

# Pulverizadores de agentes químicos – a química no gás lacrimogêneo e spray de pimenta

Fernando Barcellos Razuck<sup>a</sup>, Renata Cardoso de Sá Ribeiro Razuck<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD),

Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN),

Rio de Janeiro, Brasil, <sup>b</sup>Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ),

Campus Universitário Praia Vermelha,

Rio de Janeiro - RJ, Brasil,

fernandor@ird.gov.br

**RESUMO:** Partindo-se da premissa de que ciência e tecnologia estão presentes no cotidiano, entende-se ser necessário informar aos cidadãos as características dos produtos tecnológicos, para que aqueles tenham consciência dos seus riscos. Dessa maneira, este artigo buscou trabalhar com a questão das armas não letais, especificamente dos pulverizadores de agentes químicos (gás lacrimogênio e spray de pimenta), já que, nos últimos anos, estas armas vêm sendo utilizadas na dispersão de manifestações, gerando um grande número de informações inexatas sobre o seu uso. Este trabalho tem, então, por objetivo, mostrar algumas características dessas armas, como a composição química, a detecção e as reações no organismo. Verificou-se que, apesar da ampla bibliografia, aspectos do seu uso ainda dependem de pesquisas na área. Entende-se, assim, a importância da aplicação da química no cotidiano, levando à compreensão da ciência como fenômeno social.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pulverizadores de Agentes Químicos. Gás Lacrimogêneo. Spray de Pimenta. Educação Científica.

**ABSTRACT:** Based on the premise that Science and Technology are present in everyday life, it is understood that it is necessary to inform citizens about the characteristics of the products coming from their development, so that the latter becomes aware of its risks. In this way, this article has tried to work with non-lethal weapons, specifically chemical sprayers (tear gas and pepper spray), since, in recent years, these weapons have been used in the dispersion of manifestations, generating a large inaccurate information about its use. The aim of this work is to show some characteristics of these weapons, such as chemical composition, detection and reactions in the body. It was verified that despite the wide bibliography, aspects of its use still depend on research in the area. It is understood the importance of the application of chemistry in daily life, leading to the understanding of science as a social phenomenon.

**KEYWORDS:** Sprayers of Chemical Agents, Tear Gas, Pepper Spray, Science Education.

## 1. INTRODUÇÃO

Pode-se afirmar hoje em dia que ciência e tecnologia (C&T) estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, mesmo que estas não tenham consciência dessa influência. Assim, é primordial que os cidadãos tenham acesso às informações com relação aos produtos tecnológicos, a fim de que possam tomar decisões sobre o seu uso ou não.

Nesse sentido, tendo em vista a importância de tornar o ensino da C&T mais próximo da realidade dos cidadãos, a fim de que estes venham a ter consciência dos seus riscos, o presente trabalho visou buscar um fato social, atual e relevante, e verificar de que maneira esse fato poderia interferir nas suas vidas.

No caso, optou-se por trabalhar com a questão das armas não letais, principalmente dos chamados pulverizadores de agentes químicos, devido ao fato de haver um grande número de informações inexatas pela população sobre o uso e a exposição a estas armas.

Isso porque, nos últimos anos, o Brasil vem acompanhando uma série de manifestações populares que envolvem questões de cunho social e político. Como resposta a estas manifestações, com o objetivo de controlá-las, foram utilizadas, pelas forças policiais, estas armas.

Este trabalho está, então, estruturado de forma a mostrar, inicialmente, a classificação das principais armas não letais, para daí identificar aquelas que utilizam os pulverizadores de agentes químicos (no caso, o gás lacrimogênio e o *spray* de pimenta). Posteriormente, serão apresentadas informações com relação as suas características, composição química, detecção do seu uso no ambiente e as possíveis reações no organismo, uma vez que podem, segundo a literatura, de causar lesões graves, fortes alergias e, em casos extremos, a morte.

Isso porque entende-se ser importante atrelar o momento histórico-social com a presença da Ciência – no caso a Química – em um determinado período, inserindo-se, assim,

no enfoque denominado História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFS). Logo, a inclusão da HFS na Ciência apresenta razões que se fundamentam na Filosofia e Epistemologia, contribuindo assim para a humanização da concepção de Ciência, facilitando mudanças de visões mais simplistas para posições mais contextualizadas sobre o uso desse tipo de conhecimento.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Aspectos legais

De acordo com o Departamento de Defesa dos Estados Unidos [1], definem-se armas não letais como

*...armas, dispositivos e munições que são explicitamente projetados e empregados principalmente para incapacitar imediatamente alvo pessoal ou material, minimizando fatalidades, ferimentos permanentes para pessoal e danos indesejáveis à propriedade na área alvo ou ambiente. As armas não letais são destinadas a produzir efeitos reversíveis sobre pessoal e material. As armas não letais são projetadas e empregadas para alcançar objetivos militares, minimizando perdas humanas ou danos a bens e equipamentos.*

Ou seja, as armas não letais seriam aquelas utilizadas com a intenção de evitar as fatalidades ou ferimentos permanentes e indesejáveis para a população, tendo em mente também minimizar os danos a bens materiais.

No Brasil, a utilização desse tipo de arma foi autorizado pelo Exército (no uso de suas atribuições) por meio da Portaria nº 020 – D Log (de 27 de dezembro de 2006, posteriormente substituída pela Portaria nº 001 – D Log, de 05 de janeiro de 2009), que trata da aquisição de armamento e munição não letais, classificadas como de uso restrito, para as atividades de segurança privada autorizadas nos termos da lei nº 7.102/83 [2].

Nessa mesma portaria foi listado o rol desses equipamen-

tos, ficando, agora, para a Polícia Federal, a atribuição de definir as dotações em armamentos e munições não letais, bem como a de estabelecer as normas de utilização, armazenamento e destruição das munições [2].

Sendo assim, a Portaria nº 387/2006, alterada em 2008, prevê algumas opções de armas e munições não letais, tais como: pulverizadores de agente químico (gás lacrimogêneo e *spray* de pimenta); arma de choque elétrico; granadas lacrimogêneas e fumígenas; munições calibre 12 lacrimogêneas e fumígenas; e munições calibre 12 com balas de borracha ou plástico. Dessa maneira, foram apresentados alguns exemplos dessas armas, muitas delas já comercializadas no país (Fig. 1).



**Fig. 1** – Exemplos de Armas não Letais, como bala de borracha, tasers, gás lacrimogêneo e *spray* de pimenta. Fonte: <http://operacao-naoletais.blogspot.com.br/>

1. Sobre esses materiais, a própria Polícia Federal fez alguns apontamentos sobre quando devem ser usados e como devem ser manuseados [2]:
2. Com relação aos pulverizadores de agentes químicos, estes foram desenvolvidos para utilização em ações de auto-defesa e controle de pequenos distúrbios, não se recomendando o emprego em ambientes confinados;
3. As armas de choque elétrico (também conhecidas como “Taser”, devido ao nome de um dos fabricantes), cuja carga elétrica é armazenada em uma bateria, podem gerar uma descarga de eletrochoque de até 50.000 volts. Têm como propósito paralisar o corpo, podendo ainda serem uma arma de choque de contato ou de lançamento de eletrodos energizados;
4. As granadas manuais fumígenas lacrimogêneas e de sinalização são armas não letais e têm por finalidade emitir nuvens densas de fumaça lacrimogênea ou inócua de sinalização, não sendo, apesar do nome, artefatos explosivos, pois não possuem carga explosiva, funcionando apenas pela queima do agente químico em seu interior; e

As munições de elastômero (calibre 12) são classificadas como munições não letais antipessoal de restrição física, visando à intimidação psicológica do agressor, devendo ter como alvo a região das pernas.

- a) Além desses equipamentos mais difundidos, são indicados outros tipos de armas não letais, conforme sugerido abaixo. Seriam elas [3, 4, 5, 6]:
- b) laser atordoante – utiliza luzes brilhantes que ofuscam a visão temporariamente, ainda restrito ao uso militar;
- c) feixe de energia direcionada – atua por ondas que causam

dor por meio de radiofrequência;

- d) lançadores de bean bag – chamadas de “saco de feijão”, utilizam armas com calibre 12, que disparam pequenos pacotes de malha com carga de projeção;
- e) sistemas pepperball – são armas de gás comprimido que arremessam projéteis fragmentáveis de plástico. Esse projéteis são carregados de gás de pimenta, com alcance de até dez metros; e
- f) sistemas acústicos – visam distanciar o alvo por meio de dor no sistema auditivo, causada devido às frequências que operam em infra-som, som audível e ultra-som.

## 2.2 Pulverizadores de agentes químicos

Serão apresentados agora detalhes dos chamados “Pulverizadores de Agentes Químicos”, observando aspectos como a sua composição química, os efeitos no organismo, a detecção no ambiente e algumas recomendações e alertas sobre o seu uso.

Assim, as armas químicas não letais, que são constituídas por químicos tóxicos (e seus precursores) e por aparelhos usados para a sua aplicação, podem ser classificadas de acordo com os seus efeitos em [3]:

Agentes que inibem a entrada de oxigênio a partir do sangue, levando à asfixia e morte (cianeto):

- Asfixiantes;
- Agentes neurotóxicos;
- Toxinas;
- Agentes incapacitantes; e
- Agentes perturbadores.

Nesse trabalho foram estudados os agentes perturbadores, que são irritantes sensoriais que causam lacrimejo, irritação da pele e do trato respiratório, e ocasionalmente, náuseas e vômitos (no caso, o *spray* de pimenta e o gás lacrimogêneo).

Inicialmente, vale ressaltar aqui que se entende como gás lacrimogêneo (que deriva do latim *lacrima* = lágrima) todo tipo de gás ou substância que, de forma genérica, tem a capacidade de irritar a pele, os olhos e vias respiratórias. Na verdade, não são gases, mas uma suspensão em aerossol de determinadas substâncias. Vale destacar ainda que “gás lacrimogênio” refere-se ao termo usado popularmente, sendo o termo científico correto “substância irritante”. Também podem ser chamados por armas químicas ou aerossóis de defesa pessoal [2, 3, 4, 5].

Sendo assim, pode-se dizer que os gases lacrimogênicos populares são constituídos pelos irritantes sensoriais respiratórios aerossol de pimenta (*spray* de pimenta, ou gás OC - derivado do inglês “*Oleoresin capsicum*”), e os irritantes sensoriais oculares 2-clorobenzilideno malonitrilo (CS), cloroacetofenona (CN), dibenzoxazepina (CR) e alfa-bromotolunitrila.

Dessa maneira, para facilitar o entendimento, foram analisados, separadamente, os agentes químicos presentes no *spray* de pimenta (nas formas de capsaicina e vanililamida de ácido pelargônico - PAVA) e os denominados gases lacrimogênicos (no caso CS, CN, CR e alfa-bromotolunitrila). pontos).

## 3. SPRAY DE PIMENTA

Serão descritos agora os 2 (dois) principais tipos de *spray* de pimenta: a Capsaicina e Vanililamida de ácido pelargônico (PAVA).

### 3.1 Capsaicina

O principal agente do *spray* de pimenta (Fig. 2), conhecido também pela sigla “OC” (derivado do inglês “Oleoresin capsicum”), tem como princípio ativo e pungente uma oleoresina chamada de Capsaicina (8-metil-vanilil-6-nonenamida, figura 2), encontrada em pimentas e pimentões do gênero *Capsicum* [7, 8].

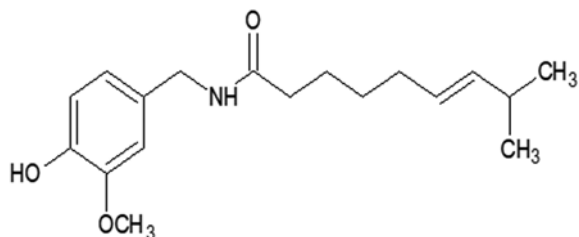


Fig. 2 – Fórmula Estrutural da Capsaicina.

Os extratos concentrados de pimentas (oleoresina de capsaicina) já vêm sendo utilizados historicamente para preparar desde alimentos picantes até anti-inflamatórios e bactericidas [6]. Essa diversidade se deve à presença dos capsinecoides, que podem ser encontrados naturalmente de cinco formas, a saber: capsaicina, dihidrocapsaicina, nordihidrocapsaicina, homocapsaicina e homodihidrocapsaicina. Os mais abundantes são a capsaicina e a dihidrocapsaicina (Figura 3).

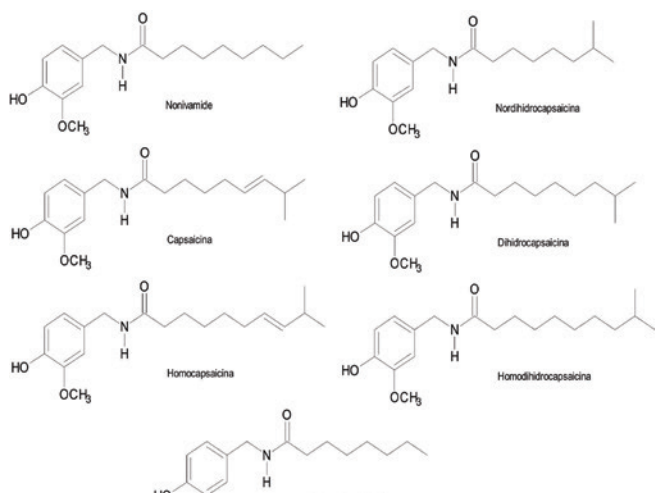


Fig. 3 – Estruturas químicas dos capsinecoides, que contêm em comum o grupo funcional vanilamida (4- hidroxi -3- metoxibenzilamida ) e uma cadeia acila contendo 10 a 11 átomos de carbono. Fonte: [6].

Vale destacar, com relação à capsaicina, que, ao contrário de outros agentes que possuem composição química definida, ela possui composição muito variável e complexa, sendo constituída por cerca de 100 compostos diferentes. A compo-

sição varia com fatores como o estado de maturação do fruto, as condições ambientais em que o fruto cresceu e condições da extração [3].

A capsaicina é um composto orgânico e, por esta característica, é misturado em óleo na fabricação do *spray*, o que dificulta a sua remoção com água. Assim, a capacidade dos capsinecoides para produzir dor levou ao desenvolvimento de *sprays* de pimenta, que, em geral, contêm uma solução de 10% de oleoresina de capsaicina diluída em solvente (por exemplo, cloreto de metileno, tricloroetileno, isopropanol, freon, glicopropileno, etanol, metanol ou éter dimetílico) e um propulsor gasoso – geralmente N<sub>2</sub> ou CO<sub>2</sub> [6].

Na Finlândia, por exemplo, a solução usada pela polícia local é composta por uma mistura contendo 5,5% de OC, isobutano (30,5%), como um propelente, e álcool isopropílico (64%) como carreador. No caso dos *sprays*, a concentração total de capsinecoides varia de 0,1 a 2,0% (do peso seco da pimenta) e depende da variedade da pimenta, das condições de crescimento e do tempo de colheita [6, 7].

Os extratos concentrados de pimentas (oleoresina de capsaicina) já vêm sendo utilizados historicamente para preparar desde alimentos picantes até anti-inflamatórios e bactericidas [6]. Essa diversidade se deve à presença dos capsinecoides, que podem ser encontrados naturalmente de cinco formas, a saber: capsaicina, dihidrocapsaicina, nordihidrocapsaicina, homocapsaicina e homodihidrocapsaicina. Os mais abundantes são a capsaicina e a dihidrocapsaicina.

### 3.1 Vanililamida de ácido pelargônico (PAVA)

A vanililamida de ácido pelargônico (PAVA), também chamada de nonivamide, é um capsicinóide e trata-se de uma amida formada por ácido pelargônico (ácido nonanóico) e a amina vanililo. A PAVA é um composto químico (N-[(4-Hidroxi-3-metoxifenil)metil]nonanamida), cuja estrutura molecular está representada na Figura 4. Está presente em pimentas, mas é comumente produzido sinteticamente. Este composto é mais estável ao calor do que a capsaicina. A PAVA costuma ser utilizada como aditivo alimentar para adicionar ardor a condimentos, aromatizantes e misturas de especiarias.

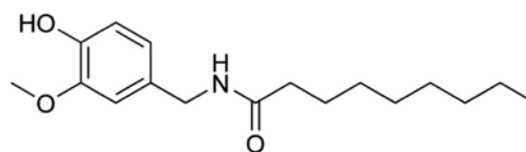


Fig. 4 – Fórmula Estrutural da Vanililamida de ácido pelargônico (PAVA). Fonte: [3,9].

Algumas características físico-químicas dos compostos relacionados ao *spray* de pimenta encontram-se na tabela 1.

Tab 1. Características Físico-Químicas dos compostos relacionados ao *spray*

Nome/ Nome IUPAC/ Fórmula Molecular	Ponto de Fusão (°C) / Ebulição (°C)	Densidade	Solubilidade	Escala Scoville (grau de Picate)*	Forma/cor	Cheiro
Capsaicina/8-Metil-N-vanilil-trans-6-nonenamida (C <sub>18</sub> H <sub>27</sub> NO <sub>3</sub> )	65/210	1,3 g/ cm <sup>3</sup>	Água (ins.)/ Etanol (sol.)	15.000. 000	Pó branco cristalino	Altamente volátil e pungente
PAVA/ N-[(4-Hidroxi-3-metoxifenil)metil]nonanamida (C <sub>17</sub> H <sub>27</sub> NO <sub>3</sub> )	54/190	1,1g/cm <sup>3</sup>	Água (ins.)/ Metanol, Éter Dietílico e Cloro-fórmio (sol.)	9.200. 000	Pó esbranquiçado	Pungente

\*O ardor ou o grau de picante de uma pimenta é determinado pela quantidade de capsaicina presente na mesma, e está descrita pela escala de Scoville, desenvolvida por Wilbur Scoville, que varia entre os tipos “pimento” (menos picante – valor 0), “molho tabasco” (valor 2500) até ao mais picante “resiniferatoxina” (valor 16.000.000). Fonte [3,8].

#### 4. GÁS LACRIMOGÊNICO

O gás lacrimogênico é o termo comumente dado (como visto anteriormente) a uma família de compostos químicos (cerca de 15 no total) usados para a dispersão de pessoas [11]. Desse total, 4 compostos são os mais utilizados, sendo eles: CS (ortoclorobenzilmalononitrila –  $C_{10}H_5ClN_2$ ), CN (cloroacetofenona –  $C_8H_7OCl$ ), CR (dibenzoxazepina –  $C_{14}H_{11}N$ ) e o 2-bromo-2-fenilacetoneitrila ( $C_8H_6BrN$ ), como pode ser visto na figura 5 e tabela 2.

Vale lembrar que, de todos estes compostos, como o primeiro a ser criado e utilizado (sendo também a forma mais comum até hoje) é o CS, formulado em 1928 pelos químicos americanos Ben Corson e Roger Stoughton, em que as letras “CS” referem-se exatamente às iniciais dos seus nomes [15].

Porém, foi somente em 1956 que o laboratório britânico de armas químicas e biológicas em Porton Down desenvolveu o CS como arma de controle de motins, vindo posteriormente a ser utilizado em larga escala pelos Estados Unidos durante a Guerra do Vietnã. Entretanto, esses compostos foram utilizados pela primeira vez, para fins militares, na 1ª Guerra Mundial. O CN, no caso, possui maior poder lesivo de que o CS, pelo fato de permanecer mais tempo no ar [15].

O seu uso, em geral, é realizado por meio de granada fumígena, que, ao ser acionada, provoca a queima do iniciador, que, por sua vez, promove a dispersão do agente químico, aumentando, assim, a pressão interna gerada pelos gases, o que provoca a abertura dos orifícios de emissão. O processo funciona de forma que, após a retirada do grampo de segurança, o sistema de iniciação ejeta a alça do acionador e dispara a espoleta, o que inicia a queima da coluna de retardo que excita o misto iniciador, provocando a queima do agente químico [2].

Assim, por se tratar de um processo de sublimação por queima (passagem direta do estado sólido para o gasoso) do agente químico, o corpo da granada atinge uma alta temperatura. Vale lembrar que estas granadas devem ser lançadas (com o uso de luvas com isolamento térmico) em ambiente aberto e distante de materiais de fácil combustão. Além disso, é importante, no momento da operação, a identificação da

direção do vento, para que o operador não seja contaminado pelo gás [2].

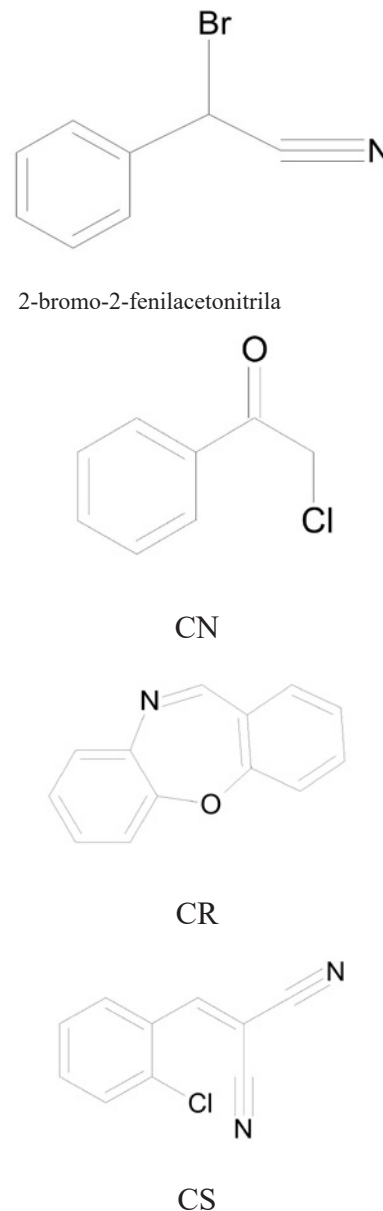


Fig. 5 – Estruturas químicas dos Compostos relacionados ao gás lacrimogênico mais utilizados: 2-bromo-2-fenilacetoneitrila, CN, CR e CS [12, 13, 14].

Tab 2. Características Físico-Químicas dos compostos relacionados aos Gases Lacrimogênicos: 2-bromo-2-fenilacetoneitrila, CN, CR e CS. Fonte: [12, 13, 14].

Nome/ Fórmula Molecular	Ponto de Fusão (°C) / Ebulição (°C)	Volatilidade (mg/m <sup>3</sup> ; 20 °C)	Solubilidade	LCt50 (inalação; mg.min/m <sup>3</sup> )	Forma/cor
Cloroaceto-fenona (CN) $C_8H_7OCl$	55/ 244-245	105	Água (insol.); Etanol (sol.)	11.000	Cristal / Incolor
2-clorobense-lide-nomalo Nonitrila (CS) $C_{10}H_5ClN_2$	95/ 310-315	10	Água (pouco sol.); Acetona (sol.)	25.000	Cristal / Branco Aci- zenta-do

O CS pode ser preparado por condensação do o-clorobenzaldeído com o malonitrilo (Figura 6) ou por condensação do o-clorobenzaldeído com cianoacetamida, seguido de uma desidratação (Figura 7).

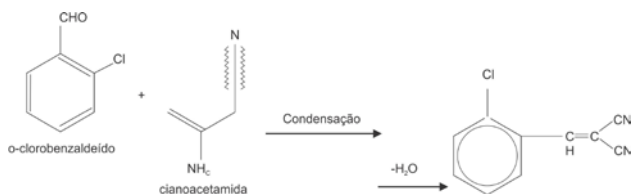


Fig. 6 – Síntese do gás CS por condensação do o-clorobenzaldeído com o malonitrilo. Fonte: [3,9].

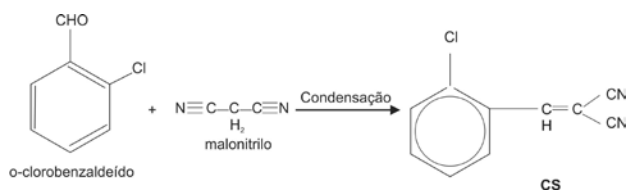


Fig. 7 – Síntese do gás CS por condensação do o-clorobenzaldeído com cianoacetamida. Fonte: [3,9].

Já o CN pode ser preparado por cloração da acetofenona (Figura 8).

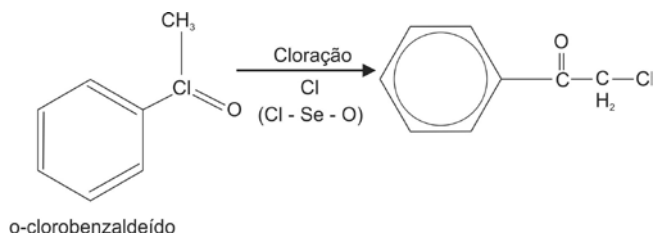


Fig. 8 – Síntese do gás CN. Fonte: [3, 9].

Por fim, desataca-se que, no Brasil, por determinação legal, somente o gás CS pode ser utilizado no controle de distúrbios sociais pela polícia [16]. Ainda especificamente com relação ao CS (que é o composto mais utilizado nas dispersões), este agente é disseminado na forma de uma fumaça ou neblina de gotículas minúsculas, que entram no corpo via inalação, agindo sobre os receptores sensoriais na pele e mucosa, causando sensação de queima e lacrimejamento. Todavia, devido ao mecanismo de filtragem do nariz e das vias aéreas superiores, a maioria das partículas são removidas e secretadas [16].

## 5. FISILOGIA E TOXOLOGIA

Em geral, os pulverizadores de agentes químicos agem como irritantes sensoriais, cuja toxicidade é dependente da dose e do tempo de exposição. Assim, interagem farmacologicamente com os receptores dos nervos sensoriais, tendo como principais órgãos-alvo os olhos, nariz, trato respiratório e a pele. Qualquer um dos pulverizadores apresentados possui três características comuns: início rápido dos sintomas (segundos a alguns minutos), curta duração dos efeitos (15-30 minutos), após a vítima eliminar o contato, e elevada razão de segurança entre a dose letal (estimada) e a dose efetiva [3].

Com relação aos efeitos (dependendo do local e do tempo

de exposição), estes podem ser:

### a) Efeitos Imediatos

- Olhos: produção lacrimal excessiva, ardor, visão turva, vermelhidão;
  - Nariz: corrimento nasal, ardor, inchaço;
  - Boca: ardor, irritação, dificuldade em engolir, salivação;
  - Pulmões: aperto no peito, sensação de engasgamento, respiração ruidosa (pieira), falta de ar;
  - Pele: queimaduras, erupção cutânea;
  - Outros: náuseas e vômitos.
- 2) Efeitos Após Exposição Prolongada ou a Dose Elevada
- Cegueira;
  - Glaucoma;
  - Morte imediata devido a queimaduras químicas na garganta e pulmões;
  - Edema pulmonar;
  - Parada respiratória, podendo levar à morte.

### 3) Efeitos a Longo Prazo

- Problemas oculares que incluem glaucoma e cataratas;
- Distúrbios respiratórios como a asma. [3].

## 5.1 Spray de Pimenta - Principais Efeitos no Organismo

Com relação ao spray de pimenta, pode-se dizer que se trata, então, de um tipo de gás lacrimogêneo e inflamatório, uma vez que causa irritação e lacrimejo dos olhos – podendo até mesmo levar à cegueira temporária –, atuando principalmente nas mucosas dos olhos, nariz e da boca. Dessa maneira, a exposição aos sprays de pimenta provoca uma intensa resposta fisiológica que inclui cegueira temporária, lacrimejamento, desorientação, falta de ar e asfixia [2, 7].

A exposição teria como principal objetivo a incapacidade temporária da vítima com o mínimo de efeitos secundários e tóxicos a longo prazo. Os capsinecoides produzem dor por meio do estímulo ao receptor vanilamida, que é um integrador molecular de estímulos potencialmente nocivos (por exemplo, abaixando o pH e aumentando a temperatura). Os capsaicoides naturais exibem pungência variável, devido às diferenças na sua capacidade para promover a despolarização da membrana por meio de ligação ao receptor vanilamida [7].

Já a capsaicina produz uma dor intensa quando aplicada sobre a pele e a parte frontal dos olhos, bem como produz uma inflamação neurogênica devido à liberação de neuropeptídeos contidos nos terminais nervosos. Além disso, a utilização do spray pode trazer danos ao olho humano, promovendo alterações da conjuntiva, da córnea e erosões epiteliais puntiformes, que podem ser causadas tanto pela capsaicina quanto pelos solventes presentes no spray [8].

## 5.2 Gás Lacrimogêneo - Principais Efeitos no Organismo

Sobre o gás lacrimogêneo, especificamente com relação ao CS, que é o composto mais utilizado, a sua base tóxica ainda não é totalmente compreendida, mas se entende que sua ação sobre a pele e membranas mucosas forma, entre outras substâncias, o ácido clorídrico, causando irritação [11, 17].

O gás CS é lipossolúvel e tem a propriedade de gerar desconforto nos olhos (como ardor, hiperemia conjuntival, blefaroespasmos e lacrimejamento), na boca (sabor ácido e sensação de queimação da língua), no nariz (rinorreia, congestão nasal e irritação), nas vias respiratórias (tosse e dor de garganta) e na pele (sensação de queima e às vezes, alucinação), além de náuseas e vômitos. Geralmente, os sintomas desaparecem dentro de 30-60 minutos após a exposição [11, 17].

A concentração de gás CS que pode ser letal (para 50 % dos adultos saudáveis, baseado em testes com animais) é de 25.000 a 150.000 mg/m<sup>3</sup>. Em ambiente aberto, uma granada de CS gera uma nuvem de 6 a 9 m de diâmetro, chegando à concentração de 2.000 a 5.000 mg/m<sup>3</sup> no seu centro (e menor nas extremidades). Já em ambientes fechados, estes valores podem ser ainda mais altos [11].

Na Inglaterra e no País de Gales, por exemplo, é utilizado um spray de CS por forças policiais desde 1996. Este spray de CS é constituído por 5 % (p/v) de solução de CS em MIBK (metil isobutil cetona), compreendendo 1,5 g de CS dissolvidos em um volume total de 30 mL, contidos em recipiente com nitrogênio como propelente [18].

Nesse spray de CS, ao ser pulverizado à distância de 2 a 3 metros de uma pessoa, o diâmetro médio das partículas de pulverização fica entre 417-441 micrômetros (µm). Existem, no entanto, algumas partículas com diâmetros inferiores a 100 µm e 50 µm. Quando a pulverização é realizada em distâncias menores de 0,1 m (distância menor do que o recomendado para uso operacional), a proporção das gotículas menores diminui [18].

Dessa forma, embora a grande parte pulverizada seja constituída de partículas maiores, existe uma proporção de gotículas com diâmetros inferiores a 100 µm, o que, em caso de descarga completa da lata, pode liberar um máximo de 20 mg de solução de pulverização para o trato respiratório superior, de forma que as pequenas gotículas podem chegar às vias aéreas médias e grandes do pulmão [18].

Tendo em vista que estas vias aéreas são afetadas na asma brônquica, é possível que um ataque asmático ocorra em indivíduos susceptíveis. Foi também reconhecido que o aumento da taxa e a profundidade de respiração que ocorre no indivíduo sob stress pode, além disso, conduzir a uma maior inalação de CS [18].

## 6. TRATAMENTO E DESCONTAMINAÇÃO

Os agentes químicos agem preferencialmente na pele, nos olhos e no trato respiratório. No caso de tratamento, alguns procedimentos indicados envolvem ventilação, banhos com sabão e uso de luvas. Quanto aos olhos, estes podem ser lavados com soro fisiológico ou água. A pele pode ser lavada com uma solução suavemente alcalina (composta por bicarbonato de sódio 6 %, carbonato de sódio 3 % e cloreto de benzalcônio 1 %) e corticoides [11, 17]. Outra sugestão é o uso da solução Diphoterine®, que é um produto utilizado na descontaminação da pele e dos olhos [19].

No geral, em uma exposição a agentes químicos, deve-se:

a. Afastar-se da área afetada – evitar as nuvens de gás densas e próximas do solo, pois os agentes químicos formam uma nuvem densa próximo ao solo;

b. Remover as roupas – as roupas removidas pela cabeça devem preferencialmente ser cortadas com uma tesou-

ra de forma a evitar o seu contato com o rosto. As roupas contaminadas devem ser colocadas no interior de um saco plástico, evitando-se também o contato com as mãos;

c. Lavar o corpo - Remover qualquer resíduo de agente da pele, utilizando grandes quantidades de água e sabão. Caso os olhos apresentarem sinais de contaminação, deve-se lavar os olhos com água abundante durante 10 a 15 minutos. No caso de usar lentes de contato ou óculos, estes devem ser descartados e lavados com água e sabão e podem voltar a ser utilizados assim que devidamente limpos; e

d. Deve-se sempre procurar um médico após o contato com estas substâncias [3, 9].

Por fim, algumas páginas da internet apresentam informações acerca da relação entre o gás lacrimogêneo e o uso do vinagre (ácido acético, em concentração de 5 %) como protetor, que, a princípio, seria inócuo (para combater as queimaduras alcalinas na pele) e que as únicas substâncias reativas de fato seriam a máscara com filtro de carvão ativado e solução de permanganato de potássio (para as feridas). Sugerem ainda aeração e banho frio [20, 21].

## 7. TÉCNICAS DE ANÁLISE LABORATORIAL PARA DETECÇÃO DE AGENTES QUÍMICOS

Vários métodos de análise para detecção de compostos químicos utilizados em artefatos não letais (no caso, capsinecoides em pimentas e CS no gás lacrimogêneo para a detecção do seu uso no ambiente) foram descritos por alguns autores, geralmente via cromatografia ou espectrometria [3, 16, 22, 23, 24, 25, 26].

No caso, para capsinecoides, extraídos diretamente da pimenta, a identificação e a quantificação são indicadas tanto por cromatografia (gasosa, camada fina e líquida) quanto por espectrometria de massa, além da detecção por ultravioleta. Por essas técnicas, também foi possível se identificar uma grande diversidade de capsinecoides em diferentes variedades de pimenta [3, 24, 26, 27].

Já para a identificação de CS (derivados de artefatos de gás lacrimogêneo) no ambiente, alguns trabalhos demonstraram a possibilidade de detecção também via cromatografia (líquida), espectrometria, ultravioleta e infravermelho, além de reação química para produção de derivados utilizados como indicadores [16, 22, 23, 25, 26].

Em um desses trabalhos, o gás CS reage com o cianeto de potássio (KCN) em dimetil sulfoxido (DMSO), liberando dicianometida que pode ser detectada em bandas de infravermelho [22].

Na detecção de CS via metabólitos, foi realizado um trabalho no qual recrutas tiveram a urina coletada duas horas após exposição ao gás. O metabólito ácido 2-clorohipúrico (2-Chlorohippuric) foi detectado nas amostras por espectrometria de massa, sugerindo que possa servir com um indicador do uso de CS em ambientes [25].

Além desses, dois artigos também sugeriram a detecção de CS no ambiente. No primeiro deles, a detecção foi feita em substâncias expostas ao gás, como algodão e água [23]. A investigação examinou a estabilidade de lacrimógenos sobre esses materiais e também a detecção de produtos derivados da sua degradação. Os resultados demonstraram que, dentro de poucos dias após a utilização, o gás CS pode ser detectado em algodão, vidro e aço inoxidável expostos, mas não em água. Porém, um dos produtos da degradação do CS, o o-clorobenzaldeído ou ácido o-clorobenzóico, pode ser detectado em água [23].

O trabalho também analisou a detecção de CN em água ou algodão, mas não na superfície de vidro ou de aço inoxidável e de nonivamida, uma capsaicina sintética (detectada a partir de algodão, de água e de vidro e superfícies de aço inoxidável). Assim, conclui-se que em locais onde pulverizadores químicos foram usados, as superfícies manchadas devem ser recolhidas o mais rapidamente possível, e as amostras enviadas em recipientes fechados para análise laboratorial [23].

O outro trabalho, inclusive realizado no Brasil, desenvolveu uma metodologia para a determinação prévia (no local) e posterior (no caso, em laboratório) da utilização de CS [16]. A partir de amostras do solo, grama e alvenaria, foi feita a detecção por meio da visualização de uma reação oriunda do CS com a benzofurazana (BSO, utilizada como papel indicador no próprio local), chamada “Reação de Beirute”, que tem por característica uma coloração alaranjada. Posteriormente, em laboratório, foi feita a detecção da quinoxalina (produto da reação) por análise em infravermelho [16].

Por fim, foi feita a dos principais agentes ativos que se pretende identificar. São seis: a Capsaicina, o 2-Clorobenzilideno Malonitrilo (CS), a 2-Cloroacetofenona (CN), a n-Nonanoilmorfolina (Morfolina), o Ácido Pelagónico Vanililamida (PAVA) e o Isotiocianato de Alilo cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, além da capsaicina, por meio de um detector de ionização de chama [3, 9].

## 8. DISCUSSÃO

Com relação às armas não letais, vários autores e até páginas da internet apresentam as características, composição e os efeitos dos usos tanto dos pulverizadores químicos quanto das balas de borracha [3, 7, 9, 11, 18, 21, 28, 29, 30, 31]. Apesar disso, alguns autores apresentam conclusões diversas sobre as concentrações de capsinécoides em pimentas, assim como produtos fabricados a partir de extratos de pimenta, uma vez que a oleoresina de capsaicina é obtida pela extração de pimentas frescas, o que pode levar a uma grande variabilidade nas concentrações [3, 7, 9, 11, 18].

Essas diferenças nas concentrações de componentes ativos em sprays de pimenta interferem na qualidade, eficácia, e segurança desses produtos, o que pode ocasionar resultados imprevisíveis, colocando em risco a segurança e a saúde dos indivíduos que estão expostos. Sendo assim, seriam necessários métodos analíticos quantitativos para determinar a concentração exata para os capsinécoides em sprays de pimenta e para a regulação da formulação desses sprays, aumentando substancialmente a previsibilidade da potência do produto, a eficácia e o seu potencial para causar toxicidade. Alguns autores também apresentam as mesmas conclusões sobre o uso dos gases CS. Para eles, na perspectiva toxicológica, há uma grande necessidade de se realizar mais pesquisas para se verificar as reais consequências da exposição ao gás, uma vez que ainda há dúvidas com relação à formação de tumores e doenças pulmonares, por exemplo. Os autores também apresentam críticas com relação à padronização da concentração de gás nos pulverizadores [11, 18].

Além disso, este trabalho apresenta informações que permitam atender à perícia criminal da Polícia Civil, Federal e das Polícias Judiciárias das Forças Armadas, no controle analítico destas armas ditas não letais, para que, no caso de um uso indevido (como, por exemplo, na utilização do gás CS em recintos fechados) seja possível a detecção da presença dos pulverizadores químicos.

## 9. CONCLUSÃO

Com o intuito de se relacionar o ensino de ciências à realidade do cidadão, buscou-se para verificar de que maneira alguns apresentavam características científicas que possibilitassem a aproximação entre o e o conhecimento químico e o cotidiano.

Dessa forma, optou-se então por trabalhar com a questão dos pulverizadores de agentes químicos, os quais são usados pelas forças de segurança pública e defesa no controle de distúrbios, devido ao fato de haver um grande número de informações inexatas sobre o uso e a exposição a estas armas.

Verifica-se, portanto, que há ainda muito o que estudar sobre a utilização dessas armas, no que tange às questões de concentração, padronização e consequências da utilização desses produtos. Acredita-se, então, dessa maneira, ser importante o debate com relação ao sistema de controle das práticas policiais decorrentes dos pulverizadores de agentes químicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Disponível em: <[http://jnlpw.defense.gov/pressroom/faq\\_p1.html](http://jnlpw.defense.gov/pressroom/faq_p1.html)>. Acessado em: 13 de novembro de 2013.
- [2] Brasil. Departamento da Polícia Federal. Disponível em: <<http://www.dpf.gov.br/simba/seguranca-privada/legislacao-normas-e-orientacoes/manual-do-vigilante/Caderno%20Didatico%20CENL%20II.pdf>>. Acessado em: 8 de novembro de 2013.
- [3] Landim, V. M. P. Análise forense de aerossóis de defesa pessoal em Portugal. Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Tomar, Portugal, 2016. Disponível em: <[https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/18526/1/1\\_An%C3%A1lise%20Forense%20de%20Aeross%C3%B3is%20de%20Defesa%20Pessoal%20em%20Portugal.pdf](https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/18526/1/1_An%C3%A1lise%20Forense%20de%20Aeross%C3%B3is%20de%20Defesa%20Pessoal%20em%20Portugal.pdf)>. Acessado em: 30 de junho de 2017.
- [4] Alexander, J. B. Vencendo a guerra – armas avançadas, estratégias e conceitos para o mundo pós onze de setembro, 1a. ed., Welser-Itage: Rio de Janeiro, 2005.
- [5] Sandes, W. F.; Uso não letal da força na ação policial: formação, tecnologia e intervenção governamental; Revista Brasileira de Segurança Pública 2007, 2, 26.
- [6] Uso do Spray de Pimenta durante manifestações. (Fonte: [https://www.google.com.br/search?q=spray+de+pimenta&espv=2&biw=1600&bih=799&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAmoVChMI3sen9oVWvYQIVhQ6QCh24WQGU#tbm=isch&q=spray+de+pimenta+condor&imgcr=EyCvqoIn\\_wnApM%3A](https://www.google.com.br/search?q=spray+de+pimenta&espv=2&biw=1600&bih=799&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAmoVChMI3sen9oVWvYQIVhQ6QCh24WQGU#tbm=isch&q=spray+de+pimenta+condor&imgcr=EyCvqoIn_wnApM%3A))
- [7] Reilly, C. A.; Crouch, D. J.; Yost, G. S.; Quantitative Analysis of Capsaicinoids in Fresh Peppers, Oleoresin Capsicum and Pepper Spray Products; Journal of Forensic Sciences 2001, 46, 502.
- [8] Vesaluoma, M.; Müller, I.; Gallar, J.; Lambiase, A.; Moilanen, J.; Hack, T.; Belmore, C.; Tervo, T.; Effects of Oleoresin Capsicum Pepper Spray on Human Corneal Morphology and Sensitivity; Investigative Ophthalmology & Visual Science 2000, 41, 2138.
- [9] Olajos E. J.; Salem H.; Riot Control Agents: Pharmacology, Toxicology, Biochemistry and Chemistry; Journal of Applied Toxicology 2001, 21, 355-391.
- [10] Uso do Gás Lacrimogêneo durante manifestações. (Fonte: <http://apublica.org/2013/06/gas-lacrimogeneo-brasileiro-utilizado-pela-policia-na-turquia/>) [10]
- [11] Hu, H.; Fine, J.; Epstein, P.; Kelsey, K.; Reynolds, P.; Walker, B.; Tear Gas—Harassing Agent or Toxic Chemical Weapon?; The Journal of the American Medical Association 1989, 262, 660.
- [12] Amorim, N. M.; Silva, R. A.; Paiva, D. V.; Silva, M. G. V.; Química e armas não letais: gás lacrimogêneo em foco; Química Nova na Escola (2015), Vol. 37, N° 2, p. 88-92.
- [13] França, T.C.C.; Silva, G.R.; De Castro, A.T. Defesa química: uma nova disciplina no ensino de química. Revista Virtual de Química 2010, v. 2, n. 2, p. 84-104.
- [14] Pubchem, 2015 - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/22044#section=Related-Compounds-with-Annotation>

- [15] Levin, R. L.; Mershon, M. M. Contact sensitization to CS, a riot control agent, 1a. ed., National Technical Information Service: Maryland, 1973.
- [16] Carvalho, J. R. M.; Lopes, C. C.; Lopes, R. S.; Cardoso, J. N.; Alves, G.; Miranda, M. G.; Identificação do emprego de artefatos não-letais contendo o agente irritante CS (o-clorobenzilideno-malonitrila) pela reação com óxido de benzofurana; *Revista Militar de Ciência e Tecnologia* 2007, XXIV, 19.
- [17] Bhattacharya, S. T.; Hayward, A. W.; CS gas-implications for the anaesthetist; *Anaesthesia* 1993, 48, 896.
- [18] Com - Committees on toxicity, mutagenicity and carcinogenicity of chemicals in food, consumer products and the environment. Statement on 2-chlorobenzylidene malononitrile (CS) and CS spray. Disponível em <<http://www.food.gov.uk/sites/default/files/cot/cotstatementcspava0604.pdf>>. Acessado em: 3 de dezembro de 2013.
- [19] Viala, B.; Blomet, J.; Mathieu, L.; Hall, A. H.; Prevention of CS "tear gas" eye and skin effects and active decontamination with Diphoterine: Preliminary studies in 5 French Gendarmes; *The Journal of Emergency Medicine* 2005, 29, 5.
- [20] Garcia, R. O que descobri sobre o gás lacrimogêneo. Disponível em: <<http://teoriadetudo.blogfolha.uol.com.br/2013/06/21/o-que-descobri-sobre-o-gas-lacrimogeneo/>>. Acessado em: 4 de novembro de 2013.
- [21] G1. Disponível em: <http://m.g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2013/06/saiba-os-riscos-ao-corpo-das-armas-para-dispersao-de-manifestacoes.html>. Acessado em: 4 de novembro de 2013.
- [22] Binev, I. G.; Binev, Y. I.; Juchnovski, I. N.; A new approach to the detection and determination of o-Chlorobenzylidenemalononitrile (CS) and its chemical relatives; *Spectroscopy Letters* 2002, 35(2), 285.
- [23] Kataoka, M.; Seto, Y.; Tsuge, K.; Noami, M.; Stability and detectability of lachrymators and their degradation products in evidence samples; *Journal of Forensic Sciences* 2002, 47(1), 44.
- [24] Moise, M.; Marutoiu, C.; Badea, D. N.; Gavrilă, C.; Patroescu, C.; Application of TLC and GC-MS to the detection of capsaicin from hot peppers (*Capsicum annuum*); *Journal of Planar Chromatography-Modern TLC* 2004, 17(2), 147.
- [25] Riches, J. R.; Read, R. W.; Black, R. M.; Harrison, J. M.; Shand, D. A.; Tomsett, E. V.; Newsome, C. R.; Bailey, N. C.; Roughley, N.; Gravett, M. R.; Stubbs, S. J.; McColm, R. R.; The development of an analytical method for urinary metabolites of the riot control agent 2-chlorobenzylidene malononitrile (CS); *Journal of Chromatography B* 2013, 928, 125.
- [26] Sun, L.; Chen, Z.; Qiu, R.; Wang, L.; Qian, W.; Geng, L.; Luo, A.; Quantitative analysis of components in OC-CS sprays by high performance liquid chromatography with double wavelength UV detection; *Journal of China Ordnance* 2010, 6(3), 216.
- [27] Thomas, B. V.; Schreiber, A. A.; Weisskopf, C. P.; Simple Method for Quantitation of Capsaicinoids in Peppers Using Capillary Gas Chromatography; *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 1998, 46(7), 2655.
- [28] Brasil Escola. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/quimica/o-vinagre-neutraliza-gas-lacrimogeneo.htm>>. Acessado em: novembro de 2013.
- [29] Como Tudo Funciona. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/questao340.htm>>. Acessado em: dezembro de 2013.
- [30] Som da Química. Disponível em: <<http://sombaquimica.blogspot.com.br/2013/10/v-behaviorurdefaultvmlo.html>>. Acessado em: 5 de dezembro de 2013.
- [31] Tua saúde. Disponível em: <<http://www.tuasaude.com/gas-lacrimogeneo/>>. Acessado em: 7 de novembro de 2013.