

A concentração de carbonato de sódio variava muito, de 2-3% para as algas marinhas a 30% para a barrilha de plantas terrestres (DUARTE, 2022). Com isso, era necessário a exploração de muitas áreas naturais para produção de um baixo volume de barrilha, o que não era sustentável, fazendo-se necessário o desenvolvimento de rotas alternativas de obtenção, tanto naturais quanto sintéticas.

3.2.2 Processos Sintéticos

Os principais e mais conhecidos processos sintéticos de obtenção de carbonato de sódio são o processo Leblanc e o processo Solvay. Além desses dois, existem outros processos não tão disseminados como, por exemplo, o processo Hou, do cientista chinês Hou Debang, criado na década de 1930, e um mais recente, processo Dual, também chamado de processo Solvay modificado (THIEME, 2012).

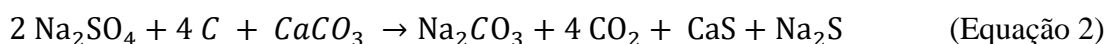
3.2.2.1 Processo Leblanc

O processo Leblanc ou cinza negra teve sua patente concedida no ano de 1791. Desenvolvida pelo médico francês Nicolas Leblanc, o carbonato de sódio foi produzido a partir de sal comum, ácido sulfúrico, carvão e calcário, e, atualmente, possui somente interesse histórico. O processo possui as seguintes etapas:

- 1) O cloreto de sódio reage com o ácido sulfúrico para produzir sulfato de sódio e ácido clorídrico.
- 2) O sulfato de sódio é então torrado com calcário e carvão, ambas fontes de carbono, resultando em uma mistura de carbonato de sódio e sulfeto de cálcio, que também é conhecida como cinza negra.

Essas etapas são baseadas nas reações químicas (Equação 1) e (Equação 2) demonstradas abaixo:





A mistura conhecida como cinza negra é então lixiviada com água para extrair o carbonato de sódio.

Este processo causava grandes danos ambientais e afetava a saúde das pessoas que moravam nas proximidades onde o processo ocorria, tendo em vista que dois dos subprodutos da reação, além do monóxido de carbono, são o ácido clorídrico e o sulfeto de cálcio. Este último é um sólido preto, insolúvel e de forte odor, que na época era depositado em aterros e que com a ação do tempo ia gradualmente liberando gás sulfídrico na atmosfera, gerando quantidades enormes de fumaça tóxica. A última fábrica que fornecia a barrilha através do método Leblanc foi fechada em 1923 (MACHADO, 2009).

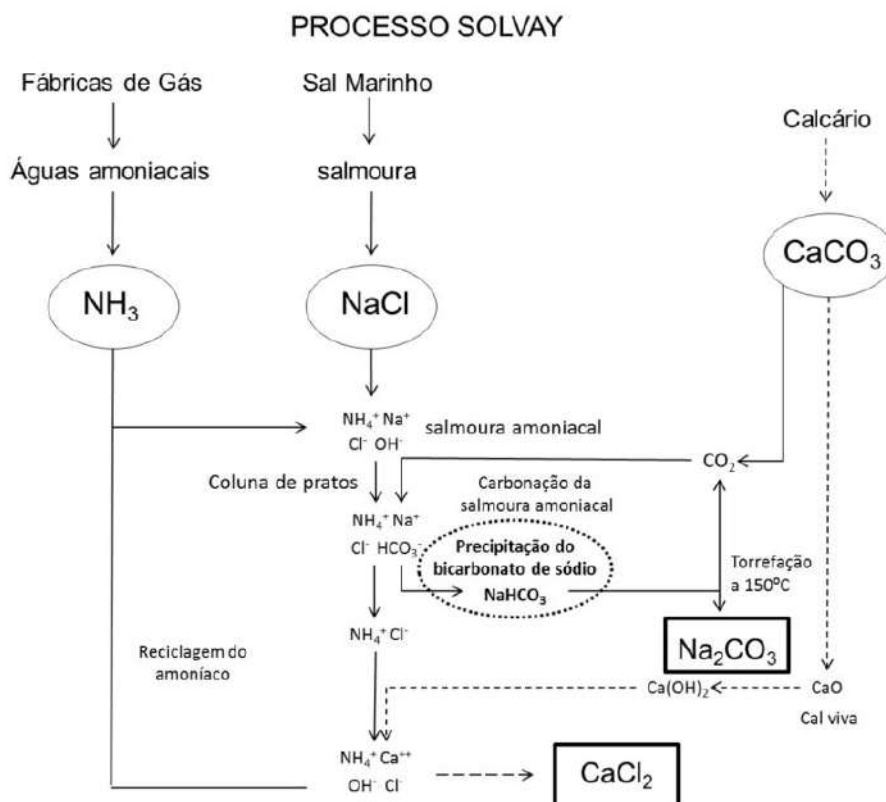
O processo Leblanc chegou a produzir na ordem de 280 mil toneladas/ano no Reino Unido por volta dos anos 1880, sendo um dos pilares da industrialização química europeia no século XIX. Todavia, ele nunca foi utilizado nos Estados Unidos, tendo em vista a industrialização tardia deste país, que utilizou desde o seu início o processo Solvay, que foi uma rota desenhada por Ernest Solvay em 1861, aperfeiçoando a obtenção do Carbonato de Sódio.

3.2.2.2 *Processo Solvay*

O processo Solvay também é conhecido como processo de amônia soda, tendo sido o mesmo desenvolvido pelo belga e químico industrial Ernest Solvay (1838 – 1922) e seu irmão Alfred em 1861. Este processo reduziu o custo operacional e o impacto ambiental, sendo a tecnologia mais aceita para a produção de carbonato de sódio sintético, porque os custos de investimento e manutenção são baixos em comparação com outros processos. O processo Solvay ainda é a rota de produção dominante para carbonato de sódio até os dias atuais (XAVIER, 2007).

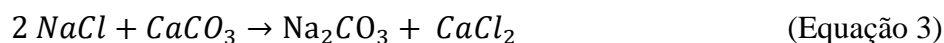
As matérias-primas básicas utilizadas neste processo incluem sal, calcário, coque ou gás natural, e amônia como reagente cíclico, ou seja, quase toda a amônia utilizada nas reações é recuperada e reciclada, como é possível visualizar no esquema da figura 7 abaixo.

Figura 7: Processo Solvay.



Fonte: Macedo, 2017.

Neste processo, a amônia reage com o dióxido de carbono e a água para formar bicarbonato de amônio. O bicarbonato de amônio reage então com o sal para formar bicarbonato de sódio, que é calcinado para formar carbonato de sódio. O cloreto formado como subproduto é neutralizado com cal para produzir cloreto de cálcio. O processo Solvay pode ser resumido pela reação química global abaixo (Equação 3), que envolve dois componentes principais que são cloreto de sódio e carbonato de cálcio (XAVIER, 2007).

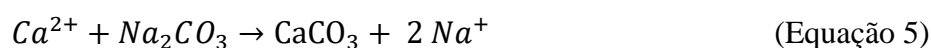
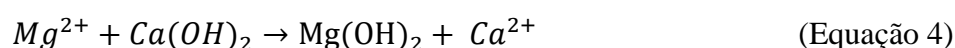


Entretanto, a reação acima não pode ser aplicada diretamente na prática. Assim, o processo Solvay necessita do uso de outras substâncias e de muitas etapas diferentes antes de chegar ao produto, conforme demonstrado pelas seguintes etapas:

A primeira etapa é a purificação da salmoura, onde deseja-se obter uma solução pura de cloreto de sódio, o qual é utilizado como matéria-prima no vidro e está disponível naturalmente, sendo frequentemente obtido pela mineração em depósitos de sal. A salmoura sempre contém impurezas inorgânicas, como sais de magnésio e cálcio, e algumas salmouras também contêm

sulfatos (MACEDO et al., 2017). Se estas impurezas não forem removidas, causam os seguintes problemas de produção: reação com álcalis e dióxido de carbono, produzindo sais insolúveis, e prejuízos à qualidade do carbonato de sódio produzido.

A purificação da salmoura é realizada pelo tratamento cal-soda. Nesse processo, os íons de magnésio são precipitados com hidróxido de cálcio (leite de cal) e os íons de cálcio são precipitados com carbonato de sódio. O processo cal-soda é dado pelas reações químicas (Equação 4) e (Equação 5):

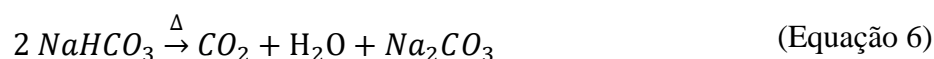


Após o processo de limpeza da salmoura, ela é transferida para os absorvedores de amônia gasosa, fazendo assim uma salmoura amoniacal. (MACEDO et al., 2017).

A salmoura rica em amônia é então bombeada para o topo de uma das colunas, enquanto dióxido de carbono vem do forno de cal ou da fase de calcinação para precipitar o bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$).

A suspensão de bicarbonato sai da fase de carbonatação à temperatura de 30°C. O gás nitrogênio e dióxido de carbono e amônia são expelidos das colunas da torre de cristalização e coletados antes de serem reciclados para o estágio de absorção (MACEDO et al., 2017).

A calcinação de bicarbonato é geralmente realizada em calcinadores rotativos aquecidos externamente com carvão, óleo, gás ou internamente com vapor. A decomposição térmica do bicarbonato bruto em carbonato é feita a uma temperatura de 180°C e libera dióxido de carbono, amônia e vapor de água. A reação principal é mostrada na Equação 6:



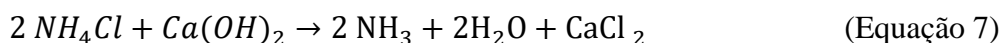
A temperatura de decomposição do bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) é 87,7°C.

Os gases removidos dos calcinadores rotativos contêm dióxido de carbono, amônia, água, grandes quantidades de carbonato de sódio e pó de bicarbonato. O gás é resfriado e lavado com salmoura e água para remover a amônia e condensar a água antes de ser utilizada na etapa de carbonatação. Os condensados formados são enviados para a etapa de destilação para recuperação da amônia (XAVIER, 2007).

Na etapa de recuperação de amônia, o licor filtrado contém cloreto de sódio não reagido, bicarbonato de sódio e amônia como carbonato de amônio, sendo possível a recuperação por

destilação seguida de absorção. Os compostos $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ e NH_4HCO_3 se decompõem completamente na temperatura entre 85°C e 90°C , liberando todo o dióxido de carbono e uma pequena parte da amônia da solução.

O Cloreto de Amônio (NH_4Cl) reage com leite de cal para liberar amônia, conforme a Equação 7:

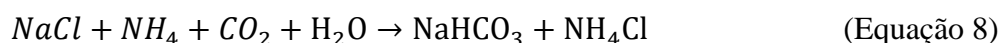


A reação acima ocorre após a decomposição térmica de $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ e NH_4HCO_3 para evitar a precipitação de carbonato de cálcio e a ingestão adicional de leite de cal. O gás de destilação que contém amônia e dióxido de carbono é resfriado a uma temperatura entre 55°C e 60°C no condensador e no pré-aquecedor do destilador (XAVIER, 2007).

3.2.2.3 *Dual (processo Solvay modificado)*

O processo DUAL, desenvolvido e operado no Japão, também é conhecido como processo Solvay modificado porque os produtores fizeram diversas modificações no processo Solvay original. Este processo, que teve seu uso comercial apenas em 1980, combina a produção de carbonato de sódio com a produção de cloreto de amônio. O cloreto de amônio produzido é cristalizado por resfriamento e pela adição de cloreto de sódio sólido, ao contrário do processo Solvay. A importância do processo DUAL no Japão se deve ao alto custo do sal-gema importado e ao uso do cloreto de amônio como fertilizante principalmente no cultivo de arroz. Existem várias fábricas que utilizam o processo DUAL em diversas partes do mundo, a maioria das fábricas está situada na China (SANTOS, 2019).

O processo DUAL utiliza principalmente sal (cloreto de sódio), dióxido de carbono e amônia como matéria-prima. Este processo não necessita de calcário, importante matéria-prima utilizada no processo Solvay. O cloreto de amônio é formado através da reação química (Equação 8):



A amônia é recuperada no processo Solvay. No processo Solvay modificado, o cloreto de amônio é retido, cristalizado e separado pela adição de cloreto de sódio. O bicarbonato de sódio é calcinado para formar carbonato de sódio em ambos os processos.

3.2.3 Processo Mineral

O carbonato de sódio natural é obtido a partir da mineração de jazidas naturais do minério de Trona. Esse minério pode aparecer como uma mistura de carbonato e bicarbonato de sódio monoidratados, como mostra a fórmula molecular $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot H_2O$ e, posteriormente, pode ser transformada no produto de interesse.

Figura 8: Minério de Trona.



Fonte: Wikipédia, 2023.

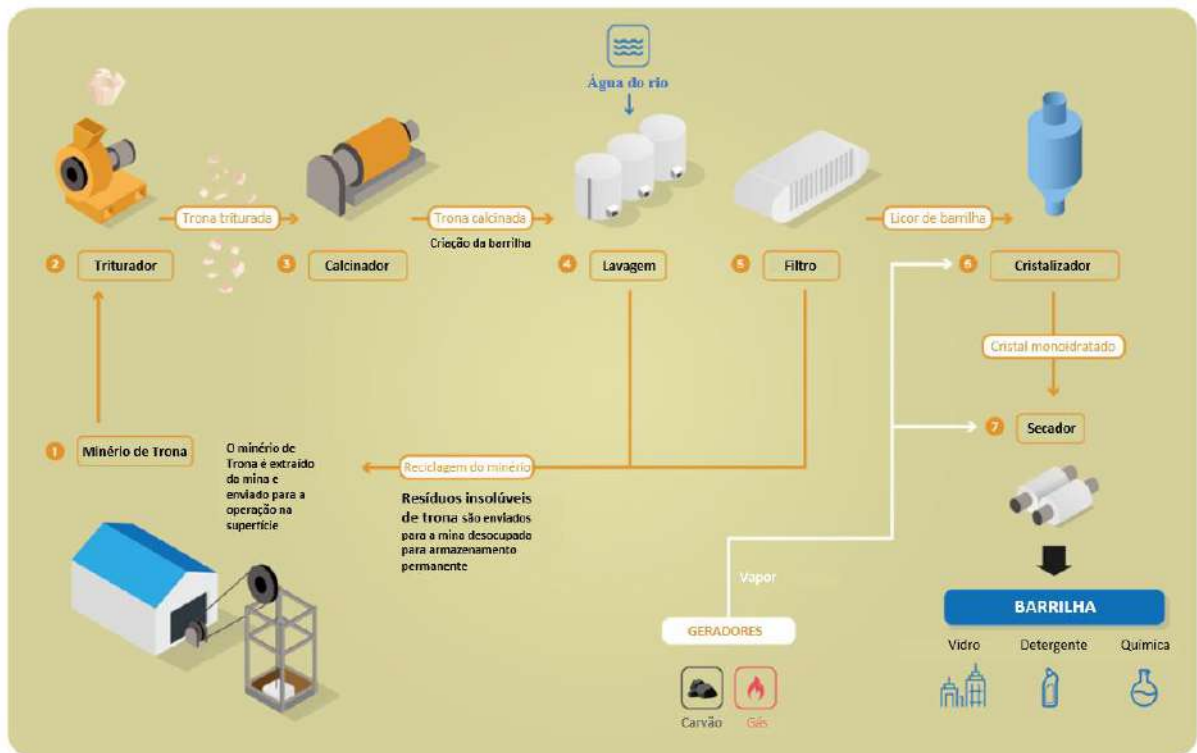
Há cerca de 50 milhões de anos, um lago sem litoral de 8.000 milhas quadradas, conhecido por Lago Gosiute cobria a maior parte da área de Green River, nos Estados Unidos. Devido à atividade vulcânica na área na época, milhares de metros de cinzas vulcânicas ricas em sódio (Na) foram depositadas no local. A matéria vegetal em decomposição no lago produziu uma quantidade excessiva de dióxido de carbono (CO_2). À medida que o clima da Terra mudou ao longo de milhões de anos, a variação da temperatura sob a superfície e a eventual evaporação do lago deu origem ao maior leito de Trona conhecido no mundo (WYOMING, 2023).

O minério de Trona pode ser extraído principalmente por meio de dois métodos: mecanicamente e por meio de mineração de solução. A mineração mecânica utiliza um minerador contínuo que remove o minério de trona do solo e o envia para a superfície por meio de correias transportadoras e elevadores de caçamba. A mineração de soluções é obtida bombeando água para o minério de Trona, dissolvendo-o para criar uma solução e bombeando-a novamente para a superfície.

Após chegar à superfície, o processo de beneficiamento do minério de Trona é similar tanto para o método mecânico quanto para o método de soluções, ou seja, os métodos só se

diferenciam nas etapas de extração. A Trona bruta, já na superfície é convertida em carbonato de sódio comercial por meio de um processo de purificação em várias etapas: trituração, peneiração e aquecimento em calcinadores para eliminação de impurezas. Ao final dessas etapas, a Trona bruta é transformada em carbonato de sódio bruto, que em seguida é dissolvido com a adição de água e a solução resultante é filtrada. Após a filtração e evaporação da água, forma-se uma pasta de cristais de carbonato de sódio purificado. Esta pasta passa por centrifugação para total separação dos cristais de carbonato de sódio da água, que passam por secadores rotativos e, por fim, estão prontos para serem comercializados.

Figura 9: Processo de beneficiamento do minério de Trona.



Fonte: Solvay, 2023.

Esse método tem uma recuperação média de mineração de 45%, enquanto a recuperação média da mineração de soluções é de 30%. Técnicas aprimoradas de mineração de soluções, como perfuração horizontal para estabelecer comunicação entre pares de poços, poderiam aumentar esta taxa de extração e permitir que as empresas desenvolvam leitos de trona mais profundos (SILVA, 2018).

Figura 10: Extração do minério de Trona no subsolo do Wyoming.



Fonte: ANSAC (2023).

O maior depósito de Trona do mundo está na Bacia do Rio Verde, no Wyoming (estado localizado no oeste dos Estados Unidos), fornecendo cerca de 90% de carbonato de sódio do país. Em um estudo realizado, em 1997, pela *U.S. Geological Survey*, a reserva total de Trona do Wyoming atingia cerca de 127 bilhões de toneladas, porém apenas 40 bilhões de toneladas poderiam ser recuperadas. De acordo com o *Wyoming Geological Survey*, as minas do Wyoming produziram mais de 633 milhões de toneladas de Trona desde 1949. No ritmo atual, os recursos de trona do Wyoming estão se esgotando a uma taxa de cerca de 15 milhões de toneladas por ano (8,3 milhões de toneladas de carbonato de sódio) e, ainda assim, de acordo com o *Wyoming Mining Association*, as reservas de Trona do Wyoming durarão mais de 2.000 anos.

Pelo menos 95 depósitos naturais de carbonato de sódio foram identificados no mundo, cujos recursos em apenas alguns foram quantificados. Além do Wyoming, jazidas naturais de minério de Trona podem ser encontradas no Salar de Macadicadi, em Botsuana; no Vale do Nilo, no Egito; no Lago Magadi, no Quênia; no Parque Nacional Etosha, na Namíbia e nos Lagos Searles e Owens, na Califórnia.

Figura 11: Lago Searles.



Fonte: NASA Earth Observatory (2005).

O Lago Searles é um lago seco, endorreico (que não tem saída para o mar), localizado no Vale Searles no Deserto de Mojave, no noroeste do condado de San Bernardino, na Califórnia. Já o Lago Owens é um lago quase seco, localizado no Vale Owens, no lado leste da Serra Nevada, no condado de Inyo, Califórnia. Esses dois lagos, juntos, contêm aproximadamente 815 milhões de toneladas de reservas de carbonato de sódio. Embora o carbonato de sódio possa ser fabricado a partir de sal e calcário, ambos praticamente inesgotáveis, o carbonato de sódio sintético é mais caro de produzir e gera resíduos ambientais, como explicitado no item 2.2.1 deste presente trabalho. (SILVA, 2018).

Figura 12: Lago Owens.



Fonte: Owens Valley, Owens Lake & Bartlett, CA (2023).

3.3 O CASO ÁLCALIS

Desde o primeiro mandato do ex-presidente Getúlio Vargas (1934-1945), um objetivo claro era desenvolver o país através da industrialização de materiais de base, e dentro desse pensamento, foram criadas as Companhia Vale do Rio Doce e a Companhia Siderúrgica Nacional. Para aprimoramento dessa industrialização de base, e tendo em vista uma demanda de importação de cerca de 30.000 toneladas/ano, foi feito um estudo para a criação de uma fábrica de álcalis sódicos para fabricação do Carbonato de Sódio e Soda Cáustica. Além disso, a importação desse primeiro insumo na época da primeira e segunda guerra mundial foi dificultada, aumentando o risco de desabastecimento das indústrias que necessitam desta matéria-prima. Sendo assim, na década de 1950, após diversos estudos de localização, considerando as fontes de matérias-primas, a Companhia Nacional de Álcalis começou a sair do imaginário e entrou na fase de execução dos projetos de engenharia, após os acertos de financiamento e assistência técnica, tendo sua primeira produção somente no ano de 1960, já no governo do ex-presidente Juscelino Kubitschek. A localização da fábrica foi decidida por ser no município de Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, com uma capacidade instalada de cerca de 100 mil toneladas de barrilha por ano. A companhia nunca fabricou Soda Cáustica, como era o desejo inicial de Getúlio Vargas

Já no ano seguinte à primeira produção de barrilha na Companhia Nacional de Álcalis, os trabalhadores reclamavam sobre o não pagamento de insalubridade e sobre a concorrência desleal que vinham enfrentando da barrilha que era importada, colocando em risco o funcionamento da empresa e os seus empregos, portanto exigiam a taxaço do insumo importado em 40%. Tendo isso em vista, foi estipulado pelo Decreto nº52.322, de 6 de Agosto de 1963(Portal da Câmara dos Deputados) que: ‘‘A liberaço do certificado de cobertura cambial para a importação de barrilha (carbonato de sódio ou soda) só poderá ser concedida pela Carteira de Câmbio do Banco do Brasil S.A., à vista da prévia licença dada pelo Ministério da Guerra, de acordo com os Decretos números 1.246, de 11 de dezembro de 1963, e 47.587, de 4 de janeiro de 1960.’’ e ‘‘A prévia licença, referida no artigo anterior, só será dada depois de comprovada a impossibilidade de fornecimento do produto pela Companhia Nacional de Álcalis, mediante declaração expressa por esta fornecida’’. Dessa forma, a produção do carbonato de sódio brasileiro pela Álcalis foi muito valorizada.

A companhia abastecia integralmente o mercado nacional de barrilha de alta qualidade, contribuindo para a poupança de divisas na ordem de 5 milhões de dólares ao ano, auxiliando, da mesma forma, a indústria brasileira de vidro a desenvolver-se ainda mais (G1, 2017).

A situação começou a ficar ruim quando, no ex-governo do presidente Fernando Collor (1990-1992), foi instaurado o decreto de nº 99.851 de 19 de dezembro de 1990 (Portal da Câmara dos Deputados) que dizia “Fica liberada a importação de carbonato de sódio (barrilha)”, revogando então o decreto supracitado e dificultando os interesses da Companhia Nacional de Álcalis de fornecer barrilha para o Brasil, tendo em vista que a importação de barrilha se tornaria mais viável economicamente do que a produzida localmente.

Após 13 meses da liberação da importação, a Álcalis foi incluída em um programa nacional de desestatização, portanto, no dia 16/07/1992 a Companhia Nacional de Álcalis foi privatizada e enfrentou diversos problemas de investimentos e de falta de manutenção das suas instalações, acarretando a parada de produção e posterior falência no ano de 2006. A grande maioria dos trabalhadores não tiveram suas indenizações pagas.

Figura 13: Álcalis – Cidade de Cabo Frio/no antigo Distrito de Arraial do Cabo – RJ.



Fonte: Classical Buses (2018).

4. METODOLOGIA

4.1 PLAYERS DO MERCADO DE BARRILHA NO BRASIL

4.1.1 Indústrias de vidro no Brasil

Para avaliar a indústria de vidro no Brasil, foi realizada uma pesquisa sobre os principais produtores de vidros brasileiros e, essa pesquisa foi iniciada através de consulta ao site da Abividro, na aba “Associados”, no qual foi encontrada a descrição “As indústrias do vidro associadas à Abividro”. Além disso, para realizar a busca de dados de produção e demais indicadores das indústrias de vidro no Brasil nos últimos meses, foram consultados os estudos mensais do “Termômetro Abravidro” e “Panorama Abravidro”, ambos disponíveis na plataforma da Abravidro, na aba “Mercado”.

O Panorama, criado em 2012 pela própria Associação, é o único estudo econômico e produtivo do setor de vidros no Brasil. O documento possui informações relevantes sobre o mercado vidreiro incluindo o funcionamento da cadeia produtiva vidreira, capacidade nominal de produção de vidros planos (indústrias de base) e dados da indústria de transformação, assim como os números da produção de vidro no país, faturamento e balança comercial internacional.

A Abravidro consolida os resultados divulgados pelas pesquisas realizadas por empresas convidadas com o apoio da GPM Consultoria Econômica, contratada para apurar todas as informações do setor vidreiro e relacioná-las com a Pesquisa Industrial Anual do IBGE, junto com as declarações da indústria de base realizadas à revista “O Vidroplano”.

A fim de complementar o estudo sobre tendências de crescimento das indústrias de vidro no Brasil, foi realizada também uma pesquisa na base google com o texto de busca “novos investimentos de indústrias de vidro no Brasil”. A partir dos resultados dessas pesquisas, diversas matérias relacionadas a investimentos e perspectivas de crescimento das indústrias de vidro no Brasil foram encontradas.

4.1.2 Mercado de barrilha no Brasil

A fim de encontrar os principais fornecedores de carbonato de sódio no Brasil, foram consultados o site da Abividro, na aba “Associados - Fornecedores” e as páginas oficiais de todos os fornecedores do referido insumo mencionados na página da Associação.

A partir dos resultados encontrados nos sites das empresas foi elaborada uma tabela detalhando as empresas que comercializam barrilha no Brasil, descrevendo qual a origem da empresa, qual o ramo de negócio, quais são seus fabricantes e a origem deles.

4.2 IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO

O estudo de mercado da barrilha no Brasil foi realizado através da análise de dados de importação e exportação do carbonato de sódio, a fim de entender a origem dessa *commodity* e qual o destino da barrilha que está saindo do Brasil. Esses dados foram extraídos do Comex Stat, portal de acesso gratuito às estatísticas de comércio exterior do Brasil e do Statista, plataforma online alemã especializada em coleta e visualização de dados.

No portal Comex Stat, o detalhamento da pesquisa foi dividido entre dados de importação e exportação da barrilha (carbonato dissódico anidro) entre os anos de 1997 até 2023 (os dados obtidos do ano de 2023 foram apenas até o mês de outubro, visto que a pesquisa foi realizada em novembro de 2023). Todos os filtros utilizados para cada pesquisa serão detalhados nas tabelas 1 e 2 (valores retirados do portal Comex Stat em quilograma e convertidos para tonelada para facilitar a visualização dos dados e gráficos).

Tabela 1: Filtros utilizados na pesquisa de importações, classificado por países.

Opção	Opção selecionada
Ano inicial	1997
Ano final	2023
Tipo de consulta	Geral
Tipo de operação	<u>Importação</u>
Tipo de ordenação	Valores
Filtros	NCM
NCM	28362010 – Carbonato dissódico anidro
Detalhes	NCM; País
Valores	Quilograma Líquido

Fonte: Elaboração própria. Dados retirados do portal Comex Stat.

Tabela 2: Filtros utilizados na pesquisa de exportações, classificado por países.

Opção	Opção selecionada
Ano inicial	1997
Ano final	2023
Tipo de consulta	Geral
Tipo de operação	<u>Exportação</u>
Tipo de ordenação	Valores
Filtros	NCM
NCM	28362010 – Carbonato dissódico anidro
Detalhes	NCM; País
Valores	Quilograma Líquido

Fonte: Elaboração própria. Dados retirados do portal Comex Stat.

Já na plataforma Statista, a pesquisa foi realizada utilizando os termos “*soda ash*”, “*sodium carbonate*” e “*soda ash production*”. Para essas pesquisas, mais de 40 resultados de gráficos com dados estatísticos relacionados à volume de produção de barrilha natural por país, reservas naturais de barrilha por país, volume de produção de barrilha por tipo (natural ou sintética) no mundo, volume de mercado global de barrilha, entre outros dados foram obtidos. Os resultados mais relevantes para o contexto desse trabalho foram destacados e serão apresentados e discutidos no item 5.

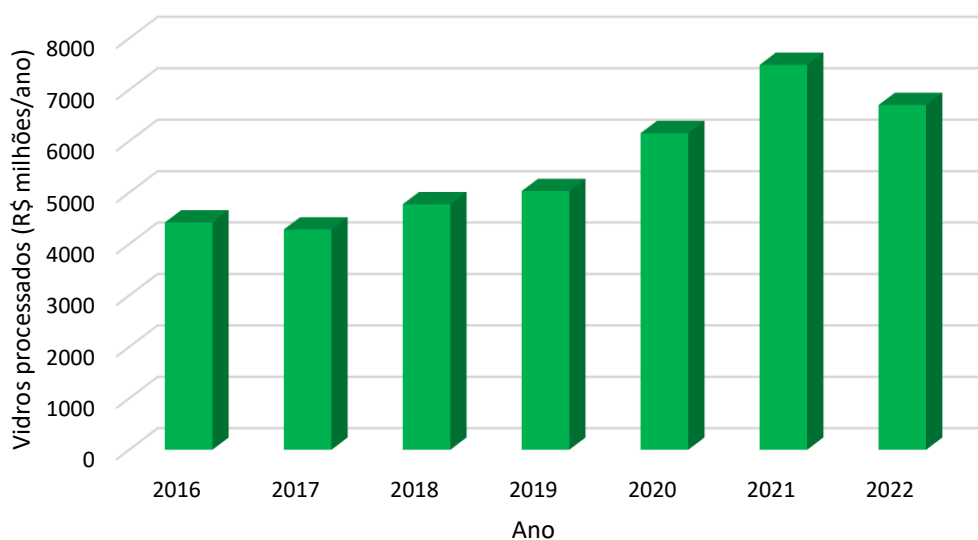
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MERCADO DE VIDRO NO BRASIL

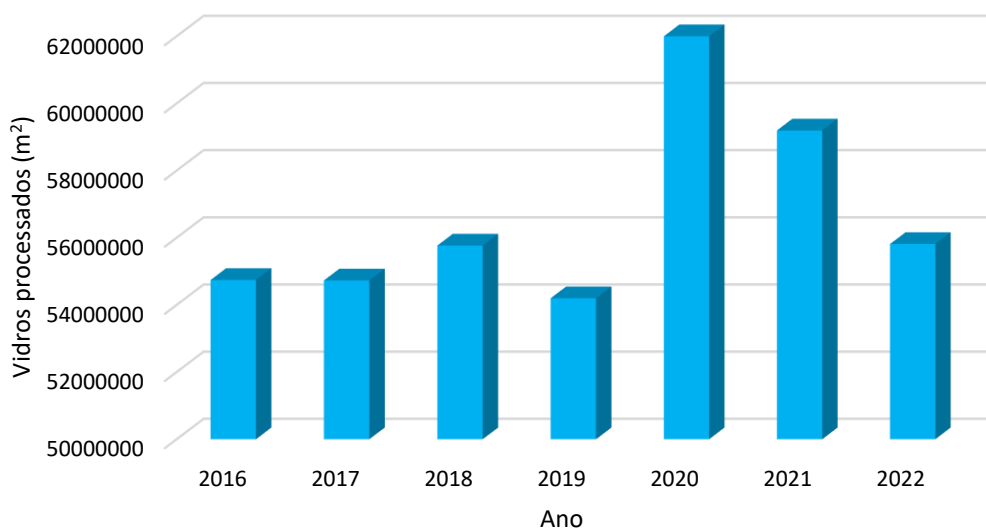
Hoje, no Brasil, o principal destino do carbonato de sódio, como mencionado ao longo deste trabalho, é a indústria de vidro. Verificou-se que as maiores produtoras de vidro são: AGC, Cebrace, Guardian Brasil, Pilkington Brasil, Schott Flat Glass, Vivix Vidros Planos, no ramo de vidros planos; Nadir Figueiredo, Owens-Illinois Glass, Schott do Brasil, Verallia, Vidraria Anchieta, Vidroporto, Wheaton, com a produção dos chamados “vidro oco” (garrafas, tubos, embalagens farmacêuticas) e a Owens Corning, com os vidros técnicos.

A demanda global por produtos de vidro, incluindo garrafas, janelas, vidros automotivos e embalagens farmacêuticas, está em constante crescimento. Mesmo durante dois difíceis anos para o mercado vidreiro, marcados por uma retração na demanda após o período de ascensão durante a pandemia, os números de 2021 e 2022 das indústrias de vidro são positivos e mostram tendências de crescimento, como pode ser observado através dos gráficos de faturamento, em milhões de reais (figura 14) e de produção, em m², (figura 15) de vidros processados, de 2016 até 2022.

Figura 14: Faturamento de vidros processados no Brasil.



Fonte: Elaboração própria. Dados retirados do Panorama Abravidro.

Figura 15: Produção de vidros processados no Brasil.

Fonte: Elaboração própria. Dados retirados do Panorama Abravidro.

Essa tendência pode ser confirmada pela fala do Presidente da Abravidro, José Domingos Seixas, no Panorama Abravidro em 2021: “Apesar de todos os desafios, temos resultados positivos: a produção de vidros processados cresceu 14,4% e o temperado, nosso principal produto, registrou um salto de 17,1%”.

De acordo com a publicação do jornal Diário dos Campos, conhecido como DCmais, portal de notícias de Ponta Grossa e Paraná, a multinacional americana Owens-Illinois (O-I Glass) deve construir, em breve, uma fábrica de garrafas em Ponta Grossa. A maior produtora de embalagens de vidro do mundo comprou um terreno no Distrito Industrial e já iniciou os processos burocráticos para a construção, porém ainda não se possui a data estimada de inauguração e nem a capacidade produtiva instalada. Assim como a DCmais, o portal A rede negócios também publicou uma matéria no mesmo mês, ratificando o investimento da Owens-Illinois de cerca de R\$ 1 bilhão para construção de uma nova fábrica de vidros. O município de Ponta Grossa possui um polo industrial de embalagens bastante diversificado, incluindo multinacionais como a Tetra Pak, Crown, B.O. Packaging, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), entre outras.

5.2 MERCADO DE BARRILHA NO BRASIL

Como mostrado na tabela 3, pode-se concluir que não há mais produção de barrilha no território brasileiro após o fechamento da Álcalis. Atualmente, as principais empresas de barrilha que atuam no Brasil são, em sua totalidade, distribuidores e *trading companies*.




Após pesquisas realizadas sobre as empresas de barrilha atuantes no Brasil, algumas delas mereceram destaque, como a Continental Industries Group, representante exclusiva do Grupo Ciner (Turquia) no Brasil para o fornecimento de barrilha, atendendo a indústria vidreira, química e de produtos de limpeza. A Continental está presente em todo o mundo nos seguintes locais: Brasil, Colômbia, México, Estados Unidos, Espanha, Turquia e China, países estratégicos para a comercialização e distribuição de carbonato de sódio.

Uma das líderes de distribuição local, a Manuchar Comércio Exterior LTDA, detém armazéns em locais estratégicos no Brasil (Santos, Recife e Imbituba), onde mantém estoques de barrilha densa. Essa atende aos clientes da indústria vidreira de forma mais esporádica, visto que são representantes da Solvay e a barrilha é suprida diretamente pela fabricante belga para as empresas deste ramo. O grupo Solvay possui fábricas de barrilha leve em vários países como Espanha, Alemanha, Itália, Bulgária e Ásia, além de fabricar a barrilha densa nos Estados Unidos. (FAIRBANKS, 2020).

A Natrio, recentemente conhecida como SCS Comercial e Serviços Químicos, começou a operar inicialmente no Brasil, assim como as demais, no ramo de logística e distribuição de carbonato de sódio. Hoje, o grupo Natrio tem operações na Colômbia, Austrália e China, com a distribuição de barrilha.

Na tabela apresentada a seguir, foram organizadas as informações das principais empresas de barrilha no Brasil.

Tabela 3: Principais empresas que comercializam barrilha no Brasil.

Empresa	País de origem da empresa	Ramo	Fabricante	País de origem do fabricante
	Estados Unidos	Distribuidora	Kazan Soda (Grupo Ciner)	Turquia
	Bélgica	Distribuidora	Solvay	Bélgica
	Brasil	Distribuidora	Ansac (Genesis Alkali)	Estados Unidos

Fonte: Elaboração própria.

Além das empresas citadas, existem outras pequenas distribuidoras que atendem outros nichos de mercado, que não as indústrias de vidro como, por exemplo, a Basequímica que importa barrilha da China, comercializando tanto a densa quanto a leve.

5.3 IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE BARRILHA

A versatilidade e o custo-benefício da barrilha a tornam uma *commodity* muito procurada no mercado global. Assim sendo, fez-se necessário a análise dos dados de importação e exportação desta matéria-prima, que serão discutidos abaixo.

Através dos dados de importação da barrilha, de acordo com a tabela 4, é possível evidenciar que os principais exportadores de carbonato de sódio para o Brasil são os Estados Unidos, que desde 1997 até 2023 consolidou um domínio no mercado de barrilha brasileiro com cerca de 64% do total de entregas, seguida da Espanha, com o histórico de exportação de 19% do total e, Turquia com 10%.

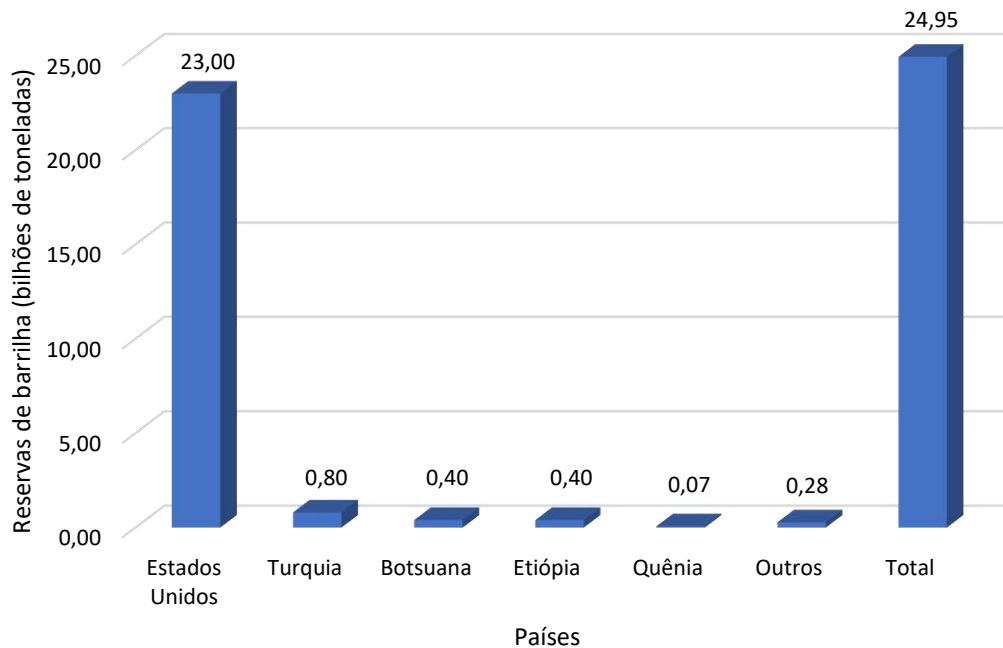
Tabela 4: Resultado da pesquisa de importações de barrilha classificada por países.

Países	Quantidade (tonelada)
Estados Unidos	15.215.102
Espanha	4.383.381
Turquia	2.335.488
Bulgária	457.706
China	380.746
Bélgica	208.160
Rússia	178.106
Argentina	143.564
Romênia	139.285
Outros	183.129

Fonte: Elaboração Própria. Dados retirados do portal Comex Stat.

O domínio dos Estados Unidos entre os países que exportam barrilha para o Brasil não é surpresa, já que este é o maior detentor mundial de reservas naturais de minério de Trona, somando aproximadamente 92% de toda a reserva natural de barrilha no mundo, conforme representado na figura 16.

Figura 16: Reservas naturais de barrilha no mundo, em 2022, em bilhões de toneladas.



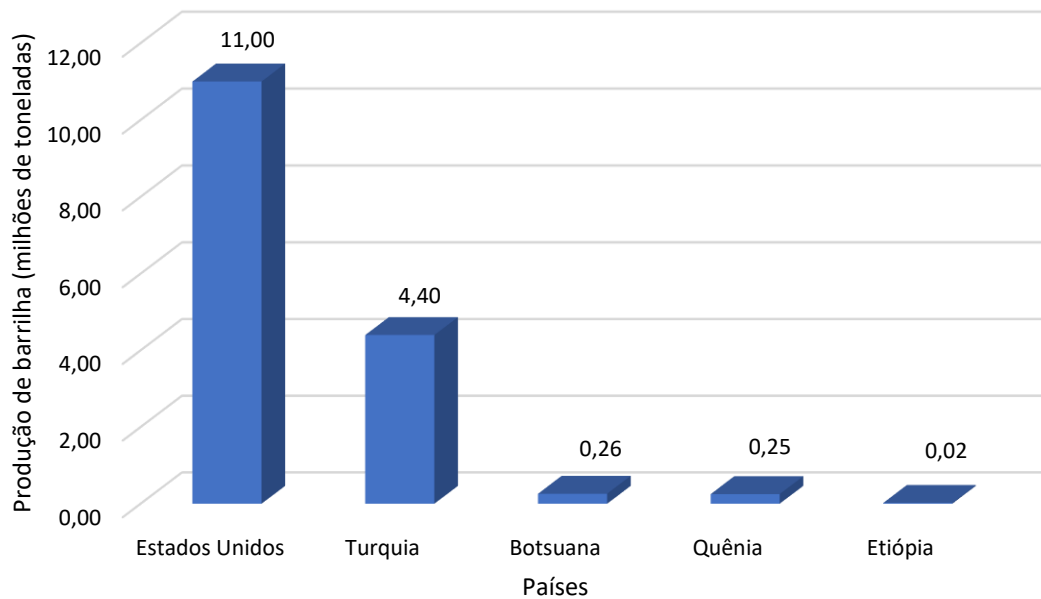
Fonte: Elaboração Própria. Dados retirados da plataforma Statista.

Com uma das economias mais desenvolvidas do mundo, contando com o poder tecnológico, somado a mão de obra qualificada, os Estados Unidos aproveitam de seus recursos naturais e se torna o maior produtor de barrilha natural do mundo, acompanhado da Turquia, que também possui boas condições operacionais para beneficiar o minério de Trona e torná-lo comercializável.

Apesar de os países Botsuana e Etiópia possuírem metade das reservas naturais de Trona em relação a Turquia, é possível perceber que a produção destes países é muito menor se comparado com o país Turco, demonstrando falta de mão-de-obra qualificada, tecnologias de ponta, incentivos políticos e dificuldades geoeconômicas.

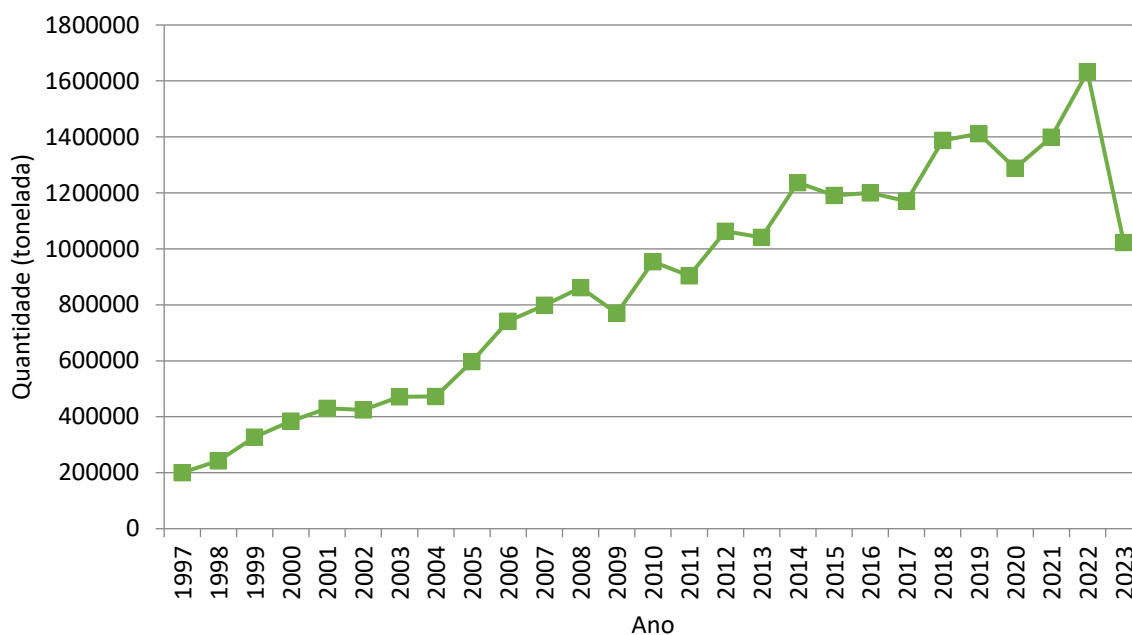
Estes fatos podem ser observados através da figura 17.

Figura 17: Produção de barrilha natural no mundo, em 2022, em milhões de toneladas.



Fonte: Elaboração Própria. Dados retirados da plataforma Statista.

Além da análise de importações e exportações de barrilha, classificada por países, também foi realizada uma análise geral de toda a quantidade de barrilha importada, separadas por ano. Dessa forma, foi possível observar, conforme demonstrado na figura 18, o crescimento das importações ao longo do tempo, principalmente a partir do ano de 2004, quando a Companhia Nacional de Álcalis, única indústria produtora de barrilha no Brasil, começava a demonstrar fraqueza, enfrentando diversos problemas de investimentos e de falta de manutenção das suas instalações após sua privatização, levando ao seu fechamento dois anos depois, em 2006. Através deste gráfico, é possível corroborar a importância da empresa para o desenvolvimento do país. Hoje, o Brasil depende exclusivamente da importação de barrilha, para suprir as necessidades das indústrias de vidro, detergentes, sabão, têxteis e outras indústrias químicas.

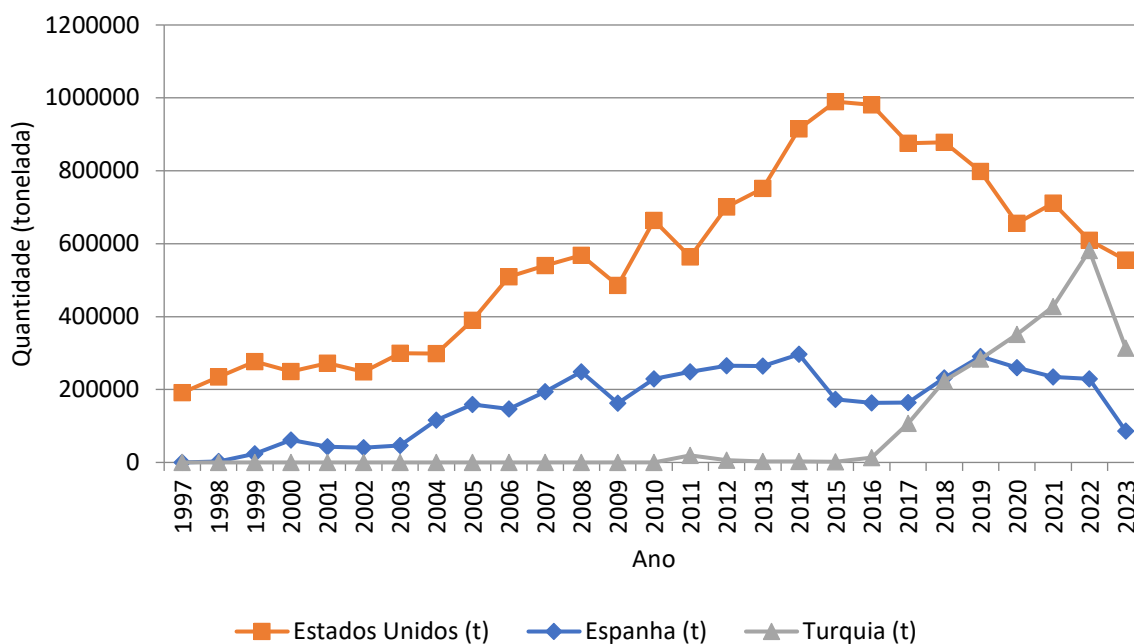
Figura 18: Importações de barrilha, de 1997 a 2023, em tonelada.

Fonte: Elaboração Própria. Dados retirados do portal Comex Stat.

Depois de aumentar a capacidade de carbonato de sódio natural durante os últimos anos, a capacidade total de produção na Turquia foi estimada entre 4 milhões e 5 milhões de toneladas por ano, e os embarques de carbonato de sódio na Turquia, especialmente para exportação, têm aumentado durante os últimos anos. As importações totais dos Estados Unidos, principalmente da Turquia, têm sido recentemente de cerca de 100.000 toneladas por ano, o que representa mais que o dobro da quantidade média das importações anuais durante a última década (BOLEN, 2023).

Como pode ser observado no gráfico dividido por país (figura 19), a partir do ano de 2018 verifica-se um aumento das importações da barrilha da Turquia. Isso deve-se ao fato de que o grupo Ciner ampliou sua produção, com a abertura da unidade da Kazan Soda Electric em janeiro de 2018, permitindo que sua produção fosse exportada. Anteriormente o grupo atendia somente o mercado interno com a fábrica da Eti Soda. A expectativa do grupo com a abertura dessa nova unidade é de atender a demanda de barrilha natural no mundo em 14%. Por outro lado, a importação da barrilha dos Estados Unidos apresentou queda natural, tendo em vista que não houve um aumento substancial da demanda desse insumo, que pode ser corroborado pela figura 19.

Figura 19: Importações de barrilha, de 1997 a 2023, dividida por países, em tonelada.

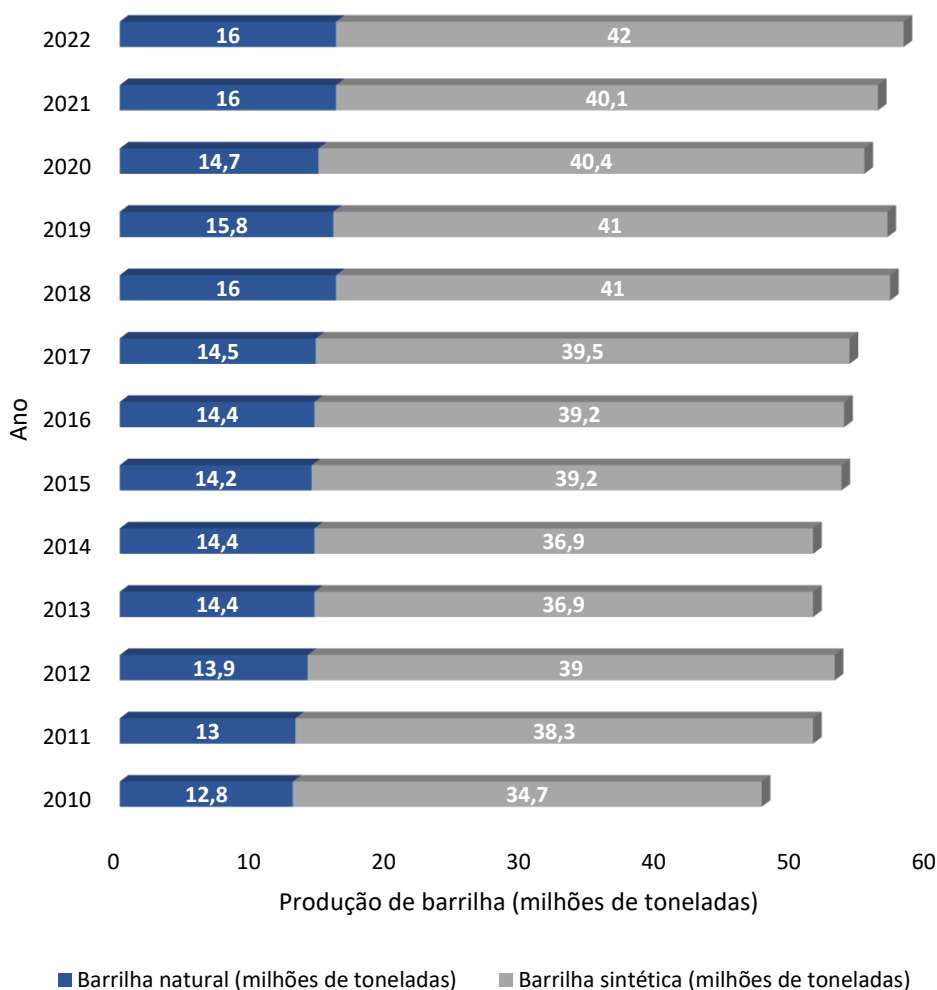


Fonte: Elaboração Própria. Dados retirados do portal Comex Stat.

Apesar da Espanha não possuir reservas de minérios de Trona, é possível observar que ela é o segundo maior país exportador deste insumo para o Brasil. Isso se deve por conta da grande produção de barrilha sintética neste país. A Espanha, com a planta de Torrelavega (Cantábria), produz soda cáustica e carbonato de sódio desde 1908 através do processo sintético Solvay.

Apesar da grande quantidade de minérios de Trona em todo o mundo, o processo de obtenção de barrilha sintética ainda é predominante, como se pode observar na figura 20, tendo a China como o principal produtor deste tipo de barrilha no ano de 2022. No mercado brasileiro, a participação de barrilha sintética gira em torno de 5% do total, com cerca de 70 mil toneladas por ano. Isso deve-se ao fato da barrilha sintética (leve) ser mais cara do que quando comparada com a natural (densa), devido a sua baixa densidade, com granulometria muito fina, sendo necessários altos cuidados com a embalagem, aumentando o custo deste material. Utilizada em sua maior proporção no mercado de produção de vidro no Brasil, sendo nomeada barrilha vidreira, a importação da barrilha densa para este segmento chega a 55%, de modo que 25% são para o mercado de detergentes em pó e 15% para outros produtos químicos (FAIRBANKS, 2020).

Figura 20: Produção de barrilha por tipo, em milhões de toneladas.

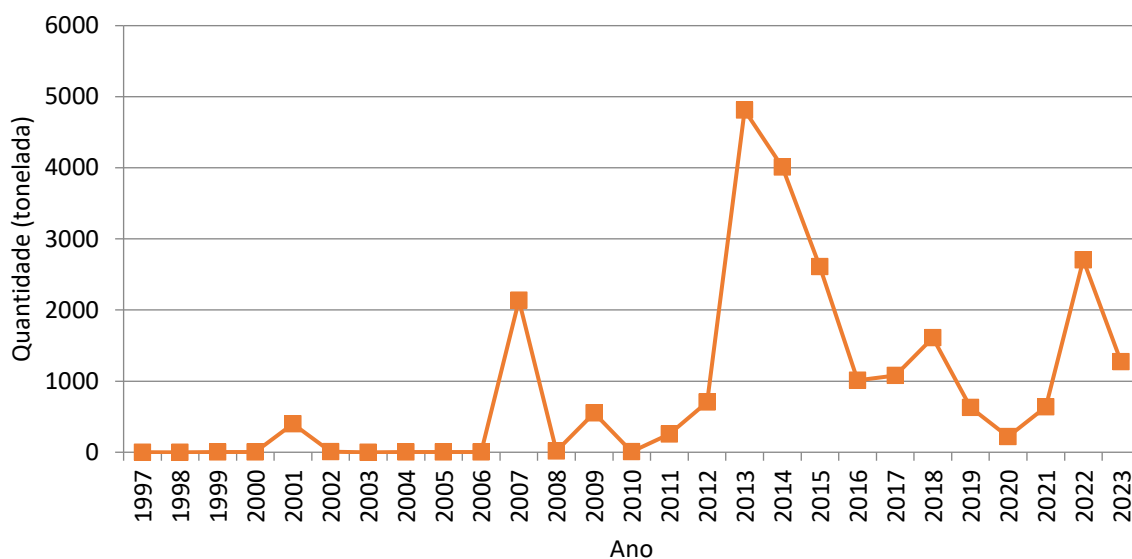


Fonte: Elaboração Própria. Dados retirados da plataforma Statista.

Por outro lado, tratando de exportação de carbonato de sódio, o Brasil, como é de se esperar, não possui bons números. Diferentemente das importações, que se aproximam das 870 mil toneladas por ano (de 1997 até 2022), em média, e com tendências de crescimento, as exportações são bem baixas. Dados analisados durante o mesmo período, registraram média de exportação de barrilha em torno de 900 toneladas por ano, tendo períodos de exportação quase zero, entre os anos de 1997 e 2006, e exportação máxima em 2013, como pode ser observado na figura 21. Além disso, ao longo da série temporal analisada, existem alguns picos de exportação, como em 2007 e 2013 a 2015. O aumento das exportações em 2007 pode ser explicado pelo provável estoque da Companhia Nacional de Álcalis, que foi todo exportado após o fechamento da empresa. Já durante os anos de 2013 a 2015 pode ser explicado por um

possível excedente de barrilha que foi importada pelo Brasil, e acabou sendo repassada ao Paraguai, pelos distribuidores situados no Brasil.

Figura 21: Exportações de barrilha, de 1997 a 2023, em tonelada.



Fonte: Elaboração Própria. Dados retirados do portal Comex Stat.

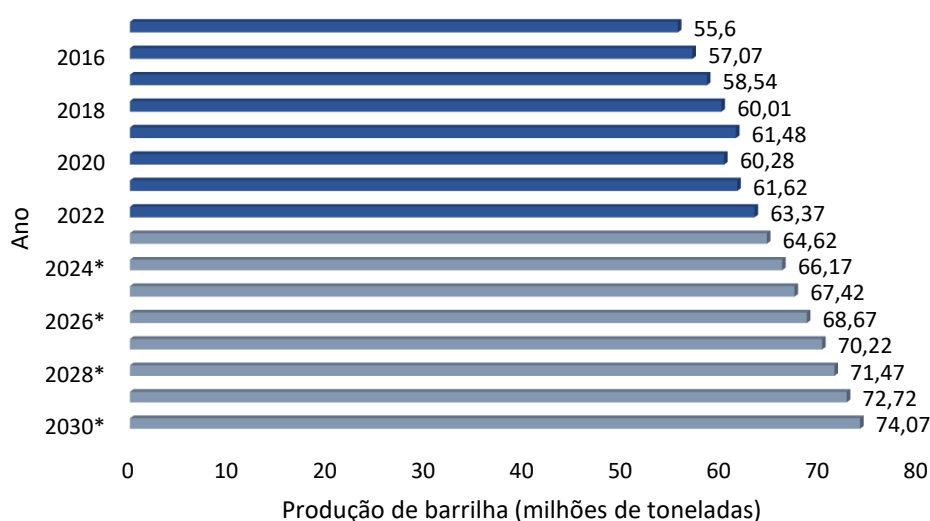
De acordo com a tabela 5, é possível evidenciar que o principal comprador de carbonato de sódio do Brasil é o Paraguai, totalizando cerca de 22 mil toneladas desde 1997 até os dias atuais. Os fatores que levam o Paraguai comprar barrilha do Brasil ao invés de importar este insumo diretamente, estão associados ao câmbio, aos gastos atrelados no frete e a facilidade de pagamentos, sendo mais fácil para o Paraguai comprar de um país vizinho ao invés de importar este material do país de origem. O fator cambial que se refere é que embora as compras sejam feitas em dólar, tanto as negociações quanto a possibilidade de pagamento em real são muito mais simples.

Tabela 5: Resultado da pesquisa de exportações de barrilha classificada por países.

Países	Quantidade (tonelada)
Paraguai	21.878
África do Sul	2.024
Argentina	628
Peru	111
Uruguai	23
Alemanha	14
Angola	8
Chile	4
Outros	4

Fonte: Elaboração Própria. Dados retirados do portal Comex Stat.

A fim de complementar o estudo de mercado do carbonato de sódio, segundo dados retirados do Statista, em 2022, o mercado de barrilha foi avaliado em 21,89 bilhões de dólares em todo o mundo. Em projeção realizada até 2030, espera-se que o mercado global dessa *commodity* tenha um crescimento de 34%, atingindo a marca de 29,43 bilhões de dólares. Em números de volume de produção, este *forecast* foi realizado com base em um CAGR de 3,9%, durante o período de 2023 até 2030, e espera-se atingir a marca de 74 milhões de toneladas de produção mundial em 2030, como mostra a figura 22.

Figura 22: Previsão da produção mundial de barrilha até 2030, em milhões de toneladas.

Fonte: Elaboração Própria. Dados retirados da plataforma Statista.

6. CONCLUSÕES

Como demonstrado ao longo do presente trabalho, o carbonato de sódio é um componente essencial na formação do vidro, pois reduz a temperatura de fusão, garantindo a eficiência energética do processo de fabricação. A utilização estratégica do carbonato de sódio na produção do vidro sustenta seu papel significativo graças às suas características de agente fundente e trazem benefícios financeiros às indústrias vidreiras, uma vez que os custos com energia são uma das grandes parcelas das despesas nas empresas deste ramo.

Foi possível observar que as diversas indústrias de vidro presentes no cenário brasileiro estão em crescimento, com planos de ampliação e construção de fábricas, já estando em fases bem avançadas dos projetos. Dessa forma, como resultado do aumento da produção e demanda por vidros no Brasil, espera-se que a procura por carbonato de sódio também registre um crescimento. Os fabricantes de vidro dependem fortemente de um fornecimento estável e consistente de barrilha para atender às necessidades de produção. Isto levará a necessidade de aumento das importações de carbonato de sódio, para garantir uma cadeia de abastecimento estável, principalmente às indústrias de vidro atuantes no Brasil.

Após o fechamento da Companhia Nacional de Álcalis em 2006, houve rumores de criação da empresa Alcanorte, que seria um braço da Álcalis no Rio Grande do Norte, contudo esse projeto não avançou devido a problemas políticos. Tendo em vista que não possuía mais produção nacional a partir deste momento, o mercado brasileiro ficou dependente da importação do carbonato de sódio (natural e sintético), sendo as principais fontes dos Estados Unidos, Espanha e Turquia, esta última começando a fornecer somente a partir de 2017, estando em constante crescimento nos números de exportação para o Brasil, alcançando resultados próximos aos dos Estados Unidos no ano de 2022.

Apesar da alta demanda no mercado brasileiro, hoje o mercado brasileiro de barrilha é resumido em distribuidores que importam este insumo dos grandes produtores mundiais e abastecem o mercado brasileiro com a barrilha *in natura*, sem realizar nenhuma alteração de especificação no material do fabricante, conforme contato realizado com as principais empresas, que foram listadas ao longo do trabalho e também não há perspectivas de construções de novas plantas de produção de carbonato de sódio no Brasil.

Diante do exposto durante o trabalho, é notório que não é viável pensar na abertura de uma fábrica de barrilha dentro do Brasil, tendo em vista que esse território não possui os recursos naturais para produzir a barrilha mineral, ou seja, o minério de Trona. Também não é vantajoso pensar em abrir uma fábrica que produzirá pelo processo sintético(Solvay), pois o

investimento por trás de uma unidade desse tipo seria elevado, exigindo possivelmente uma competição aos mercados já existentes de barrilha sintética para garantir os retornos financeiros. Além disso, precisaríamos de incentivos políticos de tributação para fortalecer o mercado nacional, visto que os maiores consumidores de barrilha no Brasil são as indústrias vidreiras e essas possuem preferência pela barrilha natural.

Levando todos esses pontos em consideração, seria interessante realizar um outro trabalho visando a elaboração de uma análise SWOT e um roadmap tecnológico desse insumo ao mercado de vidro, analisando as inovações nas áreas de produções que utilizam o Carbonato de Sódio, a fim de avaliar o que poderia alavancar a importação dele.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIVIDRO. **Associados - Indústria do Vidro.** Disponível em: <<https://abividro.org.br/industria-vidro-associados/>>. Acesso em: 08 dez. 2023.

ABRAVIDRO. **Mercado-Panorama Abravidro.** Disponível em: <<https://abravidro.org.br/mercado/panorama-abravidro/>>. Acesso em: 08 dez. 2023

ANDRÉ, C. SILVA. **CIÊNCIAS DOS MATERIAIS Capítulo VII - Materiais vítreos.** Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1201/o/CMEP_VII_%E2%80%93_Materiais_v%C3%ADtreos.pdf?1630637131>. Acesso em: 05 dez. 2023.

ANSAC. **MINING & MANUFACTURING.** Disponível em: <<https://www.ansac.com/mining-and-manufacturing/>>. Acesso em: 08 dez. 2023.

ARCH GLASS BRASIL. **Como é feito o vidro? | Processo de fabricação do Vidro.** Disponível em: <<https://archglassbrasil.com.br/artigos/como-e-feito-o-vidro/>>. Acesso em: 29 nov. 2023.

AREDE. **Owens-Illinois investirá cerca de R\$ 1 bi em fábrica de vidros em PG.** Disponível em: <<https://arede.info/ponta-grossa/456434/owens-illinois-investira-cerca-de-r-1-bi-em-fabrica-de-vidros-em-pg?d=1>>. Acesso em: 08 dez. 2023.

BHOSALE, H. **Global sodium carbonate market size, share 2021.** Forecast to 2030. 2023. Disponível em: <www.linkedin.com/pulse/global-sodium-carbonate-market-size-share-2021-forecast-bhosale-3f>. Acesso em: 05 nov. 2023.

CONTINENTAL. **Pagina Inicial.** Disponível em: <<https://www.continentalindustries.com/pt/pagina-inicial/>>. Acesso em: 28 nov. 2023.

DUARTE, J. P. P. **Tecnologias de captura de dióxido de carbono:** estudo de caso da produção de barrilha por carbonatação. 2022. Disponível em: <www.pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/19880/1/JPPDuarte.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2023.

ECONOMIA. **Maior indústria de garrafas do mundo vai abrir fábrica em PG.** Disponível em: <<https://dcmais.com.br/ponta-grossa/maior-industria-de-garrafas-do-mundo-vai-abrir-fabrica-em-pg/>>. Acesso em: 08 dez. 2023.

FAIRBANKS, M. **Álcalis Barrilha:** clientes habituais mantém crescimento e surgem novos usos, como a produção de lítio. 2020. Disponível em: <www.q.uimica.com.br/alcalis-barrilha-clientes-habituais-mantem-crescimento/>. Acesso em: 02 nov. 2023.

FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil**. 2005. Disponível em: <www.afoiceeomartelo.com.br/posfsa/Autores/Furtado,%20Celso/Celso%20Furtado%20-%20Forma%C3%A7%C3%A3o%20Econ%C3%B4mica%20do%20Brasil.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2023.

G1. **Indenização de ex-servidores da Alcalis, em Arraial do Cabo, RJ, começam a ser pagas**. 2017. Disponível em: <www.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/indenizacoes-de-ex-servidores-da-alcalis-em-arraial-do-cabo-rj-comecam-a-ser-pagas.ghtml>. Acesso em: 02 nov. 2023.

GUARDIAN GLASS. **Processo de fabricação do vidro**. Disponível em: <<https://www.guardianglass.com/la/pt/why-glass/understand-glass/how-glass-is-made>>. Acesso em 28 nov.2023

IHDE, A. J. **The Chemical Revolution. A Contribution to Social Technology**. Archibald Clow , Nan L. Clow. Isis, v. 43, n. 4, p. 64–69, dez. 1952.

INDUSTRY ARC. **Latin America soda ash market overview**. 2023. Disponível em: <www.industryarc.com/Report/19654/latin-america-soda-ash-market.html>. Acesso em: 06 nov. 2023.

IPEA. **BRICS**. O tempo do BRIC – Brasil, Índia e China crescem mais que a média mundial e atraem investimentos externos. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=1287:catid=28&Itemid=23>. Acesso em: 04 nov. 2023.

KIEFER, D. M. **It was all about alkali. Today's Chemist at Work**. 11 (1): 45–6, jan. 2002.

LACERDA, A. C. et al. **Economia brasileira**. São Paulo: Saraiva, 2001Feijó.

MACEDO, S. R. et al. **Entre experimentos e fermentos: como o bicarbonato de sódio se tornou um constituinte em processos fermentativos?** 2017. Disponível em: <www.revistas.unila.edu.br>. Acesso em: 06 nov. 2023.

MACHADO, A. A. S. C. **fabrico industrial do carbonato de sódio no século XIX: exemplos precoces de química verde e ecologia industrial**. 2009. Disponível em: <https://www.academia.edu/7424038/FABRICO_INDUSTRIAL_DO_CARONATO_DE_S%C3%93DIO_NO_S%C3%89CULO_XIX_EXEMPLOS_PRECOCES_DE_QU%C3%8DMICA_VERDE_E_ECOLOGIA_INDUSTRIAL>. Acesso em: 20 nov. 2023.

MMR. **Sodium carbonate market**. 2023. Disponível em: <www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-sodium-carbonate-market/23565/>. Acesso em: 05 nov. 2023.

MANUCHAR. **Sobre Nós**. Disponível em: <<https://www.manuchar.com/br/pt-br>>. Acesso em: 28 nov. 2023.

NARULA, R.; DUNNING, J. **Industrial development, globalization and multinational enterprises: new realities for developing countries**. 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/713688313>>. Acesso em: 05 nov. 2023.

NATRIO. **Sobre a Natrio**. Disponível em: <<https://www.natrio.com/brazil/about/>>. Acesso em: 28 nov. 2023.

OWENS VALLEY, Owens Lake, Owens River, Bartlett. Disponível em: <http://www.owensvalleyhistory.com/owens_valley_owens_lake/page99.html>. Acesso em: 08 dez. 2023.

PEREIRA, W. L. C. M. A indústria química de álcalis e o “Projeto Cabo Frio”. **Caderno de Desenvolvimento Fluminense**, 4:42-64, 2014.

PIXEL4. **Recicla Sampa - Fatos e estatísticas sobre a reciclagem de vidro**. Disponível em: <<https://www.reciclasampa.com.br/artigo/fatos-e-estatisticas-sobre-a-reciclagem-de-vidro#:~:text=Segundo%20o%20C3%BAltimo%20levantamento%20da>>. Acesso em: 08 dez. 2023.

SHREVE, R. N.; Brink Jr., J. A. **Chemical Process Industries**; 4º ed.; McGraw-Hill: N.Y., 1977; Cap. 13; Soda-Alcali Industries; Solvay Process.

SILVA, P. H. **Processos clássicos e modernos da produção de barrilha e soda cáustica**. 2018. Disponível em: <www.pt.scribd.com/document/306225938/Processos-Classicos-e-Modernos-Da-Producao-de-Barrilha-e-Soda-Caustica>. Acesso em: 04 nov. 2023.

STATISTA. **Soda ash production worldwide from 2010 to 2022**. 2023. Disponível em: <[www.statista.com/statistics/587223/sodium-carbonate-production-worldwide/#:~:text=In%202022%20the%20total%20global,natural%20and%20synthetic%20soda%20ash\).](http://www.statista.com/statistics/587223/sodium-carbonate-production-worldwide/#:~:text=In%202022%20the%20total%20global,natural%20and%20synthetic%20soda%20ash).>)>. Acesso em: 06 nov. 2023.

THIEME, C. et al. **Sodium carbonates**. 2012. Disponível em: <www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-Bicarbonato>. Acesso em: 06 nov. 2023.

VERHEIJEN, O. S. **Thermal and chemical behavior of glass forming batches**. Eindhoven: [s.n.], 2003. ISBN 90-386-2555-3.

XAVIER, E. L. **Análise do processo Solvay para sequestro de CO₂ em indústrias de cimento**. 2007. Disponível em: <www.pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/17788/1/ELXavier.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2023. Silveiratorche.

WIKIVIDROS. **introducao_ao_vidro_e_sua_producao:elaboração**. Disponível em: <https://wikividros.eesc.usp.br/introducao_ao_vidro_e_sua_producao/elaboracao>. Acesso em: 18 dez. 2023.

WYOMING MINING ASSOCIATION. **Trona**. Disponível em: <<https://www.wyomingmining.org/minerals/trona/>>. Acesso em: 08 dez. 2023.