

## AVALIAÇÃO DO RISCO ASSOCIADO À INALAÇÃO DE VAPORES ORGÂNICOS

Benedito M. Vieira

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - CTA - 12225 - São José dos Campos - SP

Luitza M. N. Cardoso

FUNDACENTRO - São Paulo - SP

Recebido em 14/11/90; cópia revisada em 25/9/91

A new parameter, tolerability, has been proposed for the evaluation of the risk involved in handling organic liquids. The tolerabilities of some primary alcohols, aromatic hydrocarbons and aliphatic aldehydes are presented.

Keywords: risk evaluation, toxicology, organic solvent tolerability.

## INTRODUÇÃO

Em nossa atividade diária constantemente corremos riscos, isto é, existe uma probabilidade, que eventualmente pode ser estimada e até medida, de sofrermos algum tipo de dano<sup>1</sup>. Danos podem ocorrer mesmo quando realizamos atividades que, por serem corriqueiras, nos parecem isentas de qualquer perigo. De fato podemos sofrer quedas ou acidentes com veículos ou podemos ser intoxicados por impurezas presentes no alimento, na água ou no ar. É claro que a probabilidade de sofrermos acidentes aumenta se andamos descuidados e com frequência, sobre parapeitos e escadas ou num tráfego intenso; a chance de intoxicação será maior se a qualidade dos nossos alimentos, da nossa água de abastecimento e do ar que respiramos não for adequada.

De uma maneira geral - e de forma quase automática - nos comportamos para evitar riscos. Todavia, para que isto aconteça é preciso saber que o risco existe e, melhor ainda, qual é o seu tamanho<sup>2</sup>.

Tanto a consciência de que existe risco, quanto a sua quantificação são certamente importantes nas atividades profissionais que são intrinsecamente perigosas, como é o caso do trabalho com solventes, combustíveis, tintas ou outros materiais que contêm líquidos orgânicos voláteis. Dentre os riscos associados ao contato com estes materiais, destacamos a probabilidade de ocorrer intoxicação devido à inalação de vapores orgânicos, eventualmente muito tóxicos.

Este risco de dano à saúde depende, além da toxicidade do vapor, das condições em que o material é utilizado e da sua volatilidade, porque destas características vai depender a concentração do vapor que existirá no ar inalado. Com efeito, dois parâmetros já propostos para a avaliação deste risco são relações entre a concentração de saturação do vapor ( $C_{sv}$ ) numa condição ambiente padrão (25°C e 760 mmHg) e uma concentração do vapor relacionada com a sua toxicidade<sup>3,4</sup>. O que diferencia estes dois parâmetros adimensionais é que a toxicidade é expressa, em um deles<sup>3</sup>, pela concentração letal para 50% da população ( $CL_{50}$ ) e, no outro<sup>4</sup>, pela máxima concentração aceita em ambiente de trabalho (TLV). Uma terceira relação proposta para a avaliação deste risco envolve, além da volatilidade e da toxicidade da substância, características da exposição - nível de contato e consequências - que são avaliadas subjetivamente<sup>5</sup>.

O objetivo deste artigo é propor um novo parâmetro, a tolerabilidade, que tem a dimensão de tempo, para a avaliação do risco envolvido no trabalho com líquidos orgânicos. São apresentadas as tolerabilidades de alguns álcoois primários, hidrocarbonetos aromáticos e aldeídos alifáticos.

## EXPOSIÇÃO LETAL, PERICULOSIDADE E TOLERABILIDADE

Quando um animal passa a ser exposto de forma contínua a uma atmosfera contendo uma concentração constante ( $C$ ) de um vapor tóxico, o tempo de exposição ( $T$ ) requerido para que certo efeito observável se manifeste, com boa aproximação<sup>6</sup>, está relacionado com esta concentração pela relação hiperbólica  $TC = K$ . Conhecida como produto de Haber<sup>7</sup>, esta relação é a base do parâmetro "Time-Weight Average" (TWA), um limite de exposição ocupacional<sup>8</sup>. Quando ela é aplicada a intoxicações agudas, o tempo de exposição torna-se o tempo de sobrevivência e a constante  $K$  passa a ter a interpretação de Exposição Letal<sup>9</sup>. Dados de exposição letal ( $K$ ) de vapores gerados de líquidos orgânicos podem ser obtidos, sem grande dificuldade, realizando-se intoxicações agudas de pequenos animais<sup>6</sup>.

Dispondo-se de dados de exposição letal, pode-se obter a relação  $C_{sv}/K$  que, em princípio e de forma análoga às relações já propostas, seria adequada para a avaliação do risco associado à inalação de vapores. Este parâmetro, que arbitramos denominar **Periculosidade**, difere dos demais por ter dimensão ( $\text{tempo}^{-1}$ ) e o seguinte significado: é uma estimativa do quanto se está distante das condições letais, quando se trabalha durante uma unidade de tempo, num ambiente saturado de vapor.

Um parâmetro que tem uma interpretação mais favorável que periculosidade, que acabamos de definir, é justamente o seu inverso. De fato a relação  $K/C_{sv}$ , que tem a dimensão de tempo e que, por coerência, denominamos **Tolerabilidade**, pode ser interpretada como uma previsão do tempo de sobrevivência médio de indivíduos expostos em ambientes saturados de vapor.

## TOLERABILIDADE DE ALGUNS LÍQUIDOS ORGÂNICOS

São apresentadas na Tab. 1 as tolerabilidades de uma série de líquidos orgânicos, alguns deles largamente utilizados como combustíveis, desengraxantes e solventes. As exposições letais utilizadas para calcular estas tolerabilidades foram obtidas a partir de resultados de séries de intoxicações agudas de ratos Wistar, por inalação de vapor, realizadas sempre nas mesmas condições experimentais<sup>6</sup>. Obtidas desta forma, elas são comparáveis entre si e, portanto, permitem estabelecer uma hierarquia do risco associado ao trabalho com esses líquidos.

TABELA 1 - Tolerabilidade de alguns líquidos orgânicos

Substância	Exposição Letal* [10 <sup>2</sup> min% (v/v)]	P Vapor a 25°C** (mmHg)	Conc.Sat. Vapor [% (v/v)]	Tolerabilidade (min)
Metanol	12,0	125	16,4	73
Etanol	7,9	60	7,9	100
Propanol	2,3	21	2,8	82
Butanol	1,4	6,2	0,82	171
Benzeno	1,2	95	12,5	10
Tolueno	0,54	29	3,8	14
o-Xileno	0,41	6,6	0,87	47
m-Xileno	0,54	8,3	1,09	49
p-Xileno	0,39	8,8	1,16	33
Acetaldeído	0,63	900	100	0,6
Propionaldeído	0,40	318	41,8	1
Butiraldeído	0,90	112	14,7	6

\* Valores obtidos da referência 6

\*\* Valores obtidos a partir da referência 10

## DISCUSSÃO

De maneira semelhante às relações já propostas<sup>3-5</sup>, a tolerabilidade tem aplicação na avaliação relativa do risco. Pode-se estabelecer através dela uma hierarquia de risco que, como já foi enfatizado por Pependorf<sup>4</sup>, deve ser considerada quando se escolhe o líquido orgânico a ser empregado numa certa atividade. A simplicidade deste tipo de aplicação é evidenciada com os hidrocarbonetos listados na Tab. 1 e comumente empregados como solventes. É imediato concluir, por essa tabela, que a utilização de xilenos envolve um risco de três a cinco vezes menor do que a de benzeno, ainda que eles sejam de duas a três vezes mais letais que o benzeno. É possível por meio da tolerabilidade também comparar riscos de atividades semelhantes, como é o comércio de diferentes combustíveis. Os dados da Tab. 1 mostram que um frentista corre risco de ser intoxicado acionando tanto a bomba de álcool quanto a de gasolina, combustível com teores razoáveis de hidrocarbonetos aromáticos. Por coerência, portanto, devem-se adotar medidas de segurança que evitem a inalação, em nível não aceitável, desses depressores do sistema nervoso central.

A tolerabilidade, pela maneira como foi definida, distingue-se das demais relações. Ela permite avaliar o risco de forma absoluta. Por exemplo, verifica-se pela Tab. 1 que é muito pequeno o tempo de exposição suficiente para haver risco de intoxicação aguda pelos aldeídos alifáticos listados e, em menor extensão, por benzeno e tolueno. Isto se deve, sobretudo, a grande volatilidade dessas substâncias, que pode ser diminuída.

É preciso reconhecer neste ponto que a tolerabilidade, apesar de ser uma propriedade intensiva com significado físico, de aplicação simples e obtida sem grandes dispêndios, apresenta limitações. Duas delas podem ser contornadas, porém, como discutido a seguir. Por ser obtida a partir de dados de

exposição letal, ela constitui uma estimativa de risco de vida e, portanto, subestima a probabilidade de uma pessoa exposta sofrer danos decorrentes de intoxicações sub-agudas ou crônicas. Estimativas de risco mais realistas podem ser conseguidas, porém, com um parâmetro semelhante obtido a partir de exposições tóxicas (inverso da toxicidade) que, em princípio, poderiam ser determinadas para cada um dos efeitos provocados pela inalação de um vapor orgânico. Todavia, a determinação de dados de exposições tóxicas é demorada e dispendiosa. Enfim, não é tarefa muito fácil.

A segunda limitação, inerente a qualquer relação semelhante que se possa imaginar, decorre da obrigatoriedade de se representar a volatilidade do líquido pela concentração de saturação do seu vapor. E a concentração de vapor no ar inalado pelo trabalhador, dependendo da sua localização, das condições de agitação do material e da ventilação do ambiente, que influenciam de forma significativa o seu valor, pode ser - e felizmente em geral é - muito menor que a de saturação. Portanto, a tolerabilidade superestima o risco de intoxicações agudas. Deve ser notado porém que, tendo-se o valor da tolerabilidade e conhecendo-se a concentração de vapor no ar inalado, pode-se estimar a duração da exposição que seria fatal. Tempos de exposição críticos semelhantes não podem ser estimados, é claro, a partir das relações anteriormente propostas para avaliação deste tipo de risco.

Deve ser destacado finalmente, que a utilização da tolerabilidade - seja na avaliação relativa do risco, seja na previsão da sua magnitude - fornece subsídios para a adoção de medidas preventivas para evitar o risco ou, pelo menos, torná-lo aceitável.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. György M. Böhm, que colocou à nossa disposição instalações do LPAE (FMUSP) para realização das intoxicações agudas de ratos e à FAPESP (Proc. 83/2072-1) pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- Johannsen, F.R.; *Critical Reviews In Toxicology* (1990), **20**, 341.
- Wilson, R.; Crouch, E.A.C.; *Science* (1987) **236**, 267.
- Jacobson, K.H.; Clen, J.H.; Wheelwright Jr., H.J.; Rinehart, W.E.; Mayes, N.; *A.M.A Arch. Ind. Health.* (1955), **12**, 609.
- Pependorf, W.; *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* (1984), **45**, 719.
- Langner, R.R.; Norwood, S.K.; Socha, G.E.; Hoyle, H.R.; *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* (1979), **40**, 1039.
- Vieira, B.M.; *Tese de Doutorado, USP/SP*(1988).
- Henschler, D.; *Am. Occup. Hyg.* (1984), **28**, 79.
- Atherley, G.; *Am. Hyg. Assoc. J.* (1985), **46**, 481.
- Rinehart, W.E.; *Am. Hyg. Assoc. J.* (1964), 545.
- a) Selected Values of Properties of Chemical Compounds. Thermodynamics Research Center Data project, Thermodynamics Research Center, Texas A & M University, College Station, Texas; Sheet number for alcohols: 23-2-1-(1.1020)-K; for aldehydes: 23-2-1-(1.1100)-K  
b) Selected Values of Properties of Hydrocarbons and Related Compounds. American Petroleum Institute Research Project 44. Thermodynamics Research Center, Texas A & M University, College Station, Texas; Sheet number for aromatic hydrocarbons: 23-3-(33.1110)-K.

Publicação financiada pela FAPESP