

## Química e Armas Não Letais: Gás Lacrimogêneo em Foco

**Nayane M. Amorim, Raquel A. Silva, Denis V. M. Paiva e Maria Goretti V. Silva**

Compostos que compõem o grupo dos lacrimogêneos vêm sendo bastante utilizados em operações militares para o controle de motins. O gás lacrimogêneo controla distúrbios desde a 1ª Guerra Mundial, causando intenso desconforto com quadro de lacrimação, tosse e dificuldades respiratórias. Quimicamente, o gás geralmente é constituído por três compostos distintos – CN (cloroacetofenona), CS (2-clorobenzilideno malononitrila) e CR (dibenz-1:4-oxazepina) – que provocam efeitos semelhantes. A química dos lacrimogêneos é um tema interdisciplinar que desperta o interesse dos alunos, principalmente devido ao momento histórico de hoje, fornece conhecimentos práticos e contextualiza o estudo de química.

► arma não letal, gás lacrimogêneo, CN, CS, CR ◀

88

Recebido em 01/04/2014, aceito em 27/07/2014

**A** utilização de armas não letais vem evoluindo e sendo aplicadas por policiais e forças armadas no intuito de dispersar ou controlar multidões em protestos ou manifestações violentas. O mercado de segurança pública está crescendo com as tecnologias não letais que, embora envolvam riscos, oferecem uma alternativa viável para o uso da força, lidando com situações em que a integridade física ou o patrimônio público ou de terceiros sejam ameaçados. São consideradas como sistemas de armas desenvolvidos e empregados a fim de incapacitar pessoas e materiais, ao mesmo tempo que minimiza mortes, invalidez e danos indesejáveis à propriedade e ao meio ambiente (Roos, 2004).

Os agentes não letais fazem parte da humanidade e são classificados como armas químicas ou biológicas. Devido às suas propriedades físico-químicas, são considerados armas porque seus efeitos fisiológicos

nos humanos vão desde vômitos, náuseas, irritações, queimaduras e, dependendo da quantidade, pode levar ao óbito, fazendo-se necessário treinamento completo para o uso apropriado desses agentes (Palhares, 2004).

Dentre as armas químicas, destacam-se os agentes lacrimogêneos (do latim *lacrima* = lágrima) que causam irritação nos olhos, acompanhada por lacrimação, como também irritações na pele e vias respiratórias. Os compostos químicos que produzem esses efeitos são chamados comumente de gás lacrimogêneo e dispersos por meio de aerossol, apresentando baixa toxicidade e sendo, portanto, considerados não letais (Palhares, 2004).

### Aspectos históricos do gás lacrimogêneo

Controlar situações de grande agitação social sem, contudo, matar ou ferir gravemente os participantes desses atos é um problema enfrentado por forças policiais ao redor do mundo todo desde as primeiras eras. Manifestações diversas, desde os movimentos estudantis até manifestações contra guerras, por direitos de classes e conflitos em geral em todos os

**Os agentes não letais fazem parte da humanidade e são classificados como armas químicas ou biológicas. Devido às suas propriedades físico-químicas, são considerados armas porque seus efeitos fisiológicos nos humanos vão desde vômitos, náuseas, irritações, queimaduras e, dependendo da quantidade, pode levar ao óbito, fazendo-se necessário treinamento completo para o uso apropriado desses agentes (Palhares, 2004).**

A seção "Química e sociedade" apresenta artigos que focalizam diferentes inter-relações entre Ciência e sociedade, procurando analisar o potencial e as limitações da Ciência na tentativa de compreender e solucionar problemas sociais.

continentes do mundo são exemplos de situações que exigiram o desenvolvimento de armas, equipamentos, munições e ações apropriadas para atuação nesse tipo de enfrentamento (Herbert, 2001).

Os gases lacrimogêneos têm sido utilizados em diversas situações. França e colaboradores (2010) destacam que os índios Tupinambás, do nordeste do Brasil colônia, desenvolveram uma forma rudimentar de gás lacrimogêneo por meio da queima da pimenta, cuja fumaça era utilizada para forçar seus inimigos a abandonar paliçadas e posições defensivas. Entretanto, somente a partir da 1ª Guerra Mundial, esses gases lacrimogêneos passam a ser mais conhecidos e descritos pelas suas propriedades agressivas (Palhares, 2004).

Atualmente são questionados os limites de poder da polícia e faz-se necessário destacar que a atuação policial dentro dos princípios democráticos exige competências pessoais como ética profissional, humanidade, tolerância e controle com a legalidade, pois a esses profissionais competem a preservação da ordem pública e o controle social (Sandes, 2007).

### A química dos lacrimogêneos

Os lacrimogêneos são constituídos por três compostos que são utilizados separadamente: CN (cloroacetofenona), CS (2-clorobenzilideno malononitrila) e CR (dibenz-1:4-oxazepina) (Quadro 01). A sigla CS remete aos sobrenomes dos químicos americanos que primeiramente sintetizaram essa substância (Ben Corson e Roger Stoughton). O CN e o CR foram ambos desenvolvidos nos anos 1960, sendo o CN o lacrimogêneo mais usado até essa década, quando foi substituído pelo CS. O CR é um agente 10 vezes mais irritante que o CS, mas seu emprego nunca foi relatado (França *et al.*, 2010).

O CN e o CS são compostos clorados, porém de classes estruturais diferentes, sendo o CN da classe das cetonas (-C=O) e o CS, uma nitrila (-CN). O CR é um composto cíclico de sete membros, da classe das oxazepinas, que se caracterizam por conter, no anel, os átomos de oxigênio e nitrogênio nas posições 1 e 4 respectivamente.

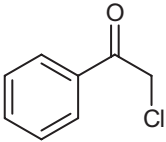
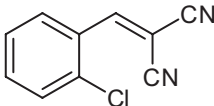
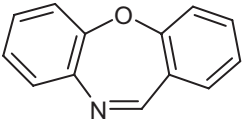
Esses agentes são pouco ou moderadamente solúveis em solução aquosa e voláteis à temperatura ambiente. São dispersos por meio de aerossóis (sprays) finos em recipientes pressurizados, contendo o agente e um propelente gasoso em cartuchos explosivos que volatizam o agente que logo recondensa em um aerossol. Uma granada de CS pode formar uma nuvem de 5 a 10 metros de diâmetro que pode persistir por 10 a 15 minutos (França *et al.*, 2010).

CS e CN produzem efeitos lacrimogêneos em concentrações de aproximadamente 0,0003 mg.L<sup>-1</sup>. Uma concentração de 0,0045 mg.L<sup>-1</sup> é intolerável. Se a concentração atingir índices de 0,85 mg.L<sup>-1</sup>, é letal em 10 minutos de exposição (Roos, 2004).

### Os efeitos dos lacrimogêneos no organismo

Os gases lacrimogêneos não são considerados como agentes químicos de guerra, e estes compostos foram desenvolvidos por apresentarem alta margem de segurança, porém podem provocar ferimentos e até morte quando empregados em espaços sem ventilação adequada e por períodos prolongados (Colasso; Azevedo, 2012). Os lacrimogêneos são capazes de provocar forte irritação das vias aéreas superiores e dos olhos. Aqueles que atuam nas vias aéreas são conhecidos como esternutatórios, enquanto que os que atuam nos olhos são conhecidos como lacrimogêneos (França *et al.*, 2010). Os sintomas da exposição aos lacrimogêneos são intensa irritação sensorial nas áreas expostas, mesmo em concentrações pequenas, rápido surgimento de dor nos olhos acompanhada por conjuntivite, blefarospasmo e lacrimação. Também causam sensação de queima na boca e nas mucosas próximas e dor, coceira, corrimento no nariz, constrição no peito acompanhada de tosse, espirros e aumento nas secreções da traqueia e brônquios (França *et al.*, 2010). Os sintomas surgem geralmente em cerca de 10 a 30 segundos após o início da exposição e podem se prolongar por até 30 minutos após a aplicação (França *et al.*, 2010). Se uma pessoa exposta a agentes químicos tóxicos deixa a

Quadro 01: Representação estrutural e propriedades dos lacrimogêneos (França *et al.*, 2010).

Representação estrutural			
Nome	Cloroacetofenona CN	2-Clorobenzilideno malononitrila CS	Dibenz-1:4-oxazepina CR
Ponto de Ebulição (°C)	244-245	310-315	-
Ponto de Fusão (°C)	55	95	73
Forma / Cor	Cristal / Incolor	Cristal / Branco acinzentado	Cristal / Amarelo pálido
Solubilidade*	Ins. água, Sol. etanol	mod. sol.água, Sol. acetona	Sol. água
Volatilidade (mg/m <sup>3</sup> )	105 (20 °C)	10 (20°C)	-
LC <sub>50</sub> (inalação) (mg.min/m <sup>3</sup> )	11.000	25.000	-

\*Hazardous Substances Data Bank (HSDB), <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@rn+@rel+2698-41-1>

área saturada rapidamente, os sintomas da exposição podem dissipar em cerca de 15 minutos, mas também podem durar por horas. Isso levou os defensores a argumentar que o uso do agente, quando realizado corretamente, tem efeitos não letais e, portanto, são seguros.

Agentes químicos tóxicos são muitas vezes utilizados de forma inadequada, mas cientistas e agências policiais também descobriram que esses agentes podem levar a mortes quando empregados indiscriminadamente e com força desproporcional. Estudo publicado pela federação de cientistas americanos, agentes químicos incapacitantes autorizados para fins de controle de multidão podem ser fatais para 10% das pessoas expostas (Horne; William, 1993).

O CS atua como uma farpa em pó com as partículas microscópicas que são potentes irritantes sensoriais que interagem principalmente com as membranas de mucosa úmida. Como o olho é o órgão mais sensível em controle de tumultos, é o que sofre mais enfermidades como: epífora, sensação de queimação, problemas visuais, aumento da secreção da mucosa (Fraunfelder, 2000). Pesquisadores indicam que esses compostos devem atuar diretamente em receptores sensoriais na pele e nas mucosas, envolvendo um processo enzimático que depende do NADH (França *et al.*, 2010).

### Formas de descontaminação dos lacrimogêneos

Dentre os agentes lacrimogêneos, o CS está autorizado pelo Ministério da Defesa (Exército Brasileiro) como espargidor como declara o Texto-Base – Dabst – CI V/ nº 013/2012:

*“O espargidor de gás lacrimogêneo CS é utilizado em Operações de Garantia da Lei e da Ordem, para o controle de distúrbios civis. O produto deve conter so-*

*lução como o agente ativo ortoclorobenzilideno-malonitrila (CS), pressurizada com gás propelente, capaz de incapacitar temporariamente os agressores, após entrar em contato com suas faces. O mesmo não deve ser inflamável e permitir o acionamento manual após liberação da trava de segurança, dispositivo este que deve funcionar corretamente enquanto houver carga útil. O produto deve se conservar ao longo de sua vida útil ausente de qualquer tipo de vazamento e possuir, pelo menos, cinco anos de garantia contra defeitos de fabricação.”*

**O CS produz irritação e incapacidade mais rapidamente e com menor concentração que o CN. Adicionalmente, sua menor volatilidade causa maior persistência do composto por períodos mais longos, o que dificulta a descontaminação desse gás. Pessoas afetadas com CS devem procurar ar fresco, com o rosto voltado para o vento, e não esfregar os olhos. Caso a contaminação tenha sido intensa, deve-se remover a roupa e imediatamente banhar o corpo com grande quantidade de água fria.**

Apesar de o CS ser permitido pelas Forças da Segurança Pública, seu efeito clínico é mais pronunciado que o gás CN, pois esse último, por apresentar alta volatilidade, não apresenta grandes problemas de descontaminação, basta um local arejado para os efeitos respiratórios serem amenizados. Já em relação à contaminação da pele, pode-se usar uma solução de 5% de bicarbonato de sódio em água para decompor o CN, neutralizando-o, conforme a reação descrita na Figura 01.

O CS produz irritação e incapacidade mais rapidamente e com menor concentração que o CN. Adicionalmente, sua menor volatilidade causa maior persistência do composto por períodos mais longos, o que dificulta a descontaminação desse gás. Pessoas afetadas com CS devem procurar ar fresco, com o rosto voltado para o vento, e não esfregar os olhos. Caso a contaminação tenha sido intensa, deve-se remover a roupa e imediatamente banhar o corpo com grande quantidade de água fria. Pode-se optar por uma solução de 5% de bicarbonato de sódio em água para remover os cristais do agente lacrimogêneo (Fine *et al.*, 1977).

É comum a utilização de ácido acético (Figura 02), presente no vinagre de uso doméstico, para amenizar os efeitos instantâneos do gás lacrimogêneo. No entanto,

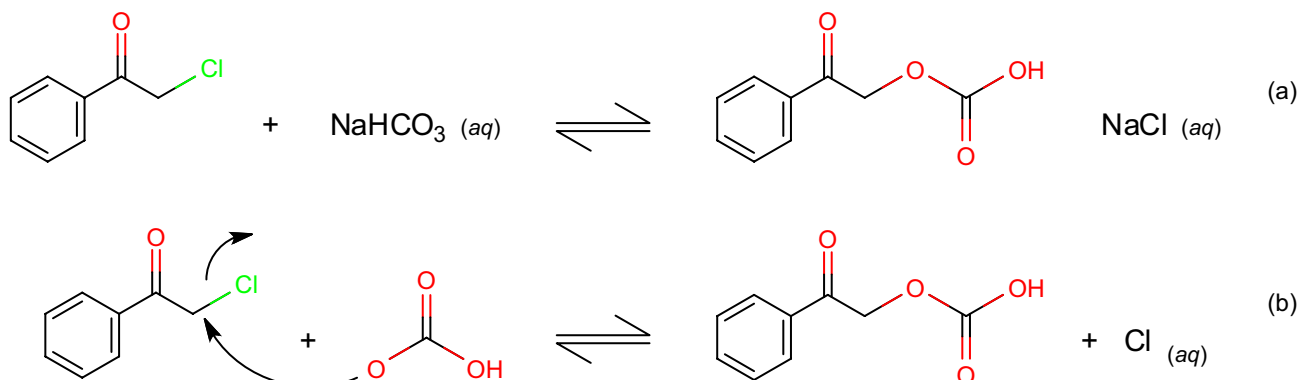


Figura 1: Reação de neutralização de cloroacetofenona (CN) com bicarbonato de sódio (a) e mecanismo para a reação de neutralização (b).

segundo especialistas, esse ácido, apesar de fraco, não neutraliza as queimaduras e pode até aumentar a irritação da pele, principalmente nos olhos. A melhor forma de combater as substâncias reativas do agente lacrimogêneo é o uso de óculos vedados e máscaras com filtro de carvão ativado para evitar a inalação do composto gasoso.

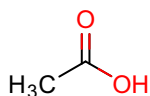


Figura 2: Representação estrutural do ácido acético.

### Outras armas não letais

As armas não letais são classificadas de acordo com suas funções: as que podem incapacitar pessoas (antipessoal) e as que são usadas para restringir o acesso a determinadas áreas (antimaterial) (Roos, 2004).

Neste artigo, optamos por destacar apenas as tecnologias não letais antipessoais, nos quais incluem as técnicas acústicas, que usam ondas sonoras fortes, também conhecidas como canhão sônico, que dispara um ruído ensurdecedor que provoca desorientação, náuseas, confusão mental e até desmaios. Outra técnica é a munição de impacto controlado, conhecido como bala de borracha que consiste em um projétil de látex que apresenta vários formatos e tipos. A diferença dessa munição das demais é que a ponta não é de metal, mas de borracha, portanto deve ser tomados cuidados para utilizá-la. Os disparos devem ter uma distância mínima de 20 metros e em direção às pernas da pessoa para evitar danos maiores, inclusive a morte (Roos, 2004).

Existem ainda as munições explosivas que são as bombas de efeitos moral feitas com cartuchos plásticos ou de papelão emborrachado. É uma granada de cor branca e que, ao explodir, produz um grande barulho, lançando estilhaços de plástico em vez de metal (Roos, 2004). Dentro desse contexto, existe a flashbang que, além do barulho, também promove uma bomba de fumaça que obscurece a visão devido ao clarão que acaba desorientando as vítimas temporariamente.

O spray de pimenta é um tipo de agente lacrimogêneo que possui a capsaicina (Figura 03) como princípio ativo.

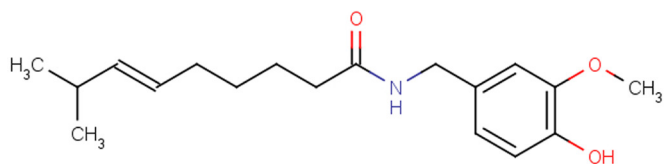


Figura 3: Representação estrutural da capsaicina.

Como o nome sugere, a substância é extraída de pimenta e o seu uso causa irritações nos olhos, nariz e boca (Massabni, 2014). Diferentemente da estrutura dos gases CS, CN e CR, a capsaicina possui os grupos funcionais amida e fenol.

Há ainda outras formas de dispersar protestos sem o uso de armas químicas. Pode-se utilizar jatos d'água ou canhões de água, que é uma maneira não perigosa e, caso sejam adicionados corantes coloridos nestes, eles podem identificar os manifestantes para, de acordo com as condutas da polícia, prendê-los.

### A química dos lacrimogêneos e o ensino de química

Atualmente, o Brasil e o mundo têm passado por ondas de manifestações e diversas armas não letais vêm sendo utilizadas no controle desses motins. Nesse contexto, a temática da química dos lacrimogêneos é relevante para leitura e aplicação em sala de aula, notadamente no ensino médio, em que a maioria é adolescente. O tema pode ser abordado na contextualização com os aspectos sociais e a história contemporânea, criando debates e estimulando o aluno à quebra

de paradigmas e implantação de uma cultura inovadora, que pode induzir, no educando, uma análise crítica sobre o verdadeiro foco das manifestações.

No ensino de química, a composição dos gases CS, CN, CR pode ser utilizada para abordar diversos conteúdos como acidez, basicidade, classificação de estruturas e funções orgânicas e isomeria cis-trans. Os conceitos podem ser abordados de forma simples e em linguagem de fácil compreensão. As propriedades físicas dos compostos podem ser devidamente correlacionadas com os efeitos produzidos por esses gases e as reações de neutralização podem ser utilizadas para revisar os mecanismos propostos.

devidamente correlacionadas com os efeitos produzidos por esses gases e as reações de neutralização podem ser utilizadas para revisar os mecanismos propostos.

Para o planejamento das atividades de ensino, podem ser utilizados artigos complementares sobre armas químicas e seu uso desde a pré-história (Couto, 2013). Quanto às estratégias didáticas, propõe-se, além do estudo das estruturas químicas, o uso de notícias que relatam as consequências reais das armas não letais e seu uso adequado no restabelecimento da ordem pública.

### Considerações finais

As constantes manifestações e os protestos existentes no mundo demonstram o descontentamento das pessoas com aspectos políticos, econômicos, culturais e sociais. Não só nesse contexto, mas em situações de rebelião em presídios e outras atuações da polícia, faz-se necessário o emprego de opções não letais para preservar de maneira efetiva os

princípios constitucionais e as garantias legais do cidadão.

A substituição de armas letais por equipamentos e técnicas não letais, como produtos químicos, é aplicável em nível operacional e estratégico, sendo assegurado os requisitos políticos, legais e éticos, pois seu emprego pode incapacitar pessoas e materiais, minimizando mortes, invalidez e danos indesejáveis à propriedade e ao meio ambiente. É importante que se reconheça dentro da sociedade a legitimidade dessas armas, bem como sua atuação e seus efeitos no ser humano.

A química dos lacrimogêneos é um tema interdisciplinar que desperta o interesse dos alunos, principalmente devido ao

momento histórico de hoje, fornece conhecimentos práticos e contextualiza o estudo de química.

**Nayane Maria de Amorim Lima** (nayaneal@yahoo.com.br), licenciada em Química pela Universidade Federal do Ceará (UFC), é mestranda do Programa de Pós-Graduação em Química da UFC. Fortaleza, CE – BR. **Raquel Abreu da Silva** (abreu.quimica@gmail.com), licenciada em Química pela UFC, é mestranda do Programa de Pós-Graduação em Química da UFC. Fortaleza, CE – BR. **Denis Valony Martins Paiva** (denisvalony@hotmail.com), licenciado em Química pela Universidade Estadual do Ceará, é mestrando do Programa de Pós-Graduação em Química da UFC. Fortaleza, CE – BR. **Maria Goretti de Vasconcelos Silva** (mgvsilva@ufc.br), licenciada em Química pela UFC, mestre e doutora em Química, Coordenadora do Mestrado em Ensino de Ciências da UFC, é professora associada da UFC. Fortaleza, CE – BR.

## Referências

BRASIL. Ministério da Defesa. *Defesa contra ataques químicos, biológicos e nucleares*. Brasília: EGGCF, 1987.

COLASSO, C.; AZEVEDO, F.A. Riscos da utilização de armas químicas. Parte II – Aspectos toxicológicos. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, v. 5, n. 1, p. 7-47, 2012.

COUTO, M.S.H. Munições não letais. *Revista Magnum*, São Paulo, 2013, v. 13, p. 54-61.

FINE, K.C.; BASSIN, R.H.; STEWARD, M.M. Emergency care for tear gas victims. *JACEP*, v. 6, p. 144-146, 1977.

FRANÇA, T.C.C.; SILVA, G.R.; DE CASTRO, A.T. Defesa química: uma nova disciplina no ensino de química. *Revista Virtual de Química*, v. 2, n. 2, p. 84-104, 2010.

FRAUNFELDER, F.T. Is CS gas dangerous: current evidence suggests not but unanswered questions remain. *British Medical Journal*, v. 320.7233, p. 458, 2000.

HSDB. Hazardous Substances Data Bank. *2-Chlorobenzal-malononitrile*. Disponível em: <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@rn+@rel+2698-41-1>. Acesso em: mar. 2014.

HERBERT, D.B. Armas não letais das aplicações táticas às estratégicas. *Military Review Brazilian*. Kansas, v. 81, p. 47-53, 2001.

HORNE, I.I.; WILLIAM, B. *Chemical weapon proliferation in the Middle East: time for a US regional chemical disarmament*

strategy. Bangkok: Air War College: 1993.

MASSABNI, A.C. *Capsaicina: da pimenta para usos terapêuticos*. Disponível em: [http://www.crq4.org.br/quimica\\_viva\\_capsaicina](http://www.crq4.org.br/quimica_viva_capsaicina). Acessado em: mar. 2014.

PALHARES, B. *Os perigos do gás lacrimogêneo*. 2004. Tese (Doutorado), UNICAMP, Campinas, 2004.

ROOS, F.G. *O emprego de armas não letais em operações de garantia da lei e da ordem*. Disponível em: <http://www.midiaindependente.org/pt/red/2004/11/294277.shtml>. Acessado em: jul. 2014.

SANDES, W.F. Uso não letal da força na ação policial. *Revista Brasileira de Segurança*, 2007. Disponível em: [PICI-marco2014/14-23-2-PB.pdf](http://www.pici-marco2014/14-23-2-PB.pdf). Acessado em: jun. 2013.

## Para saber mais

FONSECA, A.A.S.; MOREYRA, C.E.; SILVA, E.R.; SANTOS, M.S.; LEME, C.P.; VALENÇA, L.M. Comprometimento pulmonar após inalação de gás lacrimogêneo. *Jornal de Pneumologia*, v. 21, n. 3, 143-149, 1995.

GRAU. Grupo de Resgate e Atenção às Urgências e Emergências. *Pré-Hospitalar*. São Paulo: Manole, 2013.

SHEA, D.A. Chemical weapons: a summary report of characteristics and effects. *Congressional Research Service*, 13, 2013. Disponível em: <http://fas.org/sgp/crs/nuke/R42862.pdf>. Acessado em: ago. 2014.

**Abstract:** *Chemistry and non-lethal weapons: the tear gas*. The tear gas has been widely used in military operations to control tumults since the First World War, causing severe discomfort with frame tearing, coughing and difficulty breathing. Chemically, the gas generally consists three different compounds, CN (chloroacetophenone), CS (2-chlorobenzylidene malononitrile) and CR (dibenz-1:4-oxazepine), which cause similar effects. The chemistry of the tear is an interdisciplinary topic that arouses students' interest mainly due to the historical moment today, provides practical knowledge and contextualizes the study of Chemistry.

**Keywords:** non-lethal weapons, tear gas, CN, CS, CR.