



A série 'Acidentes Explicados pela Ciência' tem por objetivo mostrar os maiores e mais incríveis acidentes causados pelo homem mostrando essencialmente o que aconteceu sob o ponto de vista científico. As reações químicas aqui descritas não devem, em hipótese alguma, ser reproduzidas devido ao seu alto grau de periculosidade.

Desastre em Bhopal

Conheça os detalhes do maior acidente na indústria química da história.

EMILIANO CHEMELLO
chemelloe@yahoo.com.br

Bhopal, centro da Índia, 3 de dezembro de 1984. Um local e data que fazem a gente ter dois sentimentos distintos. O primeiro é de tristeza em saber que quase 4 mil morreram neste dia por causa de um acidente em uma indústria química. Somado-se as 20 mil vítimas fatais posteriores, além das 500.000 mil pessoas que sofreram injúrias por causa do gás, estes números fizeram deste episódio o mais terrível na história da indústria química. O segundo sentimento é de justiça, pois a negligência de meia dúzia de funcionários e dos donos da indústria fez milhares de pessoas vítimas do 'gás da morte'. Vejamos como foi esta história e qual foi seu desfecho.

A cidade de Bhopal fica a beira de um grande lago, quase no centro da Índia. Com mais de um milhão de habitantes na época, era um lugar agitado e cheio de vida. Mas na noite de domingo do dia 2 para a segunda-feira do dia 3 de dezembro de 1984, esta cidade seria o cenário de uma tragédia sem precedentes. Estima-se que pelo menos quatro mil pessoas tenham morrido (muitas enquanto dormiam) devido a

um vazamento de gás venenoso, o **metil isocianato (MIC)** (veja Figura 1). O acidente foi resultado da inesperada reação química deste gás com água que ocorreu nas instalações da Union Carbide, indústria química multinacional de agrotóxicos, a qual produzia condições para que houvesse alimentos para uma Índia em plena expansão populacional nas décadas de 60 e 70. O pesticida produzido pela Union Carbide era conhecido como Sevin, que agia atacando o sistema nervoso dos insetos. Sua produção envolvia substâncias muito perigosas e, na noite do dia 3 de dezembro, estas substâncias ficaram 'fora de controle'.



As razões para que ocorresse o acidente ainda hoje são controversas. Porém, várias fontes indicam a manutenção errada (limpeza) dos canos que conduziam a matéria prima para síntese do Sevin o fator inicial do acidente. Como na preparação de um bolo, a indústria química possuía os ingredientes que, quando misturados na proporção certa, resultam no pesticida. O gás **fosgênio** era um destes ingredientes. Extremamente letal, foi utilizado nas guerras mundiais. Mas o fosgênio era apenas um

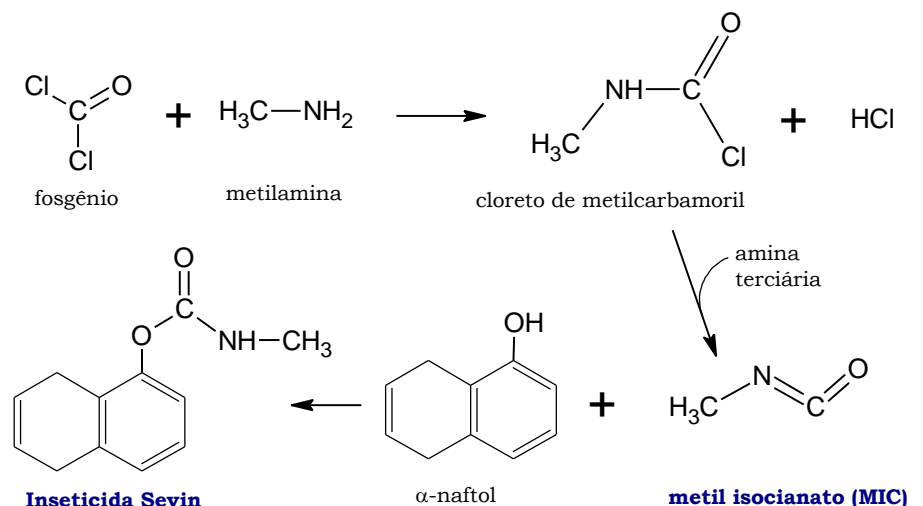


Figura 1 – Síntese do metil isocianato a partir de fosgênio e metilamina; síntese do inseticida Sevin, a partir do metil isocianato e α -naftol.

dos componentes e, devido a sua periculosidade, era armazenado em quantidades suficientes para a síntese de curtos períodos de produção. Outros componentes eram utilizados, em especial o MIC, o qual, ao contrário do fosgênio, era armazenado em vários tanques pressurizados, cada um com capacidade para 42 toneladas de gás liquefeito, capazes de matar milhares de pessoas caso algo desse errado.

O MIC é usualmente sintetizado a partir de metilamina e fosgênio (veja Figura 1). Em seguida, MIC reage com α -naftol para formar o inseticida conhecido como **Sevin**, o qual foi introduzido no mercado em 1958. Em 1984, a indústria funcionava apenas com um quarto da capacidade total de produção devido a diminuição da demanda deste pesticida e o surgimento de concorrentes mais eficientes. A intenção da fábrica era fechar a filial, mas pressões governamentais solicitaram o seu funcionamento. Com redução de pessoal e procedimentos de manutenção falhos, a empresa continuou a operar.

Voltando ao acidente, durante a etapa de manutenção, a adição de água promoveu o entupimento dos canos, em virtude da sujeira que acumulou-se com a lavagem. Com isto, a água começou a fazer o caminho inverso que deveria. Devido a alta reatividade do MIC, a interação entre os dois

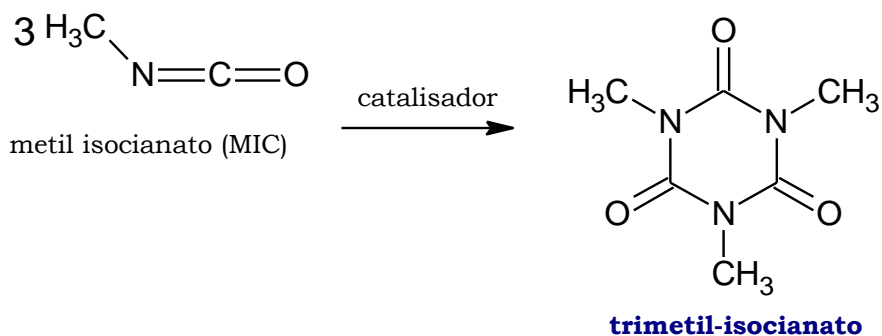


Figura 2 – Trimerização do MIC

líquidos seria altamente perigosa. Caso alguém inalar baixas concentrações de MIC, esta pessoa vai ser afetada primeiramente nas partes úmidas do corpo, como os olhos, a boca e as vias respiratórias superiores. Em altas concentrações, o MIC chega no pulmão e o danifica, fazendo-o sangrar provocando asfixia com o próprio sangue, mecanismo semelhante com que o fosgênio faz como gás de guerra.

Pelo planejamento da empresa, deveria existir um impedimento da entrada de água no tanque. Mas este foi apenas um dos inúmeros pontos falhos de segurança que a indústria química Union Carbide cometeu. A tragédia teve início quando 35 toneladas de MIC reagiram com água e vaporizaram. Mas somente isto não causaria a morte de milhares de indianos. Uma incrível combinação de falhas ocasionou a tragédia. Por exemplo, antes da limpeza dos canos, um proce-

dimento de segurança adequado é isolar uma seção para que a água não possa fluir para dentro dos compartimentos com as substâncias perigosas. Este procedimento, que demora cerca de duas hora para ser executado, foi ignorado pelos funcionários da Union Carbide, os quais fizeram a lavagem dos canos sem isolá-los das demais seções.

Mesmo com a entrada de água, o acidente poderia ser evitado. Porém, os medidores de pressão da válvula que ligava os canos aos tanques de reservatório estavam com defeito. Pior, a válvula estava com vazamento e, se gás saia, água poderia entrar. E entrou.

Um dos produtos da reação do MIC com a água é o dióxido de carbono, além de muito calor (*papo de cientista*: reação exotérmica). Então, temos um ciclo auto consistente: quando mais calor é gerado, mais rápida é a reação e, quanto mais rápida, mais calor é

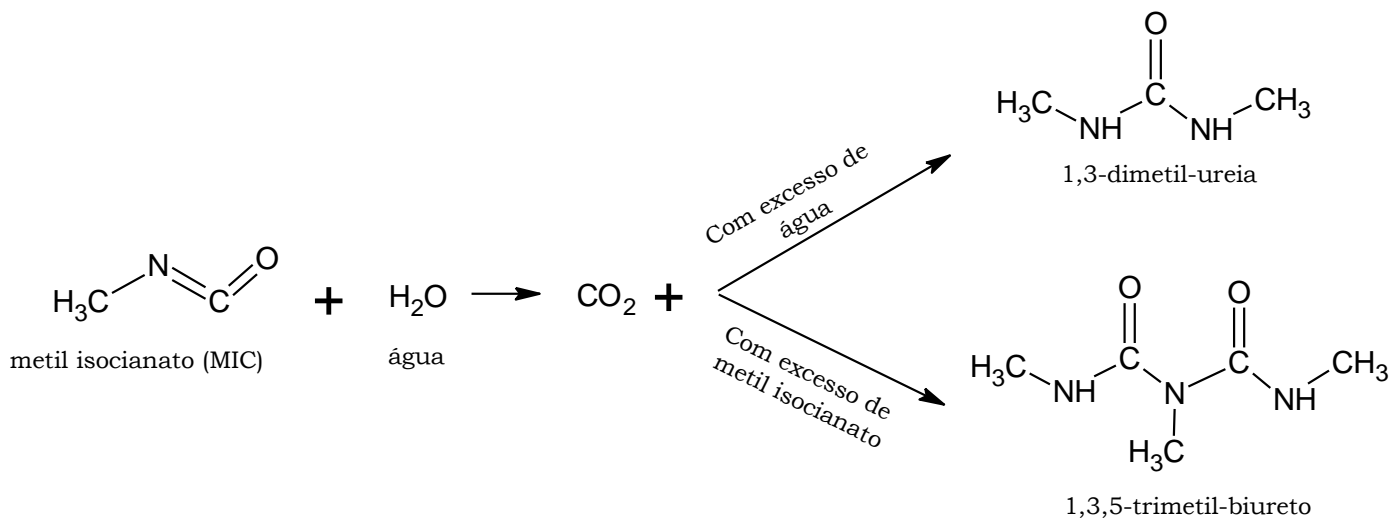


Figura 3 – A reação exotérmica entre a água e o MIC resultando em dióxido de carbono e, dependendo das concentrações, dois produtos com temperaturas de ebulição em média de aproximadamente 120 °C.



Figura 4 – Imagem real das vítimas fatais do desastre em Bhopal.

ram esperar milhares de mortes para tomar uma atitude.

liberado. Isto em química é conhecido como princípio Le Chatelier (veja Figura 3).

Mas ainda sim o acidente poderia ter sido evitado. Os tanques possuíam um sistema de resfriamento, mas este estava desligado desde o mês de maio daquele fatídico ano. Com o aquecimento, uma reação secundária de junção de três moléculas de MIC (*papo de cientista*: trimerização), etapa que gera uma molécula estável e mais calor (Figura 2). Com tanta pressão sendo gerada, a válvula explodiu e o gás produzido começou a fluir pela tubulação da indústria e depois saiu para a atmosfera. E assim começou a matança. Este poderia ser o final infeliz desta história, mas ainda tem mais.

Em junho deste ano (quase 26 anos depois), a corte indiana condenou oito pessoas por negligência ao não prevenirem um dos piores acidentes industriais do mundo. O juiz Mohan P. Tiwari condenou os acusados por terem “causado mortes por negligência” e por “homicídio culposo, sem intenção de matar”. Deverão ficar dois anos na prisão.

Apesar de ser pouco provável, esta história tem um lado positivo. Juntando-se a acidentes de menor escala na década de 70 até o ponto culminante do desastre em Bhopal, houve modificações na regulamentação internacional sobre acidentes químicos. Infelizmente, para aprender as lições, os responsáveis pelas normas de segurança precisa-

O Emiliano

Chemello é licenciado em química pela Universidade de Caxias do Sul e Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais pela mesma instituição. Leciona em escolas de ensino médio e pré-vestibular na Serra Gaúcha.



Visite o site:

www.quimica.net/emiliano

Este material pode ser reproduzido por completo ou parcialmente, desde que seja citada a fonte.

Para saber mais:

→ Les Films Roger Leenhardt – documentário com simulação do que aconteceu

<http://www.youtube.com/watch?v=dy7Mb6azXIs&feature=related>

→ The Bhopal disaster and its aftermath: a review

<http://www.ehjournal.net/content/pdf/1476-069X-4-6.pdf>

→ Studies of Methyl Isocyanate Chemistry in the Bhopal Incident. *J. Org. Chem.* 1986, 51, 3781-3788.

→ Reportagem do Jornal Estadão sobre a punição dos responsáveis:

<http://www.estadao.com.br/noticias/internacional,india-condena-8-pessoas-por-acidente-em-bhopal,562638,0.htm>

→ Acidentes químicos ampliados: um desafio para a saúde pública. *Rev. Saúde Pública.* 1995, vol.29, n.6, pp. 503-514. ISSN 0034-8910. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v29n6/12.pdf>



Figura 5 – Protesto no vigésimo aniversário do desastre de Bhopal