

O setor de soda-cloro no Brasil e no mundo

Eduardo Fernandes, Ana Maria da Silva Glória e Bruna de Almeida Guimarães

<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>

O SETOR DE SODA-CLORO NO BRASIL E NO MUNDO

Eduardo Fernandes
Ana Maria da Silva Glória
Bruna de Almeida Guimarães*

* Respectivamente, gerente, analista de sistemas e estagiária do Departamento de Indústria Química da Área de Insumos Básicos do BNDES.

PETROQUÍMICA

Resumo

Este trabalho é resultado da compilação de dados do setor de soda-cloro divulgados esparsamente na literatura técnica. Sua finalidade é atualizar e retratar, tão objetiva e simplesmente quanto possível, a indústria de soda-cloro, ao apresentar sinteticamente algumas de suas particularidades, principais características, números referentes ao mercado, tecnologias empregadas, aspectos ambientais e capacidades produtivas de algumas plantas no Brasil e no mundo. Sem a pretensão de originalidade ou de esgotamento do assunto, procura-se mostrar as relações e ressaltar a importância do papel desse setor na integração de atividades industriais diversas, ao evidenciar a participação diferenciada e insubstituível de sua aplicação nos cenários nacional e internacional, através da transversalidade que lhe permite permear setores industriais como o de plásticos, de papel e celulose e de alumínio.

Introdução

A Cadeia Produtiva

Além dos produtos derivados direta e/ou indiretamente do cloro e da soda, como os defensivos agrícolas, o alumínio, os remédios, os produtos de higiene, os tubos de PVC, as tintas, os tecidos e papel e celulose, vale lembrar sua importante aplicação no tratamento de potabilidade da água para o uso humano.

Modernamente, pelos processos mais utilizados para a produção do cloro, da soda e de outros poucos produtos halogenados, normalmente obtidos nas respectivas plantas do setor, como o ácido clorídrico e o hipoclorito de sódio, produto ativo da água sanitária, são necessários, basicamente, três insumos: sal, água e energia elétrica. Algumas indústrias ainda utilizam o mercúrio metálico, embora esse processo de fabricação venha sendo combatido por ser ambientalmente prejudicial, caindo aos poucos em desuso, como é comentado a seguir neste trabalho.

A cadeia produtiva da indústria de soda-cloro inicia-se com a eletrólise da salmoura. Nesta operação, a soda é coproduzida com o cloro, em uma proporção fixa de 1 tonelada de cloro para 1,12 tonelada de soda cáustica.

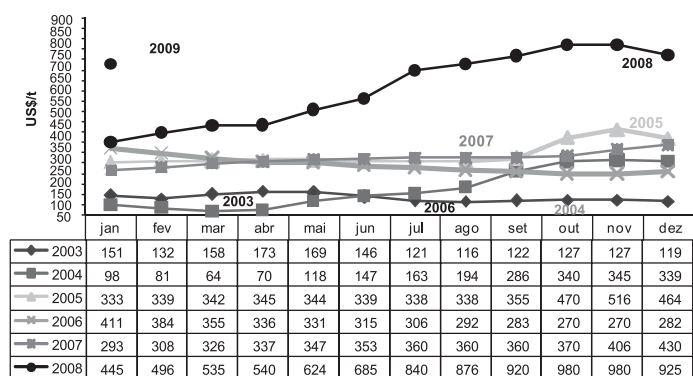
A unidade de produção utilizada em plantas de soda-cloro é a ECU – *electrochemical unit* ou unidade eletroquímica –, obtida pela soma de 1 tonelada de cloro e 1,12 tonelada de soda. O preço de uma ECU é igual à soma dos preços de 1 tonelada de cloro e 1,12 tonelada de soda.

A indústria de soda-cloro comporta-se de forma cíclica, caracterizada por grandes saltos no incremento de capacidade para o atendimento da demanda. Como o cloro e a soda são produzidos em uma proporção fixa, o suprimento de um pode ser delimitado pela demanda do outro e vice-versa. Os preços do cloro e da soda estão intimamente ligados às variações da oferta e da demanda.

A Figura 1 apresenta um histórico da variação do preço da soda no golfo do México, maior área mundial de produção de soda-cloro, para o período 2003–2009.

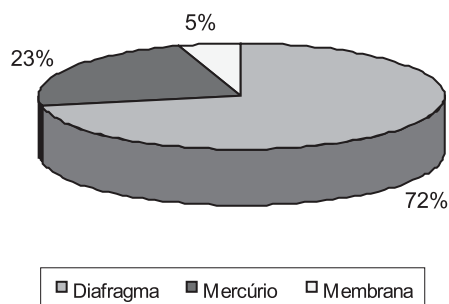
Atualmente, três processos de eletrólise são utilizados industrialmente: o de mercúrio, o de diafragma e o de membrana. Em 2007, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Álcalis, Cloro e Derivados (Abiclor), 72% da produção brasileira do setor de soda-cloro empregou a tecnologia de diafragma, 23% a de mercúrio e 5% a de membrana. Essa distribuição percentual é em função dos elevados custos inerentes à substituição da tecnologia que utiliza o mercúrio, e também das exigências ambientais legais em cada região pelo governo local.

Figura 1
Variação do Preço da Soda no Golfo do México (2003–2009)



Fonte: ICIS-LOR.

Figura 2
Distribuição da Tecnologia Empregada na Produção de Soda-Cloro no Brasil em 2007



Fonte: Abiclor.

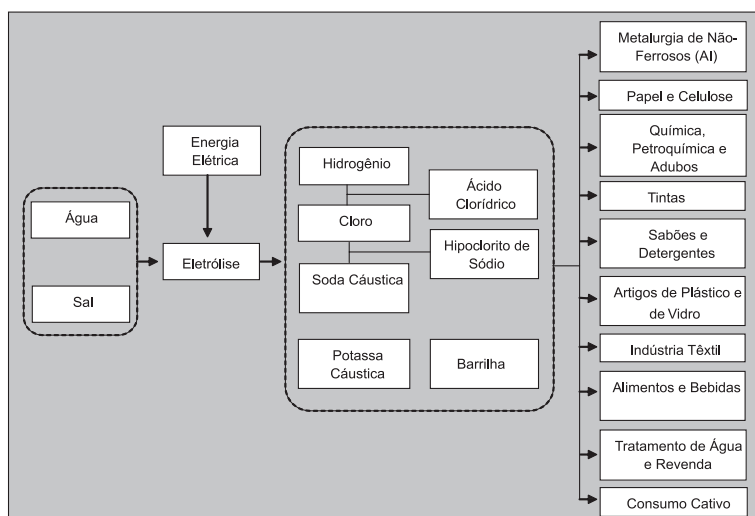
O Processo

A indústria de soda-cloro constitui uma das maiores tecnologias eletroquímicas do mundo. É um processo eletrointensivo, classificado como o segundo maior consumidor de eletricidade, com utilização anual de 2.400 bilhões de kWh, em 2006. Em 2007, a energia elétrica representou pouco mais de 45% do custo total de produção do setor.

Seja qual for a tecnologia usada, uma solução de sal (cloreto de sódio – NaCl) em água é eletrolisada pela ação direta da corrente elétrica, a qual converte – nos anodos – os íons cloreto do sal em cloro elementar.

Figura 3

Cadeia Produtiva do Cloro e da Soda



Fonte: GVconsult.

O cloro resulta da eletrólise da solução de cloreto de sódio (sal grosso) em água. Sua aparência inicial é a de um gás amarelo-esverdeado, com odor forte e irritante. Para melhor manipulação e transporte, esse gás cloro é posteriormente pressurizado a baixa temperatura para ser liquefeito, transformando-se em um líquido claro de cor âmbar. Assim, é comercializado nessa forma, sendo transportado em carros-tanque e cilindros de 900 kg.

Produtos da Cadeia Soda-Cloro

Cloro Líquido

O cloro é utilizado na fabricação da resina plástica polícloro de vinila (PVC), solventes clorados, agroquímicos, principalmente defensivos agrícolas, e no branqueamento da polpa de celulose. Por causa do seu alto poder bactericida, é largamente empregado no tratamento de água potável e de piscinas. Também é utilizado como intermediário nas sínteses químicas e nos processos de obtenção de numerosos produtos químicos, tais como: anticoagulantes, poliuretanos, lubrificantes, amaciantes de tecidos, fluidos para freios, fibras de poliéster, insumos farmacêuticos, etc.

O cloro líquido também tem aplicação como matéria-prima no processo produtivo do cloreto de hidrogênio (gás), precursor do ácido clorídrico (líquido a 37%), do hipoclorito de sódio e do dicloroetano, o intermediário da rota de fabricação do PVC comentado no item sobre a indústria desse produto.

**Dicloreetano
– EDC (Ethylene
Dichloride) ou DCE**

Fabricado e comercializado na forma líquida, o dicloreetano é obtido pela reação a baixa temperatura do cloro com o etileno, na presença de ferro e oxigênio como catalisadores.

Posteriormente, o produto é purificado para a remoção das impurezas orgânicas e inorgânicas, resultantes das lavagens químicas e da destilação efetuadas durante a reação do seu processo de obtenção.

O dicloreetano é a matéria-prima básica para a fabricação de PVC, o qual é amplamente utilizado na construção civil, na forma de tubos e conexões para água potável e esgoto. O PVC também é empregado na fabricação de embalagens, filmes plásticos, recobrimento de fios e cabos elétricos, na indústria automobilística, etc.

Ácido Clorídrico

O ácido clorídrico resulta da reação de queima do cloro com o hidrogênio, formando o gás cloreto de hidrogênio (HCl) que, depois de absorvido em água, adquire propriedades de um ácido forte devido à sua ionização na água.

Sua solução saturada em água apresenta-se como um líquido fumegante claro e ligeiramente amarelado, com odor forte e irritante, por força do desprendimento do cloro. Contém pouco mais de 33% de cloreto de hidrogênio em peso quando comercializado no grau industrial a granel. O transporte é feito em carros-tanque. Como reagente químico nos laboratórios, no grau PA (Pró-Análise), é fornecido em embalagens menores, geralmente frascos de 500 ml ou 1 litro, a 37% em peso de HCl.

Entre suas principais aplicações estão a limpeza e tratamento de metais ferrosos, por decapagem, flotação e processamento de minérios, acidificação de poços de petróleo, regeneração de resinas de troca iônica, construção civil, neutralização de efluentes, fabricação de produtos para a indústria de alimentos e farmacêutica.

Hipoclorito de Sódio

O hipoclorito de sódio é um oxidante de uso muito difundido, usado na limpeza doméstica em geral com o nome de água sanitária, sendo preparado em laboratório e industrialmente pelo borbulhamento do cloro em uma solução de hidróxido de sódio a frio. O produto apresenta-se comumente como solução aquosa alcalina, o que permite aumentar a sua conservação contra a decomposição e o conseqüente desprendimento do cloro. De coloração amarelada e odor característico, contém até 13% de hipoclorito

de sódio (NaClO), no máximo. Industrialmente, é comercializado nessa forma, a granel, e transportado em carros-tanque. O hipoclorito de sódio possui propriedades oxidantes, branqueantes e desinfetantes, servindo para inúmeras aplicações, tais como branqueamento da polpa de celulose e têxteis, desinfecção de água potável, tratamento de efluentes industriais, tratamento de piscinas, desinfecção hospitalar, produção de água sanitária, lavagem de frutas e legumes, além de participar como intermediário na produção de diversos produtos químicos.

A soda cáustica é obtida por eletrólise da salmoura (solução concentrada de cloreto de sódio em água) livre de impurezas que prejudicam sensivelmente a eficiência e o rendimento do processo produtivo. Independentemente do processo, a soda cáustica do mercado apresenta-se sob a forma de solução aquosa, límpida, contendo cerca de 50% de hidróxido de sódio (NaOH) em peso, comercializada na forma a granel e transportada em carros-tanque e vagões ferroviários.

Soda Cáustica (Hidróxido de Sódio) Líquida

Mais recentemente, a soda cáustica líquida comum para uso comercial tem sido fabricada, em geral, pelo processo de células de diafragma, mas a soda cáustica líquida *rayon*, para fins têxteis, por exigência de maior pureza, é obtida pelo processo de células de mercúrio.

A soda cáustica das cubas de mercúrio é mais pura e mais concentrada (50% em média), embora o processo consuma mais energia e seja, ambientalmente, mais maléfico. Já o processo das células de membrana fornece soda cáustica pouco mais concentrada do que o de diafragma, todavia menos concentrada (32%) do que a obtida por células de mercúrio, em uma rota de menor consumo de energia elétrica, necessitando, portanto, ser concentrada por evaporação de parte da água.

Tanto a soda cáustica *rayon* em escamas, como a soda cáustica comercial em escamas são obtidas pelo processo de evaporação da soda cáustica líquida, ou da fusão do produto anidro e do processo de escamação. Esses produtos apresentam-se na forma de escamas brancas, altamente deliquescentes (absorvem água da atmosfera, dissolvendo-se nela) e com concentração média de 96 a 98% de hidróxido de sódio em peso, dependendo da sua especificação. A soda cáustica em escamas é comercializada em sacos de polietileno de 25 kg, paletizados.

Soda Cáustica em Escamas

Evolução Histórica

O cloro (Cl₂, do grego χλωρος= chlorós, que significa “amarelo verdoso”, esverdeado) foi descoberto em 1774 pelo sueco Carl Wilhelm Scheele, que acreditava se tratar de um composto contendo oxigênio. Obteve-o com base no dióxido de manganês (mineral pirolusita), pela seguinte reação:



Os processos anteriores às técnicas de eletrólise baseavam-se nesta reação ou na reação direta de HCl com o ar ou oxigênio puro, produzindo água e cloro. A primeira utilização do cloro ocorreu em 1789, com o hipoclorito de potássio usado nas indústrias têxteis para o branqueamento de tecidos.

Em 1810, o químico inglês Humphry Davy demonstrou que a substância era um elemento químico, e deu-lhe o nome de cloro, devido à sua coloração amarelo-esverdeada. Em 1823, o cloro começou a ser utilizado para a desinfecção dos hospitais.

Entre 1920 e 1940, o cloro aumentou sua participação em muitos outros processos produtivos, com o início da produção de etilenoglicol, de solventes clorados, de cloreto de vinila, entre outros. O cloro foi utilizado na Primeira Guerra Mundial, na forma de gás mostarda ou iperita, um agente químico muito tóxico de bis(2-cloroetil) sulfeto. Foi a primeira vez na história que uma substância foi utilizada como arma química.

Atualmente, os principais usos do cloro são para a produção de policloreto de vinila (PVC) e de poliuretano (que, juntos, representam cerca de 70% do consumo no Brasil), branqueamento de polpa de celulose e tratamento de água. O segmento da química e petroquímica é responsável por 94% do consumo nacional de cloro.

Já para os produtos químicos inorgânicos, a principal utilização do cloro é para a produção de dióxido de titânio (largamente utilizado como pigmento, principalmente para tintas brancas), fabricado a partir de minérios que ocorrem naturalmente (ilmenita ou rutilo).

Aspectos Estruturais da Indústria

O PVC é um plástico muito importante, com aplicações industriais e comerciais nas áreas de construção civil, medicina, alimentos (insumo para a produção de embalagens), calçados, brinquedos, fios e cabos, revestimentos, indústria automobilística, entre outras.

Classificação e Mercado

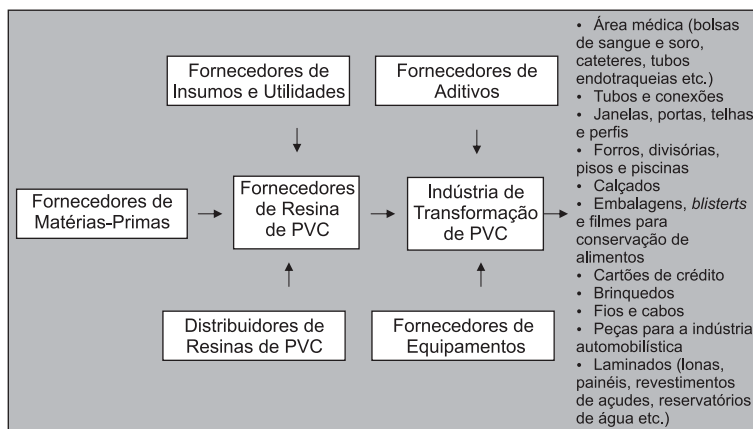
Indústria de PVC

A resina contém, em peso, 57% de cloro e 43% de eteno (ou etileno, derivado do petróleo). Entretanto, deve-se destacar que o Brasil tem tecnologia para a obtenção da resina a partir do álcool da cana-de-açúcar.

No Brasil, o instituto de PVC, fundado em 1997, reúne os segmentos da cadeia produtiva do PVC, representada por fornecedores de matérias-primas, insumos e utilidades, produtores de resinas, aditivos, equipamentos, indústria de transformação, recicladores e distribuidores. Esse instituto disponibiliza informações estatísticas e técnicas de um grande número de associados.

Figura 4

Cadeia Produtiva do PVC



Fonte: Instituto do PVC.

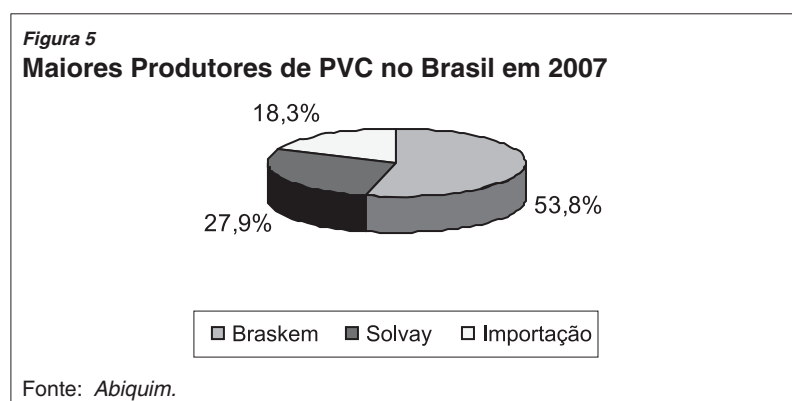
O mercado brasileiro de tubos e conexões de PVC cresce hoje cerca de 22% ao ano e apresenta previsão potencial de expansão ainda maior para os próximos anos, em face do aumento da sua utilização na construção civil, responsável por 64% do consumo do produto.

Em 2007, o desempenho da produção industrial foi relevante e muito bom, caracterizado pelo aumento das vendas internas, que alcançaram a marca de 668,5 mil toneladas. O crescimento, em relação a 2006, atingiu expressivos 10,5% e o consumo aparente (produção + importação – exportação) apresentou elevação de 6,9%, com a marca de 820 mil toneladas.

Atualmente, o uso do PVC vem crescendo em todo o mundo a uma taxa de 4 a 7% ao ano. Enquanto o consumo *per capita* de PVC é de 7 kg na China e de 15 kg nos Estados Unidos, no Brasil ainda não passa de 4 kg por pessoa.

Entre 2000 e 2006, a demanda doméstica dessa resina manteve uma taxa de crescimento anual de 14%, e a produção cresceu 23% ao ano. A dependência das importações na indústria doméstica de PVC diminuiu de 40% para 10%, graças às ampliações de capacidade produtiva das fábricas, por conta da maior disponibilidade de cloro no mercado. Duas dessas empresas de soda-cloro iniciaram a operação das suas expansões: a Solvay Indupa, no último trimestre de 2008, e a Carbocloro, no segundo semestre do mesmo ano.

Em 2007, as empresas Braskem e Solvay do Brasil foram as únicas produtoras de PVC no Brasil, com capacidade de produção de 516.000 t/a e 270.000 t/a, respectivamente.



Indústria de Papel e Celulose

No Brasil, parcela considerável da produção de soda cáustica é destinada à indústria de papel e celulose. Em 2007, essa parcela representou 22,7% da produção nacional total de soda. Da produção de cloro, somente 7,8% do total foram destinados à indústria de papel e celulose.

A soda é utilizada na dissolução (cozimento) dos cavacos de madeira, sob alta temperatura e pressão nos digestores, produzindo-se celulose não branqueada, com resíduos de lignina e de hemicelulose, e o licor negro, cuja composição inclui hidróxido de sódio, hemicelulose e outros resíduos orgânicos. Na fase posterior, denominada branqueamento, o dióxido de cloro (nos processos ECF – *elementary chlorine free*) e a soda são empregados no procedimento para conferir alvura à celulose.

No ano de 2007, a indústria metalúrgica consumiu 15,6% da produção total de soda cáustica no Brasil. O segmento a utiliza no tratamento da bauxita da qual a alumina, ou óxido de alumínio, é extraída.

Indústria de Alumínio

O refino consiste na transformação da bauxita em alumina, através da dissolução do minério em banho aquecido de soda cáustica sob pressão, no qual são separadas as impurezas insolúveis de óxido de ferro, silício e outras substâncias, por precipitação e filtragem. Posteriormente, por resfriamento, é precipitado o hidrato de alumínio, que é transformado em alumina após calcinação à alta temperatura.

Com os avanços tecnológicos nos setores automotivos, de embalagens e construção, o alumínio tornou-se o segundo metal mais utilizado do mundo, o que levou a um grande aumento do consumo da soda cáustica nesses segmentos.

No estágio de tratamento de superfície dos produtos de alumínio, a soda cáustica é utilizada no banho de decapagem alcalina, e também tem importante função na reciclagem do estanho recuperado de chapas estanhadas.

No Brasil, em 2007, 3,4% da produção total de cloro foi destinada ao tratamento de água. O uso do cloro tem como principais objetivos a desinfecção (destruição dos micro-organismos patogênicos), a oxidação (alteração das características da água pela oxidação dos compostos nela existentes), ou ambas as ações ao mesmo tempo. A desinfecção é o objetivo principal e mais comum da cloração. Já a produção da soda cáustica é consumida apenas por 0,6% desse segmento.

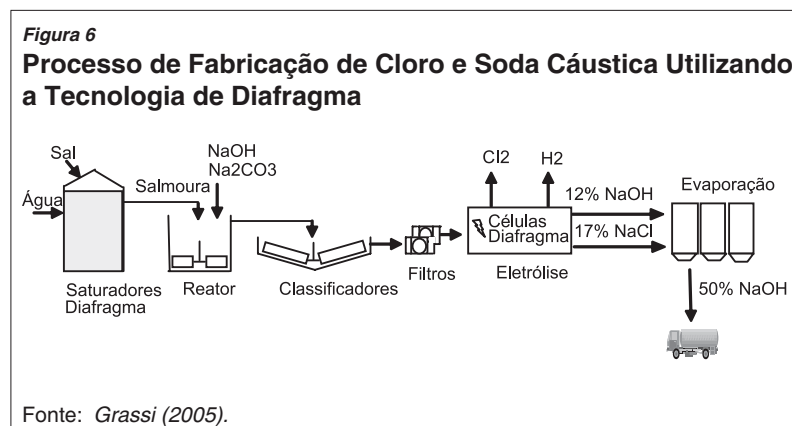
Indústrias que Operam na Cadeia

Outro setor da indústria que consome soda cáustica são os produtos de higiene pessoal e cosmético. O sabão em barras para uso doméstico e higiene e outros tipos de detergentes representam cerca de 22,6% do consumo nacional de soda cáustica.

Atualmente, existem três tecnologias utilizadas para a fabricação de soda-cloro: células de mercúrio, células de diafragma e células de membrana.

Tecnologia e Competitividade

Todas essas tecnologias são importadas. Na Figura 6, é mostrado o fluxograma do processo de produção de soda-cloro utilizando a tecnologia de diafragma.



Células de Mercúrio

As células de mercúrio foram o primeiro método utilizado para produção de cloro em escala industrial. Nesse processo, ocorrem perdas de mercúrio inerentes, pequenas, mas constantes, gerando efluentes e emissões com sérios problemas ambientais. Nas duas últimas décadas do século XX, o processo foi melhorado, embora ainda ocorram perdas prejudiciais de cerca de 1,3 g de mercúrio por tonelada de cloro produzida no mundo.

Por causa das questões ambientais envolvidas, esse processo vem sendo substituído pela eletrólise em célula de membrana que, atualmente, é responsável pelo suprimento de quase 30% da produção mundial de cloro.

No processo de células de mercúrio são empregados um cátodo de mercúrio e um ânodo de titânio recoberto de platina ou óxido de platina. O cátodo consiste num depósito no fundo da célula de eletrólise, e o ânodo situa-se acima deste, à pouca distância. A célula é preenchida com solução de cloreto de sódio e, com uma diferença de potencial adequada, processa-se a eletrólise.

As cubas de mercúrio produzem um hidróxido de sódio mais puro, mas a pequena perda de mercúrio provoca danos ambientais, elevando a concentração de metilmercúrio em alguns peixes a doses letais. Sob a adoção de processos cuidadosos de controle, associados ao tratamento da água e do ar efluentes, é possível fazer com que as indústrias de células de mercúrio satisfaçam às exigências de não poluição do ambiente.

Características principais:

- processo mais antigo e ainda bastante utilizado no mundo (responde por 35% da produção mundial de cloro);
- maior consumo de energia elétrica;
- a soda cáustica não necessita de operação de concentração suplementar;
- produtos de excelente qualidade;
- as matérias-primas não precisam ser de alta pureza; e
- o mercúrio é poluente, mas pode ser eficientemente controlado.

Utilizado principalmente no Canadá e nos Estados Unidos, o método de células de diafragma emprega um catodo perfurado de aço ou ferro e um anodo de titânio recoberto de platina ou óxido de platina. Um diafragma poroso de fibras de asbesto (amianto), misturado com outras fibras, como as de *teflon* ou politetrafluoretileno (PTFE), funciona como separador entre catodo e anodo. Esse diafragma vem sendo substituído por outro similar, mas sem amianto (crisotilo), pois é fabricado com zircônio e PTFE, importado da norte-americana Eltech – diafragma chamado “polyramix”, mais eficiente energeticamente e de maior tempo de vida útil.

Células de Diafragma

O diafragma permite a passagem dos íons por migração elétrica, mas reduz a difusão dos produtos. As cubas ou células com diafragma podem ser compactas, pois os eletrodos podem ser colocados bem próximos. Com o uso, o diafragma vai se entupindo, fato que é observado pela elevação da voltagem e pela maior pressão hidrostática na salmoura. Por isso, é preciso substituí-lo regularmente. O diafragma possibilita o escoamento da salmoura do ânodo para o cátodo e, dessa forma, diminui muito ou impede as reações paralelas e secundárias como a formação de hipoclorito de sódio.

As membranas semipermeáveis, que deixam passar o hidróxido de sódio enquanto retêm o cloreto de sódio, conforme descrito no item seguinte, aumentam a pureza da soda cáustica obtida na célula a diafragma e, ao mesmo tempo, eliminam a etapa de purificação para a remoção do cloro.

Vale acrescentar ainda que a operação das unidades de diafragma e de mercúrio existentes no Brasil é regulamentada pela Lei Federal 9.976, de 3.7.2000, que especifica as normas de segurança que devem ser seguidas para o uso do amianto (principalmente o anfibólio), que é cancerígeno.

Características principais:

- emprega diafragma poroso à base de asbesto (amianto);
- o segundo processo em utilização no mundo;
- o processo exige concentração posterior da soda cáustica formada nas células;
- as matérias-primas precisam ser de alta pureza;
- os produtos das células são impuros;
- o custo de manutenção do diafragma é expressivo; e
- o asbesto é material agressivo à saúde e deve ser corretamente manipulado.

Células de Membrana

É o processo cuja tecnologia é a mais moderna e não poluente. Estima-se que cerca de 30% da produção mundial de cloro seja feita por meio desse processo.

Essa tecnologia é similar à empregada na célula de diafragma. O diafragma é substituído por uma membrana sintética seletiva que deixa passar ions de sódio, porém não permite a passagem de íons hidroxila e cloreto.

O hidróxido de sódio obtido é mais puro e mais concentrado do que o obtido pelo método da célula de diafragma e, como este, consome menos energia que o método da amálgama de mercúrio, mesmo que a concentração de hidróxido de sódio obtida seja menor, sendo necessário concentrá-lo. Por outro lado, o cloro obtido pelo método da amálgama de mercúrio é mais puro.

Características principais:

- emprega membrana semipermeável;

- processo moderno, de tecnologia recente e com poucas unidades instaladas no mundo;
- consumo de energia elétrica comparável ao das células de diafragma;
- qualidade dos produtos similar aos obtidos por células de mercúrio;
- concentração de soda cáustica menor que no processo de mercúrio;
- as matérias-primas precisam ser de alta pureza;
- o custo de reposição das membranas é alto;
- pelas informações até hoje disponíveis, o processo não é poluente.

O cloro também é obtido de outras formas, tais como: eletrólise da salmoura de cloreto de potássio em células de membrana ou mercúrio, com a coprodução de hidróxido de potássio; eletrólise de cloreto de sódio ou de magnésio fundido para produzir sódio ou magnésio metálico; eletrólise de ácido clorídrico; e outros processos não-eletrolíticos.

Nos últimos anos, houve uma tendência mundial para a extinção do processo de mercúrio na produção de soda-cloro, em face dos impactos ambientais produzidos pela utilização dessa substância na cadeia produtiva, como a inalação dos vapores de mercúrio metálico, que acarreta uma série de problemas de saúde.

O mercado de fornecimento de células de membrana tem como maior supridor a Du Pont, cujo produto "Nafion" possui um *market share* acima de 45%. Duas outras importantes empresas japonesas (Asahi Chemical e Asahi Glass) dividem o restante do mercado nacional. A Du Pont é líder e praticamente a única fornecedora, quando se considera a América do Sul como um todo.

Na indústria de soda-cloro, as pesquisas estão concentradas no desenvolvimento de processos que consumam menos energia.

Novas Tecnologias

Os eletrodos de difusão gasosa estão sendo estudados para dois objetivos diferentes: eletrólise de solução de ácido clorídrico e eletrólise de solução de cloreto de sódio.

Ambas usam o catodo despolarizado de oxigênio. Com a utilização deste catodo, as reações anódicas permanecem idênticas às dos processos tradicionais de eletrólise (diafragma para eletrólises de ácido clorídrico e membrana para eletrólises de cloreto de sódio), enquanto as reações catódicas são modificadas para posicioná-los em níveis termodinâmicos favoráveis. Os resultados são a baixa voltagem da célula e a redução no consumo de energia da ordem de 700 kWh por tonelada de cloro.

O desenvolvimento desta tecnologia está em estágio avançado e acredita-se que poderá entrar no mercado nos próximos anos.

Competitividade

A competitividade das plantas de soda-cloro depende da integração do seu processo produtivo até a obtenção do PVC. As plantas não-integradas são muito mais vulneráveis aos ciclos de comportamento de preços da indústria de soda-cloro, que têm apresentado significativas oscilações.

A escala de produção, a disponibilidade e o preço das matérias-primas básicas (sal, energia elétrica e água) são fundamentais para a garantia de retorno do investimento em uma planta de soda-cloro. Atualmente, a escala mínima de produção para esta indústria situa-se entre 400 e 500 mil t/ano. Para 500 mil t/a, isso equivale a 235.849 t/a de cloro e a 264.151 t/a de soda cáustica.

Estudos de mercado indicam que somente valores de ECU superiores a US\$ 350 por tonelada permitem a viabilidade econômica para a implantação de uma planta de soda-cloro, tendo em vista o elevado investimento de implantação (cerca de US\$ 1 mil por tonelada) e a alta volatilidade dos preços do cloro e da soda.

No Brasil, o sal marinho ou o sal-gema utilizado pela indústria é proveniente das reservas localizadas na Região Nordeste. O Porto de Areia, no estado do Rio Grande do Norte, é o principal ponto de escoamento do sal para as indústrias localizadas na Região Sudeste.

O transporte da matéria-prima até as unidades industriais de soda-cloro é realizado principalmente pela navegação de cabotagem, cuja grande vantagem é o custo do frete (cerca de 10%

menor do que o rodoviário). Porém, esse meio de transporte vem enfrentando sérias dificuldades, principalmente pela deficiência da infraestrutura portuária brasileira, em especial a limitação de calado dos barcos e navios nos portos, aliada ao fato de o preço do combustível utilizado para a navegação de cabotagem ser cerca de 17% mais caro do que o destinado à navegação de longo curso (exportação), em razão da incidência do PIS e da Cofins. Apesar de a legislação brasileira para o transporte aquaviário prever a equiparação de preços dos combustíveis, por meio da não-incidência de impostos também sobre o combustível da cabotagem, isto não acontece na prática. Cabe destacar, ainda, a concorrência que os fornecedores nacionais de sal estão enfrentando com as importações do produto do Chile.

A indústria de soda-cloro é também fortemente intensiva em eletricidade: quase 50% do custo total de produção é representado pela energia elétrica.

Nos últimos anos, o custo da energia elétrica vem sofrendo aumentos consideráveis, fazendo com que a indústria brasileira de soda-cloro enfrente dificuldades com a sua margem de lucro. Em 2007, o Brasil apresentou o maior custo comparativo de energia elétrica do mundo (tarifa média de US\$ 0,22/kWh para a indústria), conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1

Comparação das Tarifas Internacionais de Eletricidade

PAÍS	TARIFA MÉDIA 2007 (Em US\$/kWh)	PAÍS	TARIFA MÉDIA 2007 (Em US\$/kWh)
Brasil (Conta de Luz)*	0,25	Nova Zelândia	0,1
Itália	0,24	Finlândia	0,1
Brasil sem impostos**	0,18	México+	0,09
Dinamarca	0,18	França	0,09
Reino Unido	0,17	Noruega	0,08
Portugal	0,16	Estados Unidos	0,08
Brasil (Aneel)***	0,15	Austrália	0,08
Japão	0,15	Coreia do Sul+	0,07
Alemanha	0,14	Canadá	0,06
Espanha	0,12	Holanda+	0,04
Turquia	0,11	África do Sul	0,04
Suíça	0,1	Índia+	–
Média Geral			0,12

Fonte: *International Energy Agency, KeyWord (2007)*.

* Média aritmética do valor cobrado nas contas de luz das maiores distribuidoras dos maiores estados consumidores: SP, MG e RJ (respondem por mais de 60% do consumo nacional). A Aneel não disponibiliza o valor cobrado pelas distribuidoras, somente as médias e valores líquidos de certos impostos.

** Tarifa líquida dos impostos indiretos (ICMS até 25% e PIS/Cofins, 5,5%) e os encargos setoriais de 10,83% (total de 41,35%).

*** Valor divulgado pela Aneel para o Sudeste.

+ Energy Information Administration, US Department of Energy, 2004/2005.

Atualmente, esses fatores afetam negativa e acentuadamente a competitividade da indústria nacional, criando espaço para a entrada do produto importado, especialmente dos Estados Unidos.

Máquinas e Equipamentos

A maior parte das máquinas e equipamentos utilizados na indústria de soda-cloro são produzidos no país, à exceção das cubas ou células de mercúrio, de diafragma e de membrana, utilizadas na eletrólise da salmoura.

Os principais equipamentos e materiais utilizados em uma planta de soda-cloro são os seguintes:

- células (mercúrio, diafragma, ou membrana) utilizadas no processo de eletrólise;
- tanques;
- reatores;
- filtros;
- evaporadores;
- lavadores de gás;
- torres de secagem;
- eliminadores de névoas;
- tubulações; e
- válvulas.

Aspectos Ambientais

As principais substâncias tóxicas associadas à indústria de soda-cloro são o mercúrio e os organoclorados:

Soda-cloro

Mercúrio – A presença do mercúrio no meio ambiente é prejudicial em qualquer quantidade, já que metal não desempenha funções nutricionais ou bioquímicas em micro-organismos, plantas ou animais. O mercúrio afeta os rins, causa tremores, vertigens, irritabilidade e depressão, associados a salivação, estomatite e diarreia, além de descoordenação motora progressiva, perda de visão

e audição e deterioração mental. A intoxicação aguda pelo metal acaba levando à morte.

Organoclorados – Os organoclorados são substâncias tóxicas formadas por compostos químicos orgânicos ligados às moléculas de cloro. Entre os organoclorados encontrados destacam-se os hexaclorobutadienos, pentaclorobutadienos, tetraclorobutadienos e o tetracloroeteno, além de dioxinas e furanos. Essas substâncias são derivadas de diversos processos industriais: da produção de PVC, de papel e celulose, da geração e composição de produtos agrícolas, da incineração de lixo doméstico, industrial e hospitalar e de todos os processos industriais que empregam cloro e derivados do petróleo.

Desde o primeiro impacto ambiental de repercussão mundial que expôs o risco eminente, ocorrido em maio de 1956, na Baía de Minamata, no sudoeste do Japão, governos de vários países (principalmente do Japão) tomaram medidas para regulamentação do mercúrio no ambiente. Essas medidas, a partir da década de 1980, contribuíram para a substituição das células de mercúrio por outras, como diafragma e membrana. No entanto, tal contaminação ocorrida na baía de Minamata não foi proveniente da indústria de soda-cloro, e sim de uma planta da Chisso Corporation, que obtinha o metilmercúrio como subproduto na síntese do acetaldeído.

Tabela 2

Distribuição das Indústrias de Soda-Cloro no Brasil por Tecnologia em 2007

EMPRESA	ESTADO	TECNOLOGIA	ANO DE IMPLANTAÇÃO	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO CLORO (t/a)	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO SODA (t/a)
Solvay	SP	Mercúrio/ Membrana*	1948	115.700	130.000
Igarassu	PE	Mercúrio	1963	27.900	31.400
Pan-Americana	RJ	Mercúrio/ Membrana	1951	27.800	27.800
Carbocloro	SP	Mercúrio/ Diafragma/ Membrana	1964	255.000	286.000
Braskem	BA e AL	Mercúrio/ Diafragma	1975	474.400	533.000
Dow	BA	Diafragma	1977	415.000	415.000
Canexus	ES	Membrana	1979	47.700	53.600

Fonte: Zavariz (2004).

* Expansão da capacidade de produção utilizando a tecnologia de membrana (em final de implantação) e substituição, no futuro, das antigas células de mercúrio pelas células de membrana.

No Brasil, a repercussão desse caso ocasionou a criação, no Estado do Rio de Janeiro, da Lei 2436/95, de 20 de setembro de 1995, que proíbe a implantação/expansão de indústrias de soda-cloro com células de mercúrio e de diafragma de amianto.

Em 3 de julho de 2000, foi sancionada a Lei Federal 9.976, que regulamentou, em âmbito nacional, a proibição da implantação/expansão de indústrias de soda-cloro com células de mercúrio e de diafragma de amianto.

Atualmente, a indústria de soda-cloro no Brasil é responsável pela emissão de 25% de todo mercúrio para a atmosfera, logo atrás do garimpo de ouro (30%) [Lacerda et al. (2007)].

PVC

O PVC consome em torno de 40% de toda a produção mundial de cloro e é, portanto, o maior responsável pelo volume de organoclorados gerados.

A formação de subprodutos organoclorados inicia-se na produção do gás cloro. Os resíduos clorados perigosos são gerados na síntese do dicloreto de etileno (*ethylene dichloride* – EDC) e do monômero de cloreto de monovinila (*vinyl chloride monomer* – VCM), ambos precursores do PVC.

As misturas químicas produzidas nas sínteses de EDC e VCM incluem certos tipos de poluentes extremamente perigosos e bioacumulativos, como as dioxinas (dibenzo-p-dioxinas policloradas), os furanos (dibenzofuranos policlorados), os PCBs (policloretos bifenilos), o hexaclorobenzeno (BHC ou HCB) e o octacloroestireno (OCE ou OCS).

Resíduos tóxicos oriundos do EDC e do VCM também são criados e liberados para o meio ambiente nos seguintes eventos:

- incineração de produtos de PVC no lixo;
- reciclagem de produtos metálicos que contenham vinil; e
- combustão e queima acidental de PVC em incêndios de prédios residenciais, depósitos e lixões.

Em sua forma pura, o PVC é rígido e quebradiço. Para tornar os produtos de vinil flexíveis, como o material de forro, de pisos e de paredes, plastificantes são adicionados ao PVC (acima de 60% em

peso do produto final). Os plastificantes utilizados em vinil são compostos denominados ftalatos, acusados de oferecerem riscos à saúde e ao meio ambiente. Na construção civil, os ftalatos são agregados extensivamente ao PVC (em cerca de 90% dos produtos).

Para controlar a decomposição dos catalisadores de PVC, são adicionados estabilizantes metálicos à resina que se destina ao uso na construção civil e outras aplicações de longa vida. Os aditivos mais comuns utilizados para o PVC são o chumbo, o cádmio e o estanho, ou seja, metais pesados.

Esses estabilizadores metálicos podem ser liberados dos produtos de vinil quando são formulados, utilizados ou descartados. Como esses metais são tóxicos, devem ser monitorados e controlados os seus teores, bem como suas emissões para o meio ambiente

Mesmo na Europa, onde a reciclagem de PVC é mais avançada do que nos Estados Unidos, menos de 3% do PVC pós-consumido é reciclado. Consequentemente, não existe uma redução real na produção de PVC “virgem”. Estima-se que, em 2020, somente 9% de todo o lixo pós-consumo de PVC seja reciclado na Europa.

A empresa norte-americana Dow atua no mercado desde 1897. Líder mundial na produção de soda-cloro, com cerca de 6,3 milhões de t/a ao final de 2007, responde por 13% da capacidade mundial. A Dow possui clientes em cerca de 160 países, com 150 unidades industriais distribuídas em 35 países, empregando em torno de 46.000 funcionários. Em 2007, suas vendas giraram em torno de US\$ 54 bilhões.

A segunda maior produtora de soda-cloro no mundo é a Occidental Chemical Corporation (OxyChem). Com sede em Dallas, no Texas, a empresa tem instalações fabris nos Estados Unidos, no Canadá e na América Latina.

A empresa Olin Corporation foi incorporada em 1892 e, atualmente, é a terceira maior produtora no mercado norte-americano e a quinta maior do mundo.

No continente europeu, a empresa Dow lidera o mercado de cloro, com capacidade de produção de 1,8 milhão de toneladas, seguida das empresas Bayer e Solvay, com capacidade de produção de 1,3 milhão e 904 mil toneladas, respectivamente.

Cenário Mundial

Maiores Grupos e Empresas Atuantes no Mundo

Cenário Brasileiro

Maiores Grupos e Empresas Atuantes no Brasil

O mercado brasileiro de cloro é suprido, principalmente, por três grandes produtores que perfazem 84% da oferta total: Braskem, Dow e Carbocloro. Tendo em vista as dificuldades logísticas de transporte, o mercado é altamente segmentado por região.

A Braskem é líder no mercado nacional na produção de cloro e soda, com participação de 36,3% e 36,1%, respectivamente, no ano de 2007. A empresa tem o seu foco na produção de resinas termoplásticas, tais como polietileno, polipropileno, PVC e PET.

A empresa também é líder no mercado latino-americano de resinas termoplásticas desde a sua formação, em agosto de 2002, quando os grupos Odebrecht e Mariani integraram seus ativos petroquímicos à Copene Petroquímica do Nordeste S.A., antiga central de matérias-primas petroquímicas do Pólo de Camaçari, na Bahia.

As unidades industriais da Braskem produtoras de soda-cloro e PVC estão localizadas nos municípios de São Paulo (SP), Camaçari (BA) e Maceió (AL).

A Dow Brasil é a segunda maior produtora de cloro e soda no Brasil, com participação de 28,8% e 29,8%, respectivamente, no ano de 2007. As unidades produtoras de soda-cloro e PVC estão localizadas nos Municípios de Aratu (BA) e São Paulo (SP).

A Carbocloro é a terceira colocada, com participação de 20,4% de cloro e 21,1% de soda, em 2007. A empresa instalou-se no país em 1964, sendo uma *joint-venture* da Unipar – União de Indústrias Petroquímicas S.A. (grupo nacional privado com atuação nas áreas química e petroquímica), com a Occidental Chemical Corporation (OxyChem, maior fornecedor de soda-cloro dos Estados Unidos), cada qual com 50% da composição acionária. Possui uma unidade industrial no Município de Cubatão (SP). A empresa é voltada prioritariamente para o mercado doméstico, que concentra cerca de 94% das suas vendas. Supre aproximadamente 38% do mercado nacional de cloro líquido e 15% do mercado soda cáustica, além de deter cerca de 69% do mercado de ácido clorídrico e 53% do mercado nacional de hipoclorito de sódio. A sua planta é a única no mundo que possui as três tecnologias de produção de soda-cloro: mercúrio, diafragma e membrana.

A Solvay Indupa do Brasil S.A. ocupa o quarto lugar na produção de cloro. A empresa pertence ao Grupo Solvay, conglomerado internacional, com sede em Bruxelas, Bélgica e se localiza no Município de Santo André (SP).

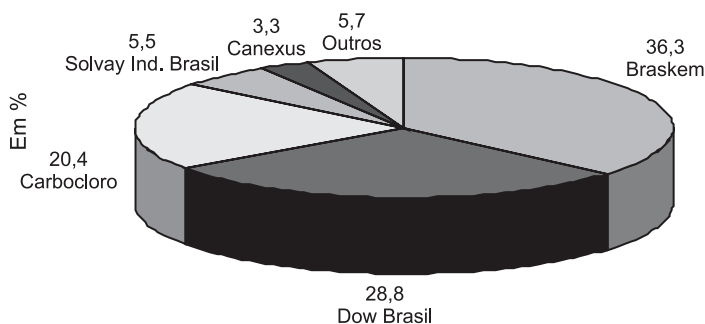
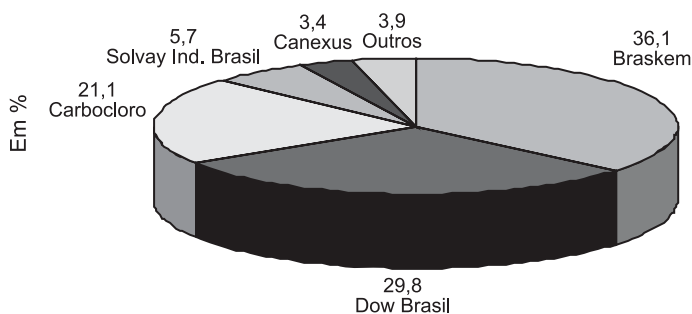
Os principais produtos e mercados da Solvay Indupa do Brasil S.A., tal como da Solvay Indupa S.A.I.C. (Argentina), são as resinas de PVC e a soda cáustica.

O complexo Solvay Indupa (Argentina e Brasil) é o segundo maior produtor de PVC do Mercosul. As duas plantas combinadas atingem, hoje, um volume de produção de 500 mil t/a de PVC e 280 mil t/a de soda cáustica.

O mercado da empresa é predominantemente doméstico, ocorrendo exportações marginais de PVC. A partir de 2010, o grupo passará a produzir eteno a partir do etanol para a fabricação de PVC, com um investimento de US\$ 500 milhões.

Figura 7

Participação das Principais Empresas na Produção de Cloro e Soda no Brasil em 2007



Fonte: Abiclor.

A empresa Canexus, ex-Nexen Química Brasil, é uma das unidades da multinacional canadense Canexus Ltd., instalada no

Município de Aracruz (ES). Atua na produção e na comercialização de clorato de sódio, soda cáustica, hipoclorito de sódio, cloro, ácido clorídrico e hidrogênio.

Voltada para o mercado de químicos no Brasil, a Canexus é uma das maiores fabricantes de clorato de sódio do país e uma das líderes da América do Sul, com capacidade de produção de 60 mil t/a.

A empresa Igarassu, localizada no município de Igarassu (PE), é uma das principais unidades do Grupo Produquímica, especializada na fabricação de produtos do complexo soda-cloro. Fabrica produtos como soda cáustica líquida, soda cáustica em escamas, cloro liquefeito, hipoclorito de sódio, ácido clorídrico e hidrogênio gasoso.

A Igarassu foi pioneira na produção do complexo soda-cloro no Brasil e permanece entre as principais indústrias do Nordeste, com capacidade anual de produção de soda cáustica líquida em torno de 32 mil t/a.

A Pan-Americana S.A. Indústrias Químicas é a única produtora de cloro e álcalis no Estado do Rio de Janeiro e líder absoluta dos mercados de potassa cáustica e carbonato de potássio na América Latina. Com sede no Município do Rio de Janeiro, mantém escritório comercial em São Paulo e representação comercial em Buenos Aires.

A maior unidade industrial da empresa, localizada no município do Rio de Janeiro, em Honório Gurgel, é totalmente dedicada à produção de cloro, álcalis e seus derivados, e sua capacidade instalada atende a demanda estadual.

Economia de Escala

Os investimentos na cadeia da indústria de soda-cloro são norteados pelo cloro. Isso motiva a carência de elevados investimentos no setor, uma vez que não adianta que o consumo da soda, produzida concomitantemente com o cloro, cresça todos os anos no Brasil e no mundo, como ocorre recentemente. É preciso ter colocação para o cloro para que os investimentos sejam feitos: são determinantes a atividade e produção dos maiores consumidores de cloro, como as cadeias do PVC e do poliuretano.

O processo eletrolítico de obtenção do cloro e do seu subproduto, soda cáustica, tem a eletricidade como insumo essencial para a reação de eletrólise da salmoura. Seu papel é indispensável e não há reação se não for enviada às células uma quantida-

de certa de energia elétrica (3,0-3,3 MWh por tonelada produzida de cloro). Como já dito anteriormente, a eletricidade responde por quase 50% do custo total de produção, o que corresponde a 28% da receita de uma indústria de soda-cloro.

É certo que a indústria química de hoje, incluindo o setor de soda-cloro, é caracterizada por preços flutuantes, variabilidade de processos e marcos regulatórios industriais estritos. De modo geral e, particularmente, no caso do setor de soda-cloro, as empresas vêm tentando equilibrar a necessária economia de escala com as demandas dos seus clientes. Há crescente necessidade de se manter o foco na quantidade exata que o cliente consome normalmente, para se obter custos mínimos em desenvolvimento de produto, produção e transporte.

O *Relato Setorial do BNDES nº 7, "Soda-Cloro"*, de 1998, cita algumas relações apuradas como aproximação às economias de escala no setor. Contudo tais parâmetros estão hoje mais influenciados pelas modernas tecnologias desenvolvidas, pelas questões de logística na aquisição dos insumos e pelo preço da energia elétrica, que varia de região para região, inclusive no mundo.

A compilação de dados empíricos, conforme *Perry's Chemical Engineering Handbook*, livro de referência padrão de engenharia química, mostra que o custo de capital de uma planta é função da relação de sua capacidade de produção elevada a um expoente. Essa potência apresenta valores diferentes para diferentes tipos de planta e é quase sempre menor do que um. O expoente típico é 0,7, o que significa que o custo de uma planta aumenta 62,5% quando a capacidade produtiva é dobrada.

Ao levantar a curva de uma planta para fabricação de soda cáustica (NaOH), por exemplo, com base no sal (cloreto de sódio) e um certo capital fixo, o expoente de economia de escala fica em 0,55, o que significa que com a metade do citado capital disponível se poderia erguer uma planta com capacidade de produção de apenas 28,35% da primeira. Entretanto, seria necessário um aumento de 46,4% no capital para dobrar a produção e de 83% para triplicá-la.

O recente cenário otimista dessa indústria no Brasil, com aumentos previstos de 3,5% para a demanda de cloro e 10% para a de soda, em 2008, faz prever a implantação de novas unidades ou expansões das existentes no país, apesar do valor do investimento necessário para a instalação das fábricas, que se elevou em cerca de 30% a 40% nos últimos três anos.

Estima-se hoje que o custo do investimento necessário para implantar uma fábrica de soda-cloro é de US\$ 1 mil por tonelada produzida. Acresce citar que as novas plantas, para trazerem retorno financeiro compensador, precisam ter capacidade de produção elevada, suficientes para atender o mercado global. Modernamente, plantas com capacidades entre 400 mil e 500 mil toneladas anuais devem ser consideradas, tendo em conta a indústria e o mercado mundiais.

Mercado

Mercado Interno

Mercado Interno da Soda Cáustica

A empresa Braskem lidera o mercado nacional, com capacidade instalada de 533 mil toneladas, em 2007, representando 36,1% da produção nacional, seguida pela Dow Brasil, com participação de 29,8%, e a Carbocloro, com 21,1%.

A produção de soda cáustica obteve um leve aumento na produção de 0,8%, em 2007, para 1,3 milhão de toneladas, conforme dados da Abiclor. Nas vendas totais de soda cáustica, houve um aumento de 5,7% em relação ao ano de 2006. Destacam-se, também, o aumento de 5,5% nas vendas internas e o aumento significativo de 10,5% nas vendas externas.

Em face da alta da demanda interna por soda, no ano 2007, o mercado brasileiro aumentou a importação em 18,3% em relação a 2006.

A maior parte da produção de soda cáustica é consumida pelo segmento de papel e celulose, com 22,7%, seguida pela produção de químicos/petroquímicos, com 22,6%, e pela metalurgia, com 15,6%. O setor de minerais não metálicos responde por 0,4% da demanda total.

Figura 8
Participação da Produção e da Capacidade Instalada de Soda Cáustica nos Anos de 2006 e 2007 no Brasil

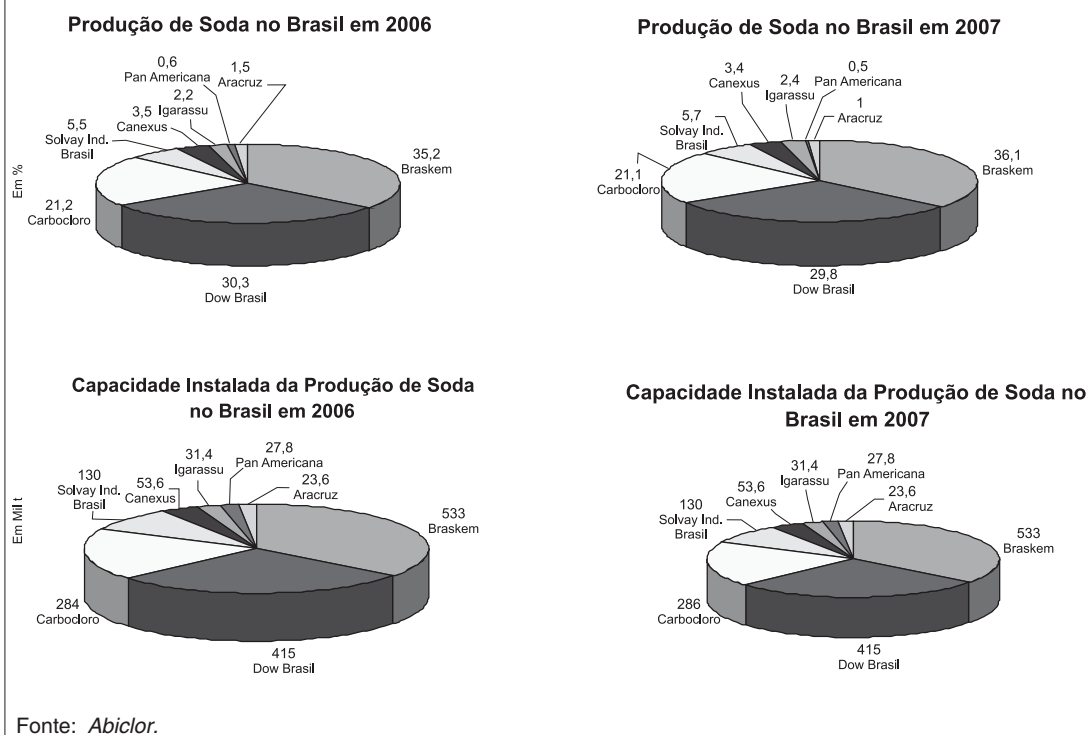


Tabela 3
Indicadores do Mercado Interno de Soda Cáustica no Brasil

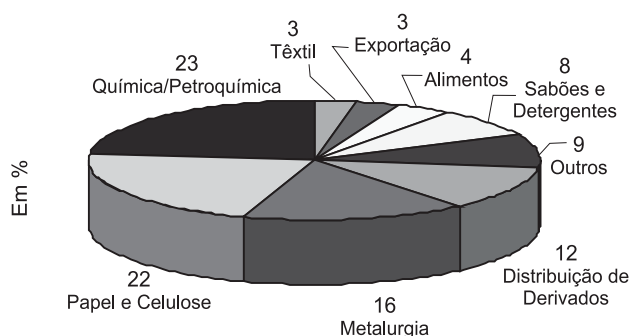
INDICADORES	2006	2007	2006/2005 (%)	2007/2006 (%)
Produção (Soda Líquida – Base Seca)	1.325,20	1.335,90	-1,2	0,8
Uso Cativo	178,2	164,3	-15	-7,8
Vendas Totais	1.105,70	1.168,60	-4	5,7
Internas	1.067,20	1.126,10	-3	5,5
Externas	38,5	42,5	-23,8	10,5
Importação ¹	677,5	801,6	28,9	18,3
Consumo Aparente ²	1.964,30	2.095,10	8,2	6,7

Fonte: Abiclor.

¹ Secex/Decex – Inclui as importações realizadas pelos produtos.

² Não considera estoques.

Figura 9
Distribuição do Consumo de Soda Cáustica em 2007



Fonte: Abiclor.

Mercado Interno de Cloro

No ano de 2007, a empresa Braskem liderava o mercado nacional, com capacidade instalada de 474,4 mil toneladas de cloro, representando 36,3% da produção nacional, seguida pela Dow Brasil, com participação de 28,8%, e pela Carbocloro, com 20,4%.

A produção brasileira de cloro subiu 0,5%, em 2007, para 1,2 milhão de toneladas (expansão da Carbocloro), em relação ao ano de 2006. As importações tiveram um aumento de 34,9%, em relação ao ano de 2006.

Tabela 4
Indicadores do Mercado Interno de Cloro no Brasil
(Em Mil t)

INDICADORES	2006	2007	2006/2005 (%)	2007/2006 (%)
Produção	1.223,0	1.229,5	(0,3)	0,5
Uso Cativo	1.027,9	1.048,0	0,5	2,0
Vendas Totais	189,5	183,1	(7,7)	(3,4)
Importação ¹	3,9	5,3	14,1	34,9
Capacidade Instalada	1.382,3	1.384,5	-	0,2
Nível de Utilização da Capacidade (%)	88,5	88,8	(0,3)	0,4
Consumo Aparente ²	1.226,9	1.234,8	(0,3)	0,6

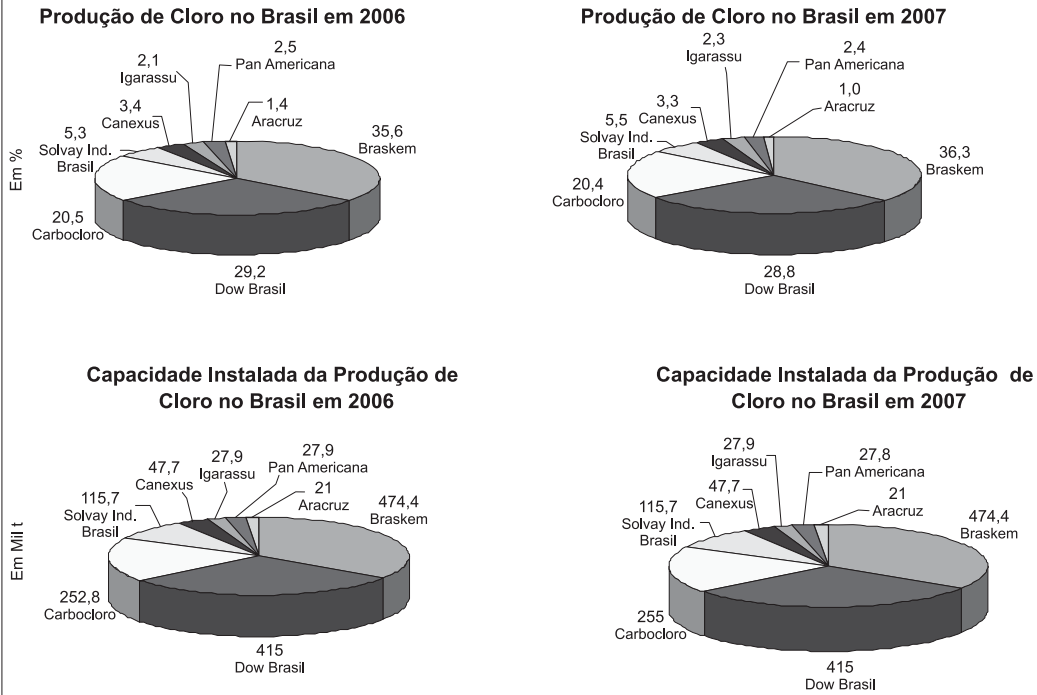
Fonte: Abiclor.

¹ Secex/Decex – Inclui as importações realizadas pelos produtores.

² Não considera estoques.

Figura 10

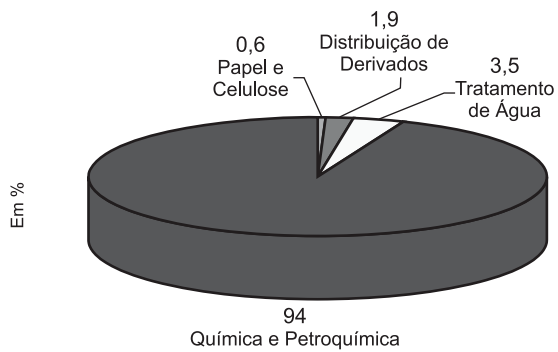
Participação da Produção e da Capacidade Instalada de Cloro nos Anos de 2006 e 2007 no Brasil



Fonte: Abiclor.

Figura 11

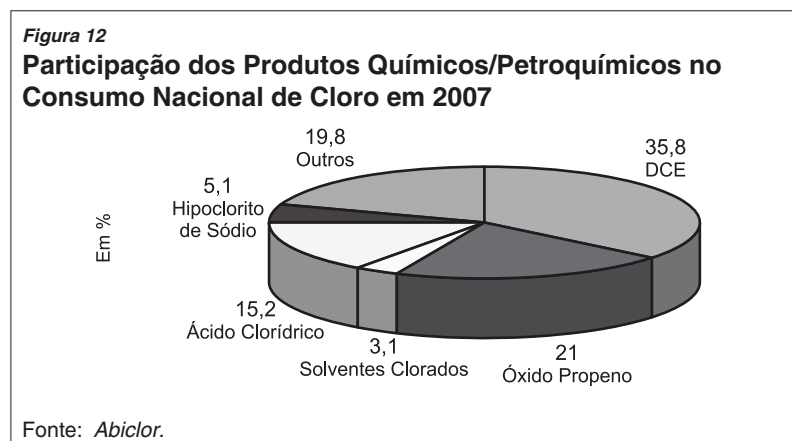
Consumo por Segmento da Produção Nacional de Cloro em 2007



Fonte: Abiclor.

Na produção de cloro, o maior demandante é o segmento de química e petroquímica, com 94%, seguido pelo segmento de tratamento de água, com 3,4%, distribuição de derivados, com 1,9%, e papel e celulose, com 0,6%.

O segmento de química e petroquímica destina 35,8% do seu consumo de cloro para a produção de DCE, insumo importante na produção de PVC.



Mercado Externo

Mercado Externo de Soda

Oferta

A capacidade de produção de soda no mundo, em 2007, foi de 56,9 milhões de toneladas. A distribuição geográfica da produção mundial pode ser vista na Figura 13.

A China vem aumentando a sua capacidade de produção de soda em face da crescente demanda do seu mercado interno, que foi de 16 milhões de toneladas em 2007, enquanto sua capacidade de produção era de 18,8 milhões t/a.

Ao mesmo tempo, houve uma considerável diminuição da capacidade produtiva na América do Norte e no Oriente Médio. No primeiro caso, o aumento da reciclagem de HCl (ácido clorídrico) formado no processo operacional, levou a uma considerável diminuição da produção de soda cáustica na América do Norte. Houve o cancelamento de cerca de 13% (2.152 mil t/a) da produção no período 2000–2007, com fechamento de plantas de soda-cloro.

No Oriente Médio, a diminuição de produção foi de 1.422 mil t/a, ocasionada pelo remanejamento do etileno, antes destinado à produção de PVC, para a fabricação de polietileno e etileno glicol, porque estes derivados possuem margens históricas maiores do

que as do PVC. Como o cloro e a soda são produzidos simultaneamente, a menor demanda do cloro resultou na queda da produção de soda. Os dez maiores produtores mundiais de soda no mundo em 2006 estão destacados na Tabela 5.

Figura 13

Distribuição da Produção Mundial de Soda em 2007

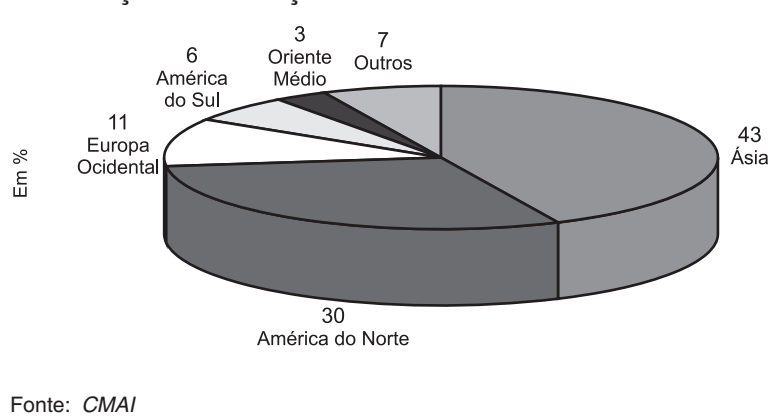


Tabela 5

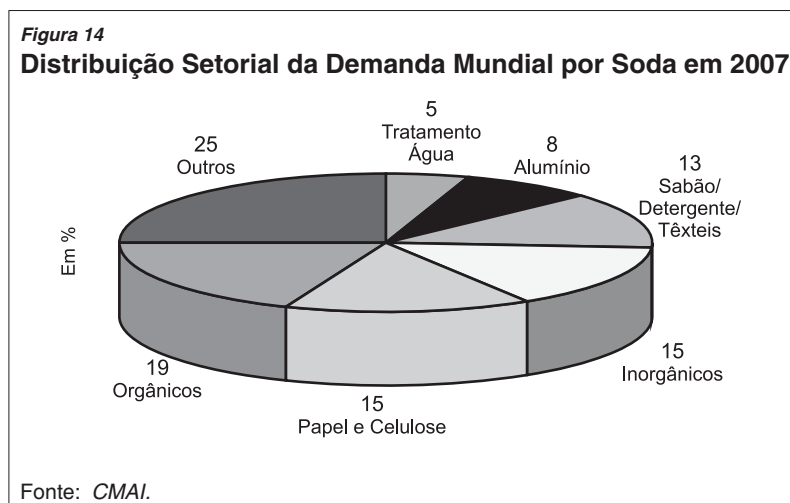
Maiores Produtores Mundiais de Soda em 2006

EMPRESAS	PRODUÇÃO (Em Milhões de Toneladas)	PARTICIPAÇÃO EM 2006 (Em %)
Dow	6,5	11
OxyChem	3,6	6
Solvay/SolVin	2,1	4
FPC	2	4
PPG	1,6	3
Bayer	1,5	3
Asahi Glass	1,1	2
Olin	1,1	2
Tosoh	1	2
Akzo Nobel	1	2
Outros	35,4	61

Fonte: Harriman Chemsult Ltd.

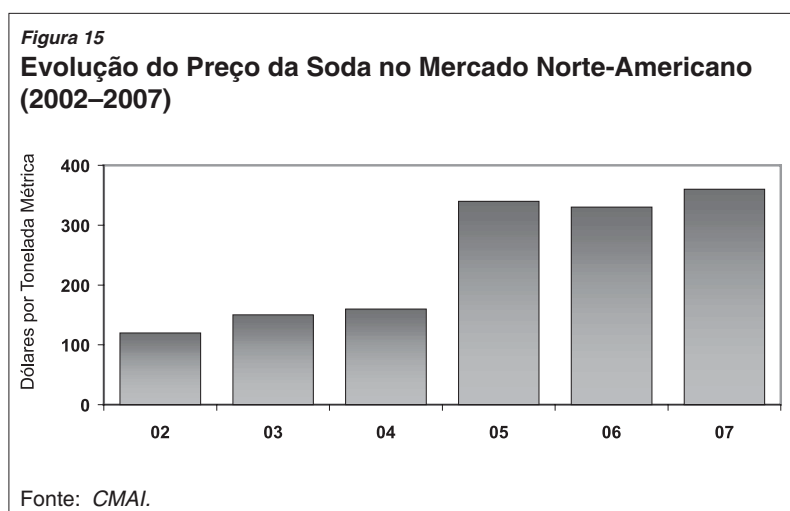
Demanda

A demanda mundial de soda, em 2007, foi de 59 milhões de toneladas e sua distribuição setorial pode ser vista na Figura 14.



O aumento da demanda mundial de soda é lastreado no crescimento do mercado interno chinês (15% a.a., no período 2002–2007), das indústrias de papel e celulose e de alumínio da América do Sul (aumento de 20% no período 2004–2007) e da indústria de alumínio da Austrália (aumento de 100% no período 2004–2007).

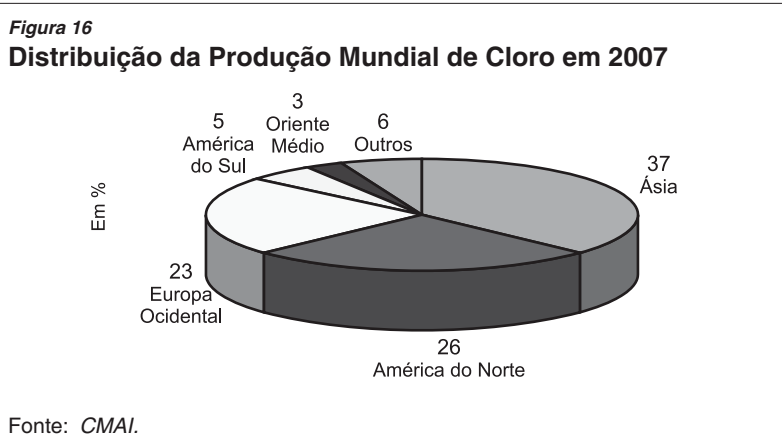
O consumo *per capita* de soda em 2007 foi de 27 kg na América do Norte e na Europa Ocidental. Na Figura 15, é mostrada a evolução do preço da soda no mercado americano:



A capacidade de produção de cloro no mundo, em 2007, foi de 51 milhões de toneladas e sua distribuição geográfica pode ser vista na Figura 16.

Mercado Externo de Cloro

Oferta



A capacidade de produção de cloro da China acompanha a demanda do mercado interno, que cresceu cerca de 1,4 milhão t/a no período 1992–2002. Em 2007, a capacidade de produção da China era de 18,5 milhões t/a.

Ao mesmo tempo, houve uma diminuição considerável de capacidade na América do Norte, em cerca de 7% (800 mil t/a), no período de 2002–2007, ocasionada pela desativação de plantas ineficientes e de alto custo.

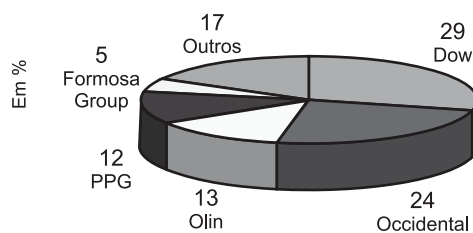
A consolidação da indústria norte-americana de cloro, iniciada no final da década de 1980, manteve-se em ritmo acelerado. Atualmente, cerca de 83% da capacidade instalada está concentrada nas mãos de 5 produtores: Dow: 29%; Occidental Chemical Corporation (OxyChem): 24%; Olin: 13%; PPG: 12%; Formosa Group: 5%.

A Dow é a maior produtora mundial, com cerca de 6,3 milhões t/a, sendo 4,2 milhões para o mercado do norte-americano e 2,1 milhões para a Europa Ocidental.

Na Europa Ocidental, a indústria de cloro apresenta-se mais fragmentada, com os cinco maiores produtores respondendo por 56% da capacidade instalada. Na China, a indústria é totalmente fragmentada.

Figura 17

Capacidade de Produção da Indústria Norte-Americana de Cloro



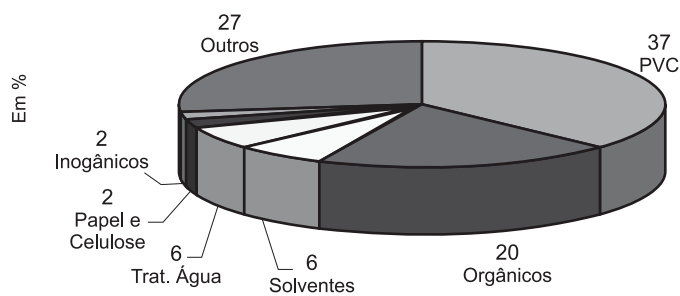
Fonte: CMAI.

Demanda

A demanda mundial de cloro no mundo, em 2007, foi de 55,1 milhões de toneladas e sua distribuição setorial pode ser vista na Figura 18.

Figura 18

Demanda Mundial de Cloro por Setor, em 2007



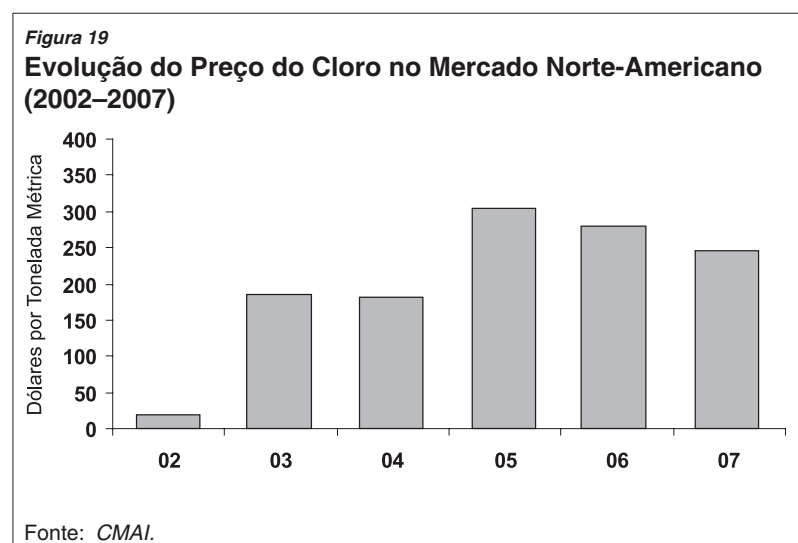
Fonte: CMAI.

A demanda mundial de cloro vem aumentando, especialmente nos países emergentes, com a crescente utilização do PVC na construção civil, alcançando cerca de 20 milhões t/a. A demanda da China pelo produto cresceu 15% a.a. no período 2002–2007, partindo de 4 milhões de toneladas, em 2002, para 7,5 milhões de toneladas, em 2007. Em 2007, a China respondeu por cerca de 27% do consumo global, ou seja, 15 milhões de toneladas.

Em 2012, o mercado mundial de cloro deverá alcançar 66,3 milhões t/a, com a China respondendo por cerca de 35% desta demanda (23 milhões t/a).

A China deverá suprir integralmente a sua demanda com plantas que entrarão em operação no biênio 2008-2009, tornando-se autossuficiente em cloro. Não estão previstas adições de capacidade de produção significativas para a Europa Ocidental e América do Norte.

O consumo *per capita* de cloro em 2007 foi de 28 kg na América do Norte, 25 kg na Europa Ocidental e 11,5 kg na China. Na Figura 19, mostrada a evolução do preço do cloro no mercado norte-americano:



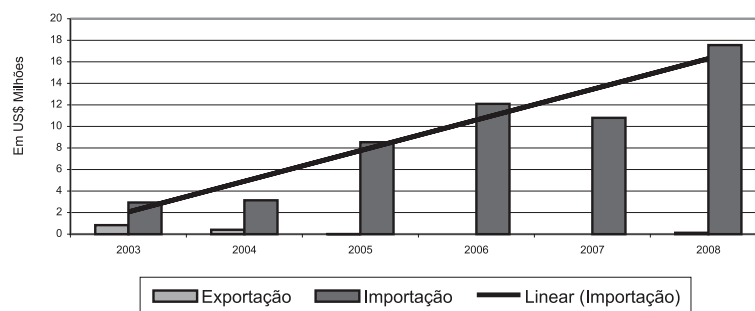
A produção de soda cáustica é subdividida em hidróxido de sódio em estado sólido (escamas) e em solução aquosa (lixívia), geralmente a 50%. No período 2003–2008, o Brasil apresentou balança comercial deficitária.

No período 2003–2008, o déficit de hidróxido de sódio em dólares (US\$) na balança comercial brasileira cresceu 497%. O mesmo ocorreu com a balança comercial do hidróxido de sódio em solução aquosa, cujo déficit aumentou em 274%, também em US\$. As Figuras 20 e 21 traduzem esses comportamentos, mostrando uma depressão da curva no ano de 2007.

Balança Comercial

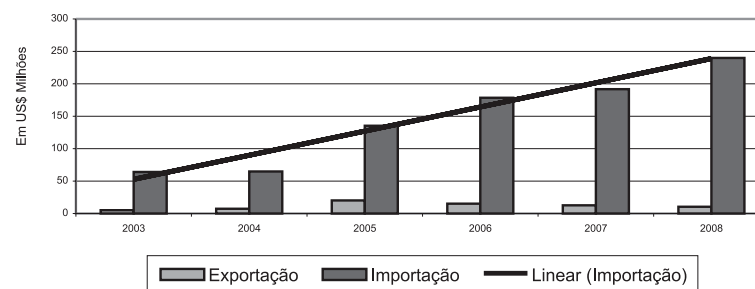
Soda Cáustica

Figura 20
Balança Comercial de Hidróxido de Sódio em Estado Sólido (2003–2008)



Fonte: Alice/MDIC.

Figura 21
Balança Comercial de Hidróxido de Sódio em Solução Aquosa (2003–2008)



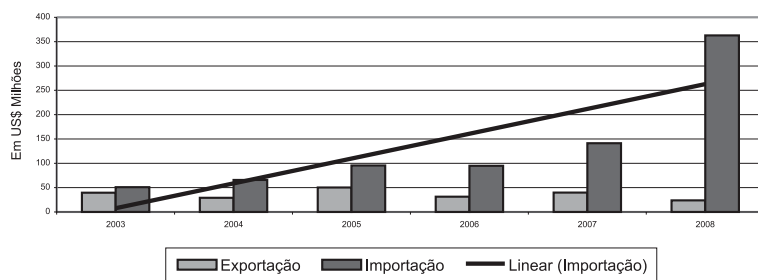
Fonte: Alice/MDIC.

Policloreto de Vinila (PVC)

A balança comercial brasileira de PVC apresentou déficit no período 2003–2008. Em relação ao exercício 2008, pode-se constatar pelo gráfico da Figura 22 um salto nas importações de aproximadamente 157% (US\$) em relação a 2007, motivada pelo aquecimento das atividades da construção civil, proporcionado, em grande parte, pelas obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do governo federal.

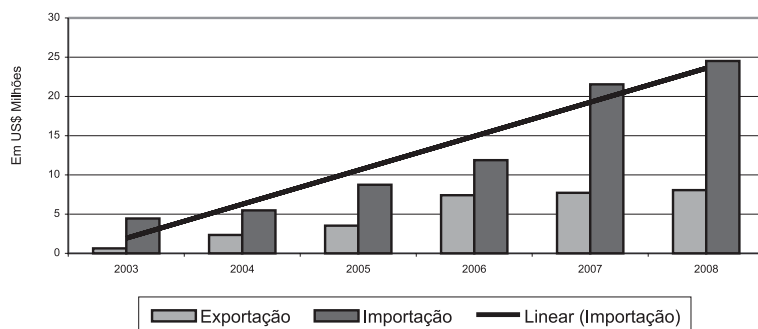
Além do PVC em forma pura, que corresponde à resina obtida pelos processos de emulsão e suspensão, há também o PVC não-plastificado (tubos e conexões) e o plastificado. Ambos apresentam déficits na balança comercial brasileira, conforme mostram os gráficos das Figuras 23 e 24.

Figura 22
PVC em Forma Primária (2003–2008)



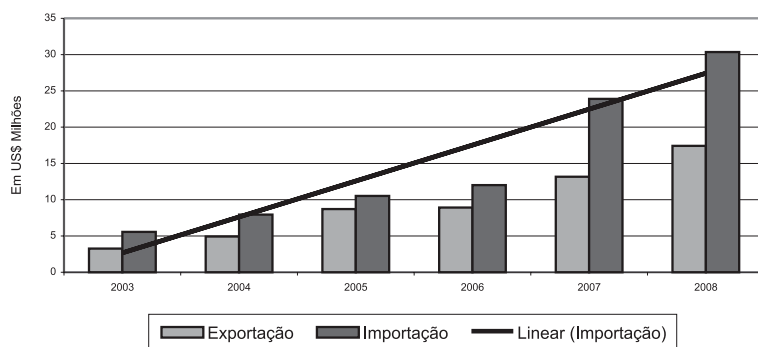
Fonte: Alice/MDIC.

Figura 23
PVC em Forma Primária – Não-Plastificado (2003–2008)



Fonte: Alice/MDIC.

Figura 24
PVC em Forma Primária Plastificado (2003–2008)



Fonte: Alice/MDIC.

Considerações Finais e Perspectivas

Apesar dos reflexos da atual crise econômico-financeira que afeta quase todos os países e mercados globais, a expectativa otimista para a indústria mundial de soda-cloro, a partir de 2010, é de aumento da demanda, já que o consumo de PVC cresce historicamente, no mínimo a 1,5 x PIB, e deve-se levar em conta, além disso e ao mesmo tempo, sua recente maior utilização, especialmente na construção civil.

Esse cenário, contudo, pode ser não se realizar exatamente assim. Existe o risco de que o agravamento da atual crise econômica mundial afete negativamente a produção de toda indústria de soda-cloro e altere até os índices mais otimistas previstos pouco antes da deflagração da crise.

Estimativas apontam um crescimento de 18% para o mercado mundial de cloro até o ano de 2012, alcançando cerca de 66,3 milhões de t/a, com a China respondendo por cerca de 35% desse total. O consumo *per capita* de cloro na China deverá alcançar o patamar de 17 kg, em 2012 (atualmente encontra-se em 13 kg).

No segmento de PVC, espera-se um crescimento do mercado mundial de 20% até 2012, alcançando 49 milhões de t/a. A China deverá responder por cerca de 53% do mercado mundial de PVC, em 2012.

Para o mercado de soda, as projeções indicam um aumento da demanda mundial de cerca de 2,3 milhões de toneladas por ano até 2012, para atender o crescimento das indústrias de papel e celulose (América Latina), alumínio (América do Sul e sul da Ásia), e o forte crescimento do mercado chinês.

No Brasil, as medidas tomadas pelo Governo Federal para fomentar a construção civil e a criação do PAC, com investimentos na área de infraestrutura, já repercutiram no aumento da demanda de PVC.

A produção de cloro no terceiro trimestre de 2008 cresceu 1,6% em comparação com o trimestre anterior, segundo a Abiclor, chegando a 313.987 toneladas.

Também segundo a Abiclor, a produção de soda cáustica no terceiro trimestre de 2008 foi 2,1% maior do que no trimestre anterior, resultado de um recorde de produção em agosto de 2008, que alcançou 342.114 toneladas. As importações de soda, principalmente de setores como papel e celulose e alumínio, já haviam atingido o volume de 703,3 mil toneladas em 2008 (janeiro a setem-

bro). No terceiro trimestre, o crescimento das importações foi de 1,3% em relação ao trimestre anterior.

Em 2009, a produção de água sanitária aumentará também a demanda por cloro, pois passará a fabricar o produto com maior concentração de cloro, entre 3,9 a 5,6%, antes produzido somente com 2 e 2,5% de cloro.

Projeções do Instituto do PVC e da Abiquim apontavam um crescimento no consumo de PVC para 2008 de 34%, em relação ao ano de 2007, saltando de 820 mil toneladas, em 2007, para 1.096 mil toneladas, em 2008.

Para o futuro, além das obras do PAC, a Copa Mundial de Futebol, em 2014, deverá mobilizar recursos expressivos em obras de infraestrutura nas cidades brasileiras que sediarão os jogos, tais como: hotéis, reformas em estádios, aeroportos, equipamentos e transportes públicos, incrementando o uso do PVC e o consumo de cloro.

Além disso, o PVC já ganha maior espaço em aplicações como embalagens, *blisters* para medicamentos, calçados, mangueiras e chapas para comunicação visual. A utilização do PVC na medicina também vem crescendo, sendo utilizado na confecção de bolsas para sangue, soro e glicose, catéteres cardiovasculares, sondas, tubos endotraqueais, entre outros.

Novos usos para o PVC na construção civil, como esquadrias de janelas e revestimentos (laminados) para portas e móveis, devem aumentar nos próximos anos, seguindo a tendência já observada nos Estados Unidos e na Europa. Uma das maiores apostas para o uso do PVC no Brasil é em sistemas construtivos¹ para imóveis de média e baixa renda. Batizado de ConcretoPVC e com tecnologia canadense, o sistema está sendo introduzido no Brasil através de uma parceria entre a Braskem, a Plásticos Vipal S.A. e a Royal do Brasil Technologies S.A. O sistema é composto de perfis leves e modulares de PVC, de simples encaixe, preenchidos com concreto e aço estrutural, dispensando o acabamento externo, uma vez que o perfil de PVC não exige pintura ou a colocação de azulejos.

ABIQUIM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. *Anuário da Indústria Química Brasileira*, 2008.

ABICLOR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÁLCALIS, CLORO E DERIVADOS. *Balanço Social*, 2005.

¹ Sistema construtivo é uma nova técnica para projetar e construir, de forma industrializada, vários tipos de edificação.

_____. *Anuário Estatístico*, 2007.

CMAI – CHEMICAL MARKETS ASSOCIATES, INC. CMAI 2008 – World Petrochemical Conference.

CORGOZINHO, Daniel do Valle. *Indústria de cloro-soda no Brasil*. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. Disponível em: <http://www.chem.unep.ch/mercury/2001-gov-sub/sub66govatf5.pdf>. Acesso em 13 de novembro de 2008.

DCI. “Custo de energia pressiona indústria”. Disponível em: http://www.portalpch.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=1692&Itemid=98. Acesso em: 22 de dezembro de 2008.

EURO CHLOR. *Chlorine Industry Review 2007–2008*.

GRASSI, Eduardo Lourenço. *Estudo da incrustação em saturador de cloreto de sódio em unidade de produção de cloro-soda*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005 (Dissertação de Mestrado em Processos Industriais).

LACERDA, Luis Drude de et al. “Emissão de mercúrio para a atmosfera pela queima de gás natural no Brasil”. *Química Nova*, v. 30, n. 2, p. 366-369, 2007.

LADEVIQ, Andréia. “Transporte aquaviário corresponde a 13,6% da carga movimentada no país”. Intelog, 2008. Disponível em: <http://www.cgimoveis.com.br/logistica/transporte-aquaviario-corresponde-a-13-6-da-carga-movimentada-no-pais>. Acesso em: 2 de dezembro de 2008.

Lei 9.976, de 3 de julho de 2000. Disponível em: http://www.acpo.org.br/biblioteca/02_substancias_quimicas/mercurio/parecer_tecnico_lei_cloro.pdf. Acesso em: 7 de novembro de 2008.

LIMA, Pabhyanno Rodrigues. *Investigação da formação e efeitos do clorato sobre a reação de desprendimento de hidrogênio no processo de cloro-soda com tecnologia de diafragma*. Universidade Federal de Alagoas, 2006 (Dissertação de Mestrado em Química e Biotecnologia).

LOGWEB. “Especialistas analisam quadro atual da cabotagem brasileira”. Disponível em: http://www.newslog.com.br/site/default.asp?TroncoID=907492&SecaoID=508074&SubsecaoID=483908&Template=../artigosnoticias/user_exibir.asp&ID=162827&Titulo=Especialistas%20analisam%20quadro%20atual%20da%20cabotagem%20brasileira. Acesso em: 2 de dezembro de 2008.

QUÍMICA E DERIVADOS, nº 432. Disponível em: http://www.quimica.com.br/revista/qd432/cloro_soda1.htm. Acesso em: 7 de novembro de 2008.

QUÍMICA E DERIVADOS, nº 473. Disponível em: <<http://www.quimica.com.br/revista/qd473/atuual/atualidades03.html>>. Acesso em: 25 de novembro de 2008.

SANTOS, José Erasmo da Silva. *Sal-gema*. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2008/salgema.pdf>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2008.

SILVESTRE, Thiago. “Para Antaq, navegação de cabotagem é subutilizada, apesar de custo baixo”. Agência Brasil – Radiobrás, 2008. Disponível em: <<http://www.revistameioambiente.com.br/2008/04/29/para-antaq-navegacao-de-cabotagem-e-subutilizada-apesar-de-custo-baixo>>. Acesso em: 25 de novembro de 2008.

SISTEMA ALICEWEB. *Balança Comercial de 2003 a 2008*. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 29 de dezembro de 2008.

THE ECONOMICS OF GOEBBELS. Disponível em: <<http://www.ts.co.nz/acl/goebbels.htm>>. Acesso em: 29 de dezembro de 2008.

WIKIANSWERS. Disponível em: <http://wiki.answers.com/Q/The_impact_of_chloralkali_industry_on_the_environment>. Acesso em: 2 de dezembro de 2008.

Wikipédia. Acesso em: 17 de dezembro de 2008.

ZAIDAN, Eduardo May. *Construção, o desafio do crescimento sustentado*. Fundação Getúlio Vargas, SindusConSP, 2008.

ZAIONCZ, Soraia. *Estudo do efeito de plastificação interna do PVC quimicamente modificado*. Universidade Federal do Paraná, 2004 (Dissertação de Mestrado em Química – Área de Concentração Química Orgânica).

ZAVARIZ, Cecília. *Contaminação por uso do mercúrio no Brasil*. Associação de Consciência à Prevenção Ocupacional, 2004.

Sites Consultados

ABICLOR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÁLCALIS, CLORO E DERIVADOS. Disponível em: <<http://www.abiclor.com.br/>>. Acesso em: 8 de dezembro de 2008.

ARACRUZ CELULOSE. Disponível em: <<http://www.aracruz.com.br>>. Acesso em: 20 de novembro de 2008.

CANEXUS. Disponível em: <<http://www.canexus.ca/site/index.php>>. Acesso em: 12 de novembro de 2008.

BRASKEM S.A. Disponível em <<http://www.braskem.com.br>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2008.

CARBOCLORO. Disponível em: <<http://www.carbocloro.com.br>>. Acesso em: 10 de novembro de 2008.

DOW. Disponível em <<http://www.dow.com>>. Acesso em: 10 de novembro de 2008.

INSTITUTO DO PVC. Disponível em: <<http://www.institutodopvc.org>>. Acesso em: 18 de dezembro de 2008.

LATIN CHEMICAL. Disponível em: <<http://www.latinchemical.com.br>>. Acesso em: 24 de novembro de 2008.

REDE PERMEAR. Disponível em: <<http://www.permear.org.br/2007/07/31/perigos-do-uso-do-pvc>>. Acesso em: 5 de novembro de 2008.

SOLVAY INDUPA. Disponível em: <<http://www.solvay.com>>. Acesso em: 12 de novembro de 2008.