Precursores de Explosivos Caseiros e a Legislação Brasileira de Controle de Produtos Químicos

PRECURSORS OF HOMEMADE EXPLOSIVES AND BRAZILIAN CHEMICALS CONTROL LEGISLATION

PRECURSORES DE EXPLOSIVOS CASEIROS E A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE CONTROLE DE PRODUTOS QUÍMICOS

PRECURSORS OF HOMEMADE EXPLOSIVES AND BRAZILIAN CHEMICALS CONTROL LEGISLATION

Marcelo Bácoli Elias[1]
Murillo Lobo da Rocha[2]
Felipe Nunes Lisboa[3]
Daniel Luiz Rodrigues da Annunciação[4]

RESUMO

O emprego de explosivos caseiros em ações terroristas tem ganhado destaque em diversos países, ocasionando mortes, feridos, destruição e pânico. Esses materiais são de fácil fabricação e podem ser sintetizados a partir de produtos químicos de uso cotidiano. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica dos principais explosivos caseiros mundialmente incidentes, descrevendo suas características, síntese e substâncias precursoras. Os resultados evidenciam a necessidade de atualização da legislação brasileira de controle de produtos químicos, seguindo uma tendência mundial de restringir o acesso aos precursores de explosivos.

Palavras-chave: explosivos caseiros; precursores de explosivos; HME; controle de produtos químicos.

ABSTRACT

Homemade explosives utilized in terrorist attacks have gained prominence in many countries, causing deaths, injuries, destruction and panic. These substances are easy to make, and can be synthesized using everyday chemicals, can be synthesized using everyday chemicals. In this sense, this study aims to present a bibliographic review of the main homemade explosives worldwide. The study will describe their characteristics, the ways used to synthesize them, as well as identify explosives precursors. The results will show the need to update the Brazilian norm and regulation for chemical control, following the worldwide effort to restrict access to explosives precursors that are used to create homemade explosives.

Keywords: homemade explosives; explosives precursors; HME; chemicals control legislation.

Data de submissão: 30/09/2021 – Data de aprovação: 29/08/2022

1. INTRODUÇÃO

O uso de Explosivos Caseiros (do inglês, *Homemade Explosive* - HME) para prática de atividades ilícitas e terrorismo tem evidenciado a necessidade de estudos sobre as características desses materiais, principalmente, no que diz respeito às substâncias precursoras e sua legislação de controle. Esses ma-

1 Graduado em Ciências Farmacêuticas e Química pela Universidade de Brasília (UnB), Brasília-DF, Brasil. Técnico Explosivista Policial pelo Batalhão de Operações Especiais (BOPE) da Polícia Militar do Distrito Federal (PMDF), Brasília-DF, Brasil. Papiloscopista Policial da Polícia Civil do Distrito Federal (PCDF), Brasília-DF, Brasil. Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/0857252520405630. *E-mail*: marcelobacoli@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8624-887X.

2 Graduado em Tecnologia em Segurança e Ordem Pública pela Universidade Católica de Brasília (UCB), Brasília-DF, Brasil. Curso de Inativação de Explosivos pela Polícia de Segurança Pública (PSP), Portugal. Técnico Explosivista Policial pelo Batalhão de Operações Especiais (BOPE) da Polícia Militar do Distrito Federal (PMDF), Brasília-DF, Brasil. 3º Sargento QPPMC do Esquadrão de Bombas do BOPE/PMDF, Brasília-DF, Brasil. Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/4458440979329374. *E-mail*: raiado22eod@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8015-1666.

3 Graduado em Educação Física pela Universidade Paulista (UNIP), Brasília-DF, Brasil. Curso Brechas e Demolições com Explosivos pela *Dirección Nacional de Operaciones Especiales* (DINOES) da *Policía Nacional del Perú* (PNP), Perú. Curso Técnico em Desativação de Artefatos Explosivos Improvisados pela *Escuela de Desactivación Explosivos* da *Guardia Civil*, Valdemoro, Espanha. Técnico Explosivista Policial pelo Batalhão de Operações Especiais (BOPE) da Polícia Militar do Distrito Federal (PMDF), Brasília-DF, Brasil. Cabo QPPMC do Esquadrão de Bombas do BOPE/PMDF, Brasília-DF, Brasil. Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/8438483992692951. *E-mail*: felipe_nlisboa@hotmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5934-6693.

4 Doutor em Tecnologias Química e Biológica pelo Instituto de Química da Universidade de Brasília (IQ-UnB), Brasília-DF, Brasil. Mestre em Química Analítica pelo IQ-UnB, Brasília-DF, Brasil. Graduado em Química pela Universidade Católica de Brasília (UCB), Brasília-DF, Brasil. Professor e Pesquisador do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Luziânia. Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/0527265252284963. *E-mail*: daniel.anunciacao@ifg.edu.br. ORCID: http://orcid.org/ 0000-0003-2780-4693.

teriais podem ser fabricados a partir de produtos químicos comercialmente disponíveis e integrados a Dispositivos Explosivos Improvisados (do inglês, *Improvised Explosive Device* - IED) (AL-MOUSAWI e AL-HASSANI, 2018; NASEM, 2018; THÉRON, 2019).

Dessa forma, com o rigoroso controle imposto por diversos países na produção, na comercialização e na aquisição de explosivos industriais e militares, os HME se tornaram atrativos e cada vez mais prevalentes nas ações de grupos criminosos e terroristas (DEGREEFF, KATILIE, *et al.*, 2018; HE, NI, *et al.*, 2019).

Como medida de combate, diversos países identificaram as substâncias precursoras e adotaram critérios em sua comercialização. Integram esse controle produtos contendo substâncias como acetona; ácidos nítrico e sulfúrico; cloratos de sódio e potássio; percloratos de sódio e potássio; hexamina; nitratos de amônio, cálcio, potássio e sódio; nitrometano e peróxido de hidrogênio (EU, 2013; DEGREEFF, KATILIE, *et al.*, 2018; NASEM, 2018; THÉRON, 2019).

No Brasil, o controle de produtos químicos é realizado pela Polícia Federal (PF), através de sua Divisão de Controle e Fiscalização de Produtos Químicos (DCPQ), e pelo Exército Brasileiro (EB), em sua Diretoria de Fiscalização de Produtos Controlados (DFPC). Cabe à DCPQ atuar com produtos que possam ser utilizados como insumo na elaboração de drogas ilícitas, sendo normatizado pela Portaria n.º 240/2019 do Ministério da Justiça e Segurança Pública (MJSP). Já a DFPC atua com os produtos químicos cujas características conferem poder de destruição ou outra propriedade de risco, sendo a lista de Produtos Controlados pelo Exército Brasileiro normatizada pela Portaria n.º 118/2019 do Comado Logístico (COLOG).

Entretanto, muitos produtos comercializados que são de uso cotidiano possuem em sua composição substâncias precursoras para síntese de HME e que não figuram nessas legislações. Mesmo o Brasil não sendo um país impactado pela prática de terrorismo comparativamente ao cenário internacional, o uso de explosivos é crescente em roubos a instituições bancárias e empresas de transporte de valores (MAURICIO, PRALON, *et al.*, 2017; FEITOZA e JUNIOR, 2020; BETINI, 2020).

Nesse contexto, este estudo apresenta uma revisão bibliográfica dos principais HME mundialmente incidentes, descrevendo algumas de suas características e rotas de síntese. Além disso, discorre sobre suas substâncias químicas precursoras à frente da legislação brasileira de controle de produtos químicos, fazendo um comparativo com as legislações vigentes nos Estados Unidos (EUA) e União Europeia (UE).

Por fim, estabelece de forma crítica e abrangente os possíveis riscos do uso dos HME em território nacional. Essas informações poderão subsidiar os órgãos de controle da necessidade de atualização da legislação e inclusão de novos precursores.

2. EXPLOSIVOS CASEIROS

Os HME são produzidos a partir da mistura, ou reação química, de substâncias presentes na formulação de produtos químicos de uso cotidiano, que podem ser adquiridos sem restrições em diferentes estabelecimentos comerciais como farmácias, lojas de produtos agropecuários, lojas de cosméticos, entre outros. Nesses produtos, as substâncias precursoras são inócuas, mas quando combinadas de forma

específica, podem apresentar a capacidade de gerar materiais com características explosivas (DEGREEFF, KATILIE, *et al.*, 2018; NASEM, 2018).

A síntese dos HME ocorre de maneira relativamente simples, em ambiente doméstico e sem a necessidade de instrumentos e infraestruturas laboratoriais ou industriais. As metodologias e até vídeos de preparo e detonação podem ser facilmente obtidas em *websites* na rede mundial de computadores (FREYE, KINMAN, *et al.*, 2020). No geral, os HME são compostos por misturas binárias entre um oxidante e um combustível, substâncias orgânicas contendo grupos nitro (R-NO2) ou peróxido (R-O-O-R') (DEGREEFF, KATILIE, et al., 2018; REID, RICHES, *et al.*, 2018; NASEM, 2018; LEASE, KAY, *et al.*, 2019).

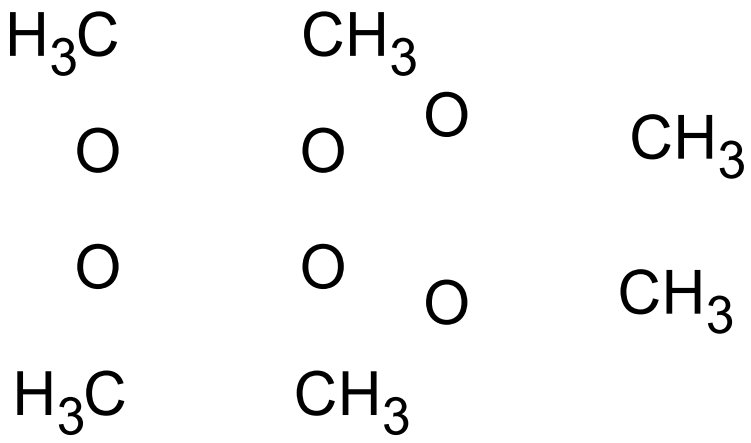
Esses explosivos se diferenciam por serem muito sensíveis (baixa energia de ativação) em diferentes condições e pela elevada capacidade destrutiva. Dessa forma, ao se decompor, reagem explosivamente liberando grandes quantidades de energia. Essas características fazem com que não possuam aplicações tanto industriais quanto militares (DEGREEFF, KATILIE, *et al.*, 2018; NASEM, 2018).

Não é o intuito deste manuscrito apresentar um guia sobre HME, evitando assim expor informações que possam ser utilizadas de forma ilegal. Deste modo, será apresentado a seguir um panorama de explosivos que possuem em suas composições: peróxidos orgânicos, nitrocompostos ou misturas de sais inorgânicos oxidantes e materiais combustíveis.

2.1 Triperóxido de triacetona

O triperóxido de triacetona (do inglês, *triacetone triperoxide* – TATP) foi desenvolvido no século XIX pelo químico alemão Richard Wolffenstein. Trata-se de um composto orgânico de fórmula química $C_9H_{18}O_6$, cuja molécula ilustrada na Figura 1 possui três grupos peróxido (R-O-O-R') dentro de uma estrutura cíclica tensionada que o torna extremamente instável (JENSEN, MORTENSEN, *et al.*, 2009; CAN, ÜZER, *et al.*, 2015; HOWA, BARNETTE, *et al.*, 2018).

FIGURA 1 – FÓRMULA ESTRUTURAL DO TATP



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Desta forma, o TATP se decompõe de forma explosiva caso submetido a condições de impacto, choque, fricção, temperatura elevada e presença de substâncias incompatíveis (KENDE, LEBICS, *et al.*, 2008; PACHMAN e MATYÁS, 2011).

Possui aspecto sólido cristalino na cor branca, elevada volatilidade, baixa solubilidade em água e solubilidade nos solventes acetona, clorofórmio, diclorometano, metanol e tolueno. Sua síntese ocorre por meio da reação química entre acetona (C_3H_6O) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), catalisada por ácido clorídrico (HCl) ou sulfúrico (H_2SO_4), conforme a Equação 1 (JENSEN, MORTENSEN, *et al.*, 2009; CAN, ÜZER, *et al.*, 2015).

$$3C_3H_6O + 3H_2O_2 \quad C_9H_{18}O_6 + 3H_2O \ (1)$$

O TATP exibe características de um explosivo primário (elevadas sensibilidade e velocidade de detonação) com poder correspondente a 88% do TNT (O'HARA, 2008). Esse HME ganhou destaque no ano de 2001 quando um homem-bomba (do inglês, *Person-Borne Improvised Explosive Devic*e - PBIED) embarcou em um voo em Paris com destino a Miami, transportando um IED confeccionado no calçado e contendo TATP. Por sorte, passageiros e tripulação impediram o ataque no momento do acionamento do artefato pelo terrorista (CNN EDITORIAL RESEARCH, 2021; ARTIFACT OF THE MONTH, 2020).

Após esse incidente, os instrumentos de detecção empregados nos terminais aeroportuários de diversos países sofreram alterações de modo a tornar o TATP detectável. Cabe destacar que a ausência de grupos cromóforos em sua estrutura, como os grupos nitro ($-NO_2$) da maioria dos explosivos, faz com que o TATP não apresente absorção de radiação na região UV, bem como fluorescência ou ionização, fenômenos esses empregados em alguns métodos de análise (CAN, ÜZER, *et al.*, 2015).

Nos anos seguintes, o TATP figurou em diversos atos terroristas e deixou um rastro de destruição, mortos e feridos. Dentre essas ações, estão o ataque de PBIED ao metrô de Londres em 2005, à cidade de Paris no ano de 2015, ao aeroporto e metrô de Bruxelas em 2016, bem como a um show em Manchester no ano de 2017 (RODGERS, QURASHI, *et al.*, 2015; DOHERTY, 2017; DEGREEFF, CERRETA, *et al.*, 2017).

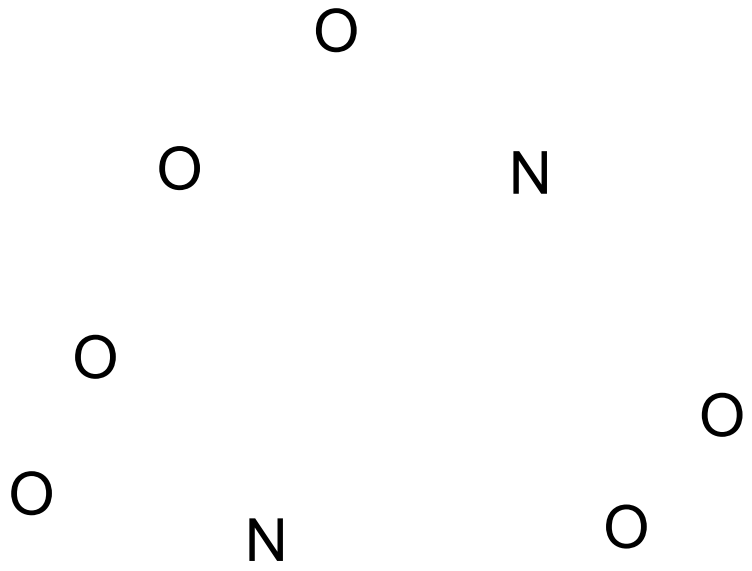
Durante os ataques ocorridos na Espanha em 2017, a explosão de uma residência na cidade de Alcanar revelou que o grupo responsável pelas ações utilizava o local para produção de TATP. Ao longo dos trabalhos nos escombros, uma segunda explosão ocorreu quando os bombeiros atingiram o local do laboratório que ainda continha resíduos do HME. Esse episódio demonstrou os riscos de detonação acidental durante o armazenamento desse explosivo, bem como a necessidade de protocolos específicos de atendimento a ocorrências envolvendo esse tipo de material (CRUICKSHANK, 2017; PIRANTY, 2018).

Assim, esse HME é comumente denominado pelos grupos terroristas como *Mother of Satan* (em português, a mãe de satã), tendo como as principais vantagens de emprego: a facilidade de obtenção das substâncias precursoras, a simplicidade na produção e elevado poder de destruição (HOWA, BARNETTE, *et al.*, 2018).

2.2. Hexametileno triperóxido de diamina

Sintetizado inicialmente no final do século XVIII pelo químico alemão L. Legler, o hexametileno triperóxido de diamina (do inglês, *hexamethylene triperoxide diamine* - HMTD) é um peróxido orgânico de fórmula química $C_6H_{12}N_2O_6$ e fórmula estrutural ilustrada na Figura 2 (ACS, 2017; NCBI, 2004a).

FIGURA 2 – FÓRMULA ESTRUTURAL DO HMTD



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Desta forma, observa-se a presença de átomos de nitrogênio paralelos e em ponte, em que cada um dos três grupos peróxido (R-O-O-R') ocupa uma das extremidades dos anéis que se encontram tensionados (MARSH, MOTHERSHEAD II, *et al.*, 2015; LEIGH, MONSON, *et al.*, 2016).

Como consequência, essa molécula é extremamente instável e suscetível a reações de decomposição caso o composto seja submetido a impacto, fricção, descarga elétrica, elevadas temperaturas ou presença de substâncias incompatíveis (SIMON e DEGREEFF, 2019; DEGREEFF, CERRETA, *et al.*, 2017).

O HMTD pode ser obtido por meio da reação química entre a hexamina ($C_6H_{12}N_4$) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), catalisada por ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) e conforme a Equação 2 (LAINE e CHENG, 2009; LEIGH, MONSON, *et al.*, 2016).

$$C_6H_{12}N_4 + 3H_2O_2 \rightarrow C_6H_{12}N_2O_6 + 2NH_3 \quad (2)$$

Apresenta-se como um sólido, de aspecto cristalino e coloração branca. É pouco solúvel em água e solúvel em solventes, como acetona, acetonitrila e metanol. O HMTD possui características semelhantes a um explosivo primário com velocidade de detonação de aproximadamente a 60% do TNT (OXLEY, SMITH, *et al.*, 2002; NCBI, 2004; LEIGH, MONSON, *et al.*, 2016).

No ano de 1999, um cidadão de origem argelina foi preso ao tentar entrar nos EUA portando componentes eletrônicos e substâncias precursoras para fabricação de HMTD, cujas investigações revelaram um plano de ataque ao Aeroporto Internacional de Los Angeles na véspera do Réveillon (FAMOUS CASES & CRIMINALS, 2016; DEGREEFF, CERRETA, *et al.*, 2017).

Um dos mais sangrentos ataques terroristas ocorreu em 2005 no Reino Unido. Durante a ação, PBIED explodiram seus coletes contendo HMTD no interior do metrô e ônibus do transporte público

de Londres, deixando 52 mortos e mais de 700 feridos (RODGERS, QURASHI, *et al.*, 2015; MARSH, MOTHERSHEAD II, *et al.*, 2015; SIMON e DEGREEFF, 2019).

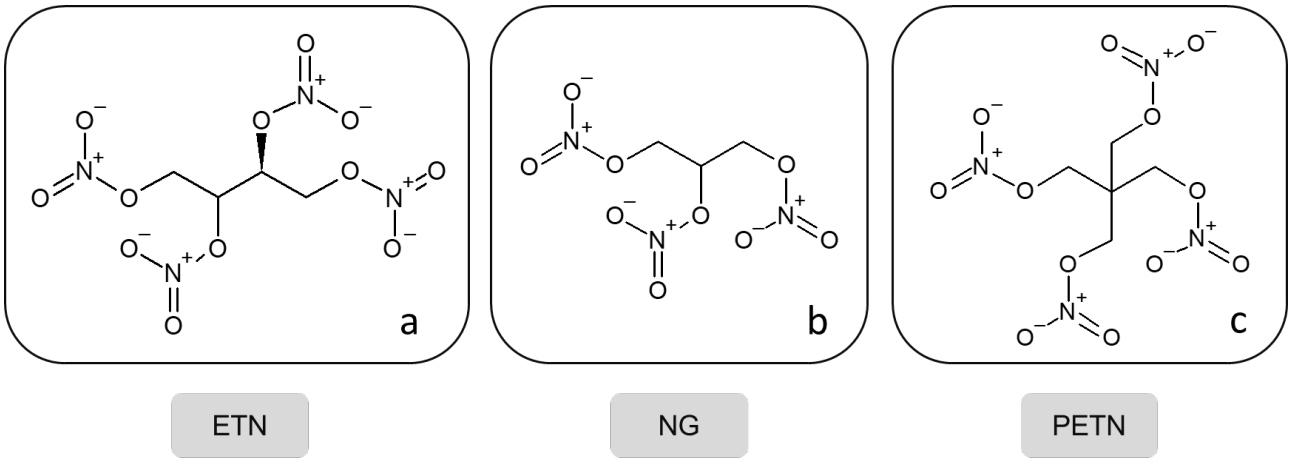
Uma década após esse ataque, um casal foi preso em Londres após usar uma rede social solicitando publicamente informações de um possível local alvo para ataque com IED. Além disso, publicaram vídeos de testes de detonação com HME por eles produzidos. As investigações descobriram um plano de ataque a um *shopping* local e um laboratório de preparo de explosivos na residência do casal, onde foram encontradas grandes quantidades de reagentes químicos (acetona, ácido clorídrico, alumínio em pó, amônia, hexamina, peróxido de hidrogênio etc.) e um guia organizado por um grupo terrorista com 17 páginas de informações sobre a fabricação de bombas caseiras. Um dos acusados admitiu em depoimento ter a intenção de produzir HMTD entre os HME que seriam usados nos ataques (COCKROFT e GARDHAM, 2015; MORTIMER, 2015; RODGERS, QURASHI, *et al.*, 2015; SILENT, 2017).

A ação mais recente ocorreu em setembro de 2016, nas cidades americanas de Nova Jersey e Nova Iorque, onde os ataques deixaram 31 feridos. As investigações forenses evidenciaram o HMTD como um dos explosivos presentes nos IED em ambas as cidades (CROSS, 2016; ACS, 2017; NASEM, 2018).

2. 3. Tetranitrato de eritritol

O tetranitrato de eritritol (do inglês, *erythritol tetranitrate* - ETN), de fórmula química $C_4H_6N_4O_{12}$, é um éster de nitrato sintetizado na primeira metade do século XIX por John Stenhouse, tendo fórmula estrutural (Figura 3a) que se assemelha à de outros explosivos nitrados de cadeia alifática como a nitroglicerina (NG) (Figura 3b) e o tetranitrato de pentaeritritol (do inglês, *pentaerythritol tetranitrate* – PETN) (Figura 3c) (AGRAWAL e HODGSON, 2007; KÜNZEL, MATYÁŠ, *et al.*, 2017; BEZEMER, MCLENNAN, *et al.*, 2020a).

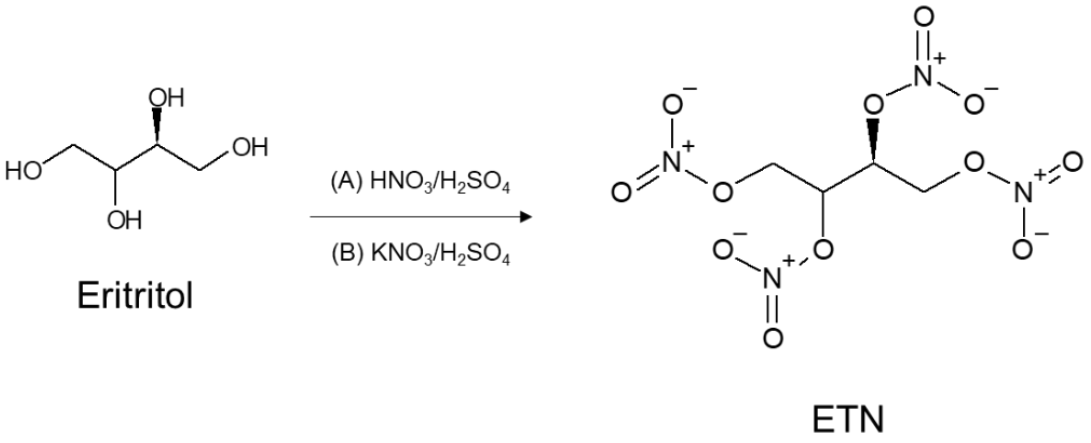
FIGURA 3 - FÓRMULAS ESTRUTURAIS: (A) ETN, (B) NG E (C) PETN



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Sua síntese pode ser realizada através de duas principais rotas. Na primeira (Equação 3, A), o poliálcool eritritol ($C_4H_{10}O_4$) é nitrado mediante reação com uma mistura ácida nítrica sulfúrica (HNO_3/H_2SO_4). Essa condição oferece melhor rendimento por aumentar, no meio reacional, as concentrações do íon nitrônio (NO_2^+). Contudo, exige um rigoroso controle de temperatura do meio reacional e etapas

subsequentes de neutralização do produto em decorrência da elevada acidez do meio reacional (BEZEMER, MCLENNAN, *et al.*, 2020a; FREYE, KINMAN, *et al.*, 2020).



(3)

Como segunda opção (Equação 3, B), o eritritol é nitrado por meio da reação com uma mistura composta do sal nitrato de potássio (KNO_3) e ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. O baixo rendimento desta rota de síntese exige o uso de grandes quantidades de reagentes.

O ETN possui aspecto sólido cristalino, de coloração branca, com baixa solubilidade em água e solubilidade em solventes como álcool, éter e glicerol (LEASE, KAY, *et al.*, 2019; BEZEMER, MCLENNAN, *et al.*, 2020a; FREYE, KINMAN, *et al.*, 2020). Como os demais HME, decompõe-se facilmente quando submetido a impacto, fricção, descarga elétrica, elevadas temperaturas ou presença de substâncias incompatíveis. O principal interesse de grupos terroristas pelo ETN se deve à acessibilidade ao precursor de síntese eritritol, comercialmente disponível como um adoçante de baixo valor calórico. Assim, foi considerado pelas autoridades de diversos países como explosivo caseiro para futuras ações terroristas (MANNER, PRESTON, *et al.*, 2015; LEASE, KAY, et al., 2019; BEZEMER, MCLENNAN, *et al.*, 2020b; FREYE, KINMAN, *et al.*, 2020).

Durante as investigações que impediram o ataque a bomba em um *shopping* de Londres no ano de 2015, nas buscas realizadas na residência dos acusados, além da grande quantidade de produtos químicos precursores, foi apreendido um guia de um grupo terrorista com informações sobre a produção de diversos HME, entre eles o ETN (COCKROFT e GARDHAM, 2015; MORTIMER, 2015).

2.4. ANFO

Amplamente utilizado no setor de mineração, o ANFO (em inglês, *Ammonium Nitrate Fuel Oil*) é basicamente constituído por uma mistura física entre 94% em peso do fertilizante nitrato de amônio (NH_4NO_3) e 6% de hidrocarboneto líquido. Nessa mistura, o NH_4NO_3 se decompõe termicamente (>170 °C), conforme Equação 4, em uma reação exotérmica, em que a liberação de produtos gasosos e energia podem ser ainda maiores na presença de uma fonte oxidável (Equação 5) (GUNAWAN e ZHANG, 2009; DJERDJEV, PRIYANANDA, *et al.*, 2018; SIERRA, PÉREZ, *et al.*, 2020).

$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)} \Delta H = -36{,}4 \text{ kJ mol}^{-1} \quad (4)$$

$$2NH_4NO_{3(s)} + C \rightarrow 2N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)} + CO_{2(g)} \Delta H = -629{,}5 \text{ kJ mol}^{-1} \quad (5)$$

Desse modo, a formação de produtos gasosos e liberação de energia na maioria das vezes é acompanhada de explosão correspondente a 75% do TNT. A adição de alumínio em pó torna essa mistura ainda mais perigosa, em decorrência da formação do óxido de alumínio (Al_2O_3), cuja reação também libera grandes quantidades de energia (Equação 6) (O'HARA, 2008; SUPPAJARIYAWAT, ELIE, *et al.*, 2019).

$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)} \Delta H = -1670{,}0 \text{ kJ mol}^{-1} \quad (6)$$

Embora o ANFO seja um explosivo industrial, a fácil aquisição de seus precursores químicos, simplicidade de preparo e emprego em ações criminosas ou terroristas, fez com que também pudesse ser classificado como HME. Provavelmente, os perigos do uso de produtos químicos de uso cotidiano na formulação de cargas explosivas como ANFO se tornaram evidentes nos anos 70, quando um carro-bomba contendo 900 quilos dessa mistura explodiu ao lado de um edifício na Universidade de Wisconsin, EUA, deixando um morto e três feridos (NASEM, 2018; SUPPAJARIYAWAT, ELIE, *et al.*, 2019).

Desde então, a mistura foi largamente utilizada e integrada a IED em ataques de grupos narcoterroristas na Colômbia, bem como grupos terroristas nas guerras do Iraque e Afeganistão. No Brasil, o ANFO industrial tem sido empregado por criminosos em roubos a instituições bancárias e empresas de transporte de valor (HERNANDES, FRANCO, *et al.*, 2015; MAURICIO, PRALON, *et al.*, 2017; CARVALHO, 2020; SIERRA, PÉREZ, *et al.*, 2020).

2. 5. Clorato e perclorato de potássio

O clorato de potássio é um composto inorgânico descoberto pelo químico francês Claude Louis Berthollet no final do século 18, possuindo fórmula química $KClO_3$, aspecto sólido cristalino, coloração branca e solubilidade em água. Trata-se de um agente oxidante capaz de se decompor ao ser exposto a temperaturas elevadas (Equação 7), ácidos fortes e enxofre ou reagir com materiais combustíveis (Equação 8). Essas reações são sempre seguidas da liberação de energia (NCBI, 2004b; WITHERS, 2011; ACS, 2019).

$$2KClO_{3(s)} \rightarrow 2KCl_{(s)} + 3O_{2(g)} \Delta H = -89{,}4 \text{ kJ mol}^{-1} \quad (7)$$

$$2KClO_{3(s)} + 3C \rightarrow 2KCl_{(s)} + 3CO_{2(g)} \Delta H = -1269{,}9 \text{ kJ mol}^{-1} \quad (8)$$

O $KClO_3$ foi empregado na composição de explosivos plásticos durante a I Guerra Mundial, fazendo parte de uma mistura de materiais como a cera que atuava como plastificante. É utilizado pela indústria pirotécnica e o oxigênio produzido em sua decomposição é capaz de alimentar a chama dos fogos, tornando-as com uma temperatura elevada, para excitar os elétrons dos sais, produzindo o fenômeno das cores. Pode também ser encontrado nos palitos de "fósforos de segurança", na indústria têxtil, na produção de papel, entre outros. Contudo, devido à sua elevada reatividade, vem sendo substituído em grande parte dos produtos na indústria (NCBI, 2004b; WITHERS, 2011; ACS, 2019).

Misturas entre $KClO_3$, fontes combustíveis e alumínio em pó exibem poder correspondente a 83% do TNT, tendo sido utilizadas como HME em ações terroristas, como as ocorridas em uma ilha turística da Indonésia em 2002, que deixou 202 mortos. Em 2003, foi utilizada em um VBIED que explodiu em frente a um hotel da capital Jacarta, deixando 14 mortos e mais de 100 feridos. No ano seguinte,

também nessa capital, um VBIED contendo essa mistura explodiu em frente à embaixada australiana, e matou nove pessoas e deixou outras 160 feridas (RESSA e CHEW, 2003; ROYDS, LEWIS, *et al.*, 2005; HAWLEY, 2016; NASEM, 2018; CAJIGAS, PEREZ-ALMODOVAR, *et al.*, 2019).

No ano de 2013, durante a Guerra do Afeganistão, 60% dos IED utilizados contra as tropas da Força Internacional para a Assistência e Segurança (do inglês, *International Security Assistance Force* – ISAF) continham misturas à base de $KClO_3$. Esse sal inorgânico é utilizado pela indústria afegã principalmente na produção têxtil e de fósforos, sendo considerado pelos grupos insurgentes uma alternativa devido ao forte controle imposto ao fluxo e importação de fertilizantes a base de NH_4NO_3 (BROOK, 2013).

Já o perclorato de potássio ($KClO_4$) é um sal inorgânico de aspecto cristalino e coloração branca, levemente solúvel em água, que vem sendo utilizado pela indústria em substituição ao seu análogo, o $KClO_3$. Devido a sua menor reatividade e sensibilidade, reduz os riscos de acidentes especialmente nas misturas pirotécnicas (NCBI, 2004c; WITHERS, 2011).

O $KClO_4$ também é um forte agente oxidante que se decompõe termicamente produzindo 0,5 mol a mais de O_2, em relação à mesma quantidade de mols de $KClO_3$ (Equações 7 e 9). Pode também reagir com materiais combustíveis (Equação 10) mesmo sem a presença de oxigênio atmosférico. Em ambos os casos, as reações são seguidas de liberação de energia que pode ocasionar explosão.

$$KClO_{4(s)} \rightarrow KCl_{(s)} + 2O_{2(g)} \quad \Delta H = -868{,}9 \text{ kJ mol}^{-1} \quad (9)$$

$$KClO_{4(s)} + 2C \rightarrow KCl_{(s)} + 2CO_{2(g)} \quad \Delta H = -789{,}9 \text{ kJ mol}^{-1} \quad (10)$$

Em âmbito nacional, tanto clorato quanto perclorato de potássio são habitualmente empregados em misturas conhecidas como "pólvoras cloratadas", sendo frequentemente integrados por grupos criminosos nos IED utilizados em roubo a caixas eletrônicos, empresas de transporte de valores e ataques às forças de segurança pública.

3. PRECURSORES DE HME E O CONTROLE DE PRODUTOS QUÍMICOS

Um precursor de HME pode ser definido como uma substância comercialmente legal, presente na composição química de produtos de uso cotidiano, mas utilizado ilegalmente na fabricação de explosivos. Relacionar, legislar e controlar a comercialização dessas substâncias é uma tarefa complexa, mas de extrema importância no combate às ações envolvendo esses materiais.

Vários países já possuem a regulamentação em relação aos precursores de HME. Nos EUA, o Departamento de Segurança Interna solicitou à Academia Nacional de Ciências, Engenharia e Medicina um estudo sobre restrições de acesso aos precursores químicos de HME, com o objetivo de redução de ameaças e de ataques terroristas. Desta forma, foi criado um comitê de especialistas em diversas áreas (defesa, direito, economia, engenharia, química, entre outros) para identificação dos precursores, com base em evidências forenses de ataques contra alvos americanos fora das zonas de guerra, desde o atentado à Universidade de Wisconsin em 1970 (NASEM, 2018).

Além da identificação dos precursores, foram mapeadas toda cadeia produtiva das formulações legais contendo essas substâncias, estabelecendo, assim, possíveis riscos de uso na produção de HME. Como resultado, foi publicado, em 2018, o relatório *Reducing the Threat of Improvised Explosive Device Attacks*

by Restricting Access to Explosive Precursor Chemicals (do inglês, reduzindo a ameaça de ataques por dispositivos explosivos improvisados, restringindo acesso aos precursores químicos de explosivos caseiros). Esses dados serviram de base para que os EUA avaliassem e atualizassem o controle interno de comercialização, pois estabeleceu competências entre as instituições e estratégias para identificação de atividades suspeitas (NASEM, 2018).

Desde o ataque ocorrido em Madri em 2004, a UE também concentra esforços em listar as substâncias ou misturas de uso legal utilizadas na fabricação dos HME. Atualmente, encontra-se em vigor o Regulamento 2019/1148, que estabelece regras para comercialização e utilização de produtos químicos considerados precursores de explosivos, como também orienta toda a cadeia de produção a informar as autoridades em casos de aquisições suspeitas desses produtos (EUROPEAN UNION, 2019).

No geral, as medidas de controle se baseiam em impedir o acesso ilegal a esses precursores, como também restringir sua produção, sua comercialização e sua compra. Essas ações podem também reduzir as concentrações dessas substâncias nas formulações comerciais e, em alguns casos, proibir o seu uso. Programas de conscientização também são adotados junto aos varejistas para que relatem às autoridades aquisições supeitas de precursores.

No Brasil, não há legislação específica para os precursores HME, sendo apenas algumas dessas substâncias classificadas como Produtos Controlados pelo Exército (PCE) através do Decreto n.º 10.030/2019 do MJSP, integrando o grupo de Produtos Químicos de Interesse Militar listados no Anexo I da Portaria n.º 118/2019 do COLOG/EB. Outros precursores são legislados de forma indireta pela Portaria n.º 240/2019 do MJSP, por esta normatização controlar substâncias que possam ser utilizadas como insumo na elaboração de drogas ilícitas.

Como forma de estabelecer um comparativo entre essas legislações e as medidas impostas pelos EUA e UE, a Tabela 1 lista as susbtâncias químicas empregadas como precursores dos HME abordados neste estudo, apresenta suas informações gerais e os tipos de restrições impostas.

TABELA 1 – PRECURSORES DE HME, INFORMAÇÕES GERAIS E RESTRIÇÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS DE COMERCIALIZAÇÃO.

Substância	Informações Gerais		Controle Nacional		Controle Internacional	
	Fórmula Química	Número CAS[a]	Portaria n.º 118/2019[b]	Portaria n.º 240/2019[c]	EUA[d]	UE[e]
Acetona	C_3H_6O	67-64-1	NL	PC	NL	PC
Ácido cítrico	$C_6H_8O_7$	77-92-9	NL	NL	NL	NL
Ácido clorídrico	HCl	7647-01-0	NL	PC	NL	NL
Ácido nítrico	HNO_3	7697-37-2	PC	NL	≥68%	>3%
Ácido sulfúrico	H_2SO_4	7664-93-9	NL	>40%	NL	PC
Alumínio em pó	Al	7429-90-5	PC	NL	PC	PC
Clorato de potássio	$KClO_3$	75-52-5	PC	NL	PC	>40%
Eritritol	$C_4H_{10}O_4$	10030-58-7	NL	NL	NL	NL
Hexamina	$C_6H_{12}N_4$	100-97-0	NL	NL	NL	PC

Nitrato de Amônio	NH_4NO_3	26628-22-8	>70%	NL	PC	>16%
Nitrato de potássio	KNO_3	3811-04-9	PC	NL	PC	PC
Perclorato de potássio	$KClO_4$	7757-79-7	PC	NL	PC	>40%
Peróxido de hidrogênio	H_2O_2	7722-84-1	NL	PC	≥35%	>12%

Legenda: NL – Não Legislada; PC – Produto Controlado.

[a]Chemical Abstract Service; [b]Portaria n.º 118/2019 COLOG/EB [c]Portaria n.º 240/2019 MJSP [d]NASEM, 2018; [e]EUROPEAN UNION, 2019.

Observa-se pela Tabela 1 que a acetona, susbtância precursora da síntese do TATP (Equação 1), se encontra legislada somente pela Portaria n.º 240/2019. Contudo, suas soluções concentradas podem ser facilmente adquiridas em sites de venda pela internet. As soluções diluídas não possuem controle e podem ser facilmente adquiridas em farmácias como removedores de esmalte. Nos EUA, apesar de ser considerada um precursor de HME, as medidas de controle para ela não existem por ser uma substância de grande uso industrial e de pesquisa. Porém, os comeciantes são orientados a informar as autoridades a aquisição de grandes quantidades por pessoas físicas. Já nos países integrantes da UE a acetona também é considerada um precursor de HME, sendo sua comercialização restrita por ser um produto controlado.

Substâncias utilizadas na indústria alimentícia como o eritritol e o ácido cítrico não são legislados no Brasil, EUA e UE. O eritritol é um adoçante de baixo teor calórico, de fácil acesso no comércio e que ao sofrer reação de nitração, forma o explosivo ETN (Equação 3). O ácido cítrico é utilizado nos alimentos como regulador de acidez ou conservante, sendo facilmente adquirido em estabelecimentos como supermercados e empregado como catalisador na síntese do explosivo HMTD (Equação 2).

Os ácidos clorídrico (HCl) e sulfúrico (H_2SO_4) são no Brasil legislados como precursores da síntese de entorpecentes através da Portaria 240/2019. Ambos são comercialmente disponibilizados na forma de solução diluída, com nos casos do ácido muriático (solução de HCl) utilizado como produto de limpeza, bem como da solução de bateria cujas concentrações de H_2SO_4 devem ser inferiores a 40% conforme descrito na Tabela 1. Apesar de serem catalisadores da síntese do TATP (Equação 1), o ácido clorídrico não é controlado como precursor de HME nos EUA e UE. Já o ácido sulfúrico, que também pode ser empregado em reações de nitração (Equação 3) é controlado como precursor de HME somente na UE.

O ácido nítrico (HNO_3) é controlado pelo Exército Brasileiro, listado na Portaria n.º 118/2019 e pertencente ao grupo de produtos químicos de interesse militar. Mesmo assim é possível adquirir em sites especializados em venda, soluções de HNO_3 com concentrações suficientes para reações de síntese de HME. Nos EUA o controle é realizado em produtos químicos cujas concentrações são superiores a 68% do ácido. Na UE o controle é realizado em produtos cuja composição contenham concentrações superiores a 3% de HNO_3.

Ainda de acordo com a análise da Tabela 1, verifica-se que os sais clorato e perclorato de potássio também se encontram listados na Portaria 118/2019, sendo o controle de responsabilidade do Exército Brasileiro. Entretanto, por serem empregados em pirotecnia, podem ser facimente obtidos em fogos de artifício. Tanto nos EUA quanto na UE esses sais são classificados e legislados como precursores de

HME, mas nos países europeus o controle só se aplica aos materiais que contenham concentrações superiores a 40% dos sais

Dos dados apresentados na Tabela 1 também é possível constatar que o nitrato de potássio e o alumínio em pó são controlados por legislações específicas para materiais explosivos e seus precursores em ambos os países pesquisados. Já a hexamina, utilizada na síntese do HMTD (Equação 2), não apresenta qualquer tipo de controle no Brasil, sendo possível sua aquisição em comércios especializados em produtos químicos. Mesmo diante da incidência de HMTD em ações terroristas, nos EUA a hexamina também não é legislada como precursora de HME, sendo esse controle somente observado nos países da UE.

Em relação ao nitrato de amônio (NH_4NO_3), este integra a lista PCE através da Portaria n.º 118/2019, que restringe a venda de produtos químicos cujas concentrações sejam superiores a 70%. Legislar sobre o NH_4NO_3 é algo complexo, pois mesmo diante dos perigos impostos pela utilização na síntese de materiais explosivos, é inquestionável a importância do seu uso na agricultura, onde atua como a mais eficiente fonte de nitrogênio nos procedimentos de fertilização do solo.

Assim, fertilizantes a base desse sal podem ser encontrados em comércios especializados em produtos agrícolas, como também em sites especializados em venda pela internet. Nos EUA e UE é classificado em legislação específica para precursores de HME, sendo que nos países europeus existem restrições a venda de produtos que contenham concentrações superiores a 16%.

Por fim, a análise da Tabela 1 mostra que no Brasil o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), um precursor de síntese de explosivos caseiros como o TATP (Equação 1) e o HMTD (Equação 2), não integra a lista de PCE, e sim a Portaria 240/2019 que trata dos precursores de drogas ilícitas, sob a supervisão da Polícia Federal.

Essa substância é comumente denominada água oxigenada e comercializada no Brasil principalmente na forma de solução antisséptica 10 volumes, que corresponde a 3,0% de concetração em massa de H_2O_2. Pode também ser encontrada misturada em produtos descolorantes capilares com até 12% de concentração em massa.

Além disso, mesmo diante das restrições, o peróxido de hidrogênio pode ser adquirido como soluções com concentrações de até 50% em massa em lojas de produtos químicos e sites especializados em venda pela internet. Cabe resaltar que soluções com 30% de H_2O_2 podem ser utilizadas na síntese tanto do TATP como do HMTD.

Nos últimos anos esses explosivos figuraram em ações terroristas tendo diversos países classificado o H_2O_2 como precursor de HME, sendo restringidos sua produção e comercialização. Nos termos da Tabela 1 é possível observar que nos EUA é proibida a venda de produtos com concentrações superiores a 36%. Já na UE, as restrições se aplicam a produtos com concentrações acima de 12% dessa substância.

Embora no país não exista a classificação "Precursor de Explosivo Caseiro" e legislação específica para esse controle de produto químico, nota-se que dos precursores dos HME abordados neste manuscrito, grande parte se encontra normatizado através das Portarias ns.º 118/2019 do COLOG/EB e de forma indireta pela Portaria 240/2019 do MJSP.

Mesmo assim, torna-se necessário a inclusão dos HME de forma específica na legislação nacional e seus precursores. Até o momento somente o TATP se encontra incluso no Anexo I da Portaria n.º 118/2019 COLOG/EB, como PCE, do Tipo Explosivo e do Grupo de Explosivos de Ruptura. Cabe destacar que o triperóxido de triacetona não tem qualquer emprego industrial ou militar, tendo seu histórico de uso sido somente associado a ações terroristas. Desta forma, o poder como explosivo, a simplicidade de preparo e facilidade de aquisição dos precursores devem ser levados em conta na classificação como HME para maior controle de seus precursores, que até então são legislados no Brasil como precursores de drogas ilícitas.

O HMTD é outro exemplo dos riscos de não se legislar sobre esse assunto, pois atualmente não é classificado como HME e não está listado como PCE, sendo seus precursores químicos adquiridos sem restrições no comércio e sua síntese relativamente simples. Mesmo o Brasil não sendo um país afligido por ações terroristas, trata-se de uma tendência mundial em normatizar o controle de HME e seus precursores (NASEM, 2018; EUROPEAN UNION, 2019).

No cenário nacional, a segurança pública vem sendo desafiada por uma modalidade de crime que emprega grandes quantidades de explosivos em roubos a instituições bancárias e de transporte de valores. Isso faz com que as ações de fiscalização de explosivos seja intensificada, impedindo que grupos criminosos tenham acesso a esse tipo de material. Deste modo, o uso dos HME pode se tornar uma alternativa, principalmente pelas já mencionadas facilidades na síntese e ausência de controle de precursores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os dados apresentados nesta revisão, torna-se evidente que a ausência dos HME na legislação, principalmente se tratando do controle de produtos químicos, pode configurar uma situação de risco. Esses materiais explosivos são carcterizados pelo elevado poder de destruição, sua simplicidade de síntese e facilidade na obtenção de seus precursores químicos, disponíveis em estabelecimentos comerciais como farmácias, supermercados, lojas agropecuárias entre outros.

Através da revisão bibliográfica dos principais HME mundialmente incidentes em ataques terroristas, foi possível verificar que esses materiais são constituídos por misturas binárias entre oxidantes (NH_4NO_3, $KClO_3$ ou $KClO_4$) e fontes combustíveis (hidrocarbonetos líquidos), substâncias orgânicas nitratadas (ETN) ou contendo grupos peróxido (TATP ou HMTD)

Com isso, puderam ser estabelecidas suas rotas de síntese e os precursores químicos, que tiveram suas legislações de controle no Brasil comparadas com EUA e UE. Observa-se então que no cenário nacional a ausência de normas sobre HME fez como que substâncias químicas de síntese de materiais como TATP e HMTD não integrassem a lista de controle de materiais empregados na produção de explosivos. Assim, são controlados de forma indireta através de legislação para substâncias utilizadas no preparo de drogas ilícitas.

Mesmo o país possuindo duas normas de controle de substâncias, muitos precursores de HME podem ser adquiridos sem quaisquer restrições em estabelecimentos comerciais e sites especializados em vendas pela internet. Não é algo fácil restringir produção e comercialização de muitos produtos químicos, sobretudo os de uso cotidiano, mas ações semelhantes a de outros países são importantes no sentido de conscientizar, fiscalizar e responsabilizar a cadeia produtiva. Em alguns países as aquisições suspeitas de grandes quantidades desses precursores deve ser imediatamente

relatada às autoridades pelas indústrias e comércio varejista, sob pena de co-autoria em ações ilícitas cometidas com o uso desses produtos químicos.

Outro ponto a se destacar é a ausência dos explosivos HMTD e ETN da lista de PCE disposta no Anexo I da Portaria n.º 118/2019 do COLOG/EB. Esses HME já se encontram inclusos nas legislações de diversos países, além de suas informações estarem disponíveis em diferentes fontes bibliográficas, principalmente na área de ciência forense.

Tendo em vista o panorama apresentado, pretende-se que as informações aqui descritas possam tão somente demostrar a importância da inclusão dos HME e seus precursores na legislação brasileira de controle de produtos químicos. Todas as informações são públicas e fazem parte de uma extensa revisão bibliográfica, logo, não é possível ser utilizada como orientação para produção de HME. Dessa forma, o uso indevido das informações não é de responsabilidade dos autores.

REFERÊNCIAS

ACS, American Chemical Society. **Hexamethylene triperoxide diamine**, 2017. Disponível em: https://www.acs.org/content/acs/en/molecule-of-the-week/archive/h/hexamethylene-triperoxide-diamine.html. Acesso em: 24 mar. 2021.

ACS, American Chemical Society. **Potassium chlorate**, 2019. Disponível em: https://www.acs.org/content/acs/en/molecule-of-the-week/archive/p/potassium-chlorate.html. Acesso em: 5 abr. 2021.

AGRAWAL, J. P.; HODGSON, R. D. **Organic Chemistry of Explosives**. Chichester: Wiley, 2007, 384 p.

AL-MOUSAWI, A. J.; AL-HASSANI, H. K. A survey in wireless sensor network for explosives detection. **Computers & Electrical Engineering**, v. 72, p. 682-70, 2018.

ARTIFACT OF THE MONTH. December 2020: Richard Reid's shoes. **Federal Bureau of Investigation**, 1 dez. 2020. Disponível em: https://www.fbi.gov/history/artifact-of-the-month/december-2020-richard-reids-shoes. Acesso em: 24 mar. 2021.

BETINI, E. M. **Mamba Negra: o combate ao novo cangaço**. Cascavel: AlfaCon, 2020. 296p.

BEZEMER, K.; MCLENNAN, L.; HESSELS, R.; SCHOORL, J.; VAN DEN ELSHOUT, J.; VAN DER HEIJDEN, A.; HULSBERGEN, A.; KOEBERG, M.; BUSBY, T.; YEVDOKIMOV, A.; DE RIJKE, E.; SCHOENMAKERS, P.; SMITH, J.; OXLEY, J.; VAN ASTEN, A. Chemical attribution of the homemade explosive ETN - Part II: isotope ratio mass spectrometry analysis of ETN and its precursors. **Forensic Science International**, v. 313, 110344, 2020b.

BEZEMER, K.; MCLENNAN, L.; VAN DUIN, L.; KUIJPERS, C.; KOEBERG, M.; VAN DEN ELSHOUT, J.; VAN DER HEIJDEN, A.; BUSBY, T.; YEVDOKIMOV, A.; SCHOENMAKERS, P.; SMITH, J.; OXLEY, J.; VAN ASTEN, A. Chemical attribution of the home-made explosive ETN – Part I: liquid chromatography-mass spectrometry analysis of partially nitrated erythritol impurities. **Forensic Science International**, v. 307, 110102, 2020a.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando do Exército. Comando Logístico. Diretoria de Fiscalização de Produtos Controlados. Portaria n.º 118, de 4 de outubro de 2019. Dispõe sobre a lista de Produtos Controlados pelo Exército e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 8 out. 2019. Seção 1, p. 15.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Gabinete do Ministro. Portaria n.º 240, de 12 de março de 2019. Estabelece procedimentos para o controle e a fiscalização de produtos químicos e define os produtos químicos sujeitos a controle pela Polícia Federal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 mar. 2019. Seção 1, p. 4.

BROOK, T. V. Afghan bomb makers shifting to new explosives for IEDs. **USA Today**, 25 jun. 2013. Disponível em: https://www.usatoday.com/story/news/world/2013/06/25/

ammonium-nitrate-potassium-chlorate-ieds-afghanistan/2442191/. Acesso em: 6 abr. 2021.

CAJIGAS, J. M. C.; PEREZ-ALMODOVAR, L.; DEGREEFF, L. E. Headspace analysis of potassium chlorate using on-fiber SPME derivatization coupled with GC/MS. **Talanta**, v. 205, 120127, 2019.

CAN, Z.; ÜZER, A.; TÜRKEKUL, K.; ERCAG, E.; APAK, R. Determination of Triacetone Triperoxide with a N,N-Dimethyl-p-phenylenediamine Sensor on Nafion Using Fe3O4 Magnetic Nanoparticles. **Analytical Chemistry**, v. 87, p. 9589−9594, 2015.

CARVALHO, E. Primeiras respostas no atendimento de ocorrências com bombas e explosivos: adequabilidade na formação do policial militar da Bahia. **Revista Brasileira de Operações Antibombas**, v. 1, p. 75-90, 2020.

CNN EDITORIAL RESEARCH, Richard Reid Fast Facts. **CNN**, 15 dez. 2021. Disponível em: https://edition.cnn.com/2013/03/25/us/richard-reid-fast-facts/index.html. Acesso em: 29 ago. 2019.

COCKROFT, S.; GARDHAM, D. I was in an abusive and controlling relationship': Westfield bomb-maker's wife tries to blame her husband in begging letter to judge - but she still gets 25 year minimum, while he gets 27 years. **Daily Mail**, 30 dez. 2015. Disponível em: https://www.dailymail.co.uk/news/article-3378859/Bomb-maker-sentenced-27-years-bars-plotting-terror-attack-wife-mark-anniversary-7-7-attacks.html. Acesso em: 24 mar. 2021.

CROSS, R. A look at the explosives used in the New York bombing. **Chemical & Engineering News**, 20 set. 2016. Disponível em: https://cen.acs.org/articles/94/i38/look-explosives-used-New-York.html. Acesso em: 24 mar. 2021.

CRUICKSHANK, P. Source: early assessment finds TATP at Barcelona attackers bomb factory. **CNN**, 19 ago. 2017. Disponível em: https://edition.cnn.com/2017/08/18/europe/spain-terror-attacks-tatp/index.html. Acesso em: 24 mar. 2021.

DEGREEFF, L, E.; CERRETA, M. M.; KATILIE, C. J. Variation in the headspace of bulk hexamethylene triperoxidediamine (HMTD) with time, environment, and formulation. **Forensic Chemistry**, v. 4, p. 41-50, 2017.

DEGREEFF, L, E.; KATILIE, C. J.; MALITO, M.; GIORDANO, B. Mixed Vapor Generation Device for delivery of homemade explosives vapor plumes. **Analytica Chimica Acta**, v. 1040, p. 41-48, 2018.

DJERDJEV, A. M.; PRIYANANDA, P.; GORE, J.; BEATTIE, J. K.; NETO, C.; HAWKETT, B. S. The mechanism of the spontaneous detonation of ammonium nitrate in reactive grounds. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 6(1), p. 281-288, 2018.

DOHERTY, B. Manchester bomb used same explosive as Paris and Brussels attacks, says US lawmaker. **The Guardian**, 25 mai. 2017. Disponível em: https://www.theguardian.com/uk-news/2017/may/25/manchester-bomb-same-explosive-paris-brussels-attacks-mike-mccaul. Acesso em: 29 ago. 2019.

EUROPEAN UNION. The European Parliament and the Council of the European Union. Regulation 2019/1148. On the marketing and use of explosives precursors, amending Regulation (EC) No 1907/2006 and repealing Regulation (EU) 98/2013. **Official Journal of the European Union**, OJ L 186, 11 jul. 2019, p. 1–20.

FAMOUS CASES & CRIMINALS. Millennium plot/Ahmed Ressam. **Federal Bureau of Investigation**, 18 mai. 2016. Disponível em: https://www.fbi.gov/history/famous-cases/millennium-plot-ahmed-ressam. Acesso em: 24 mar. 2021.

FEITOZA, T. M.; JUNIOR, J. A. Uma análise sobre o uso criminoso de explosivos no Brasil de 2013 a 2017: o estado do amazonas em perspectiva. **Revista Brasileira de Operações Antibombas**, v. 1, p. 5-25, 2020.

FREYE, C. E.; KINMAN, W. S.; TIEMANN, C.; MCDONALD, D.; MANNER, V. W.; BOWDEN, P. R.; TAPPAN, B. C.; GREENFIELD, M. T. Linking chemical precursors to the synthesis of erythritol tetranitrate. **Forensic Chemistry**, Química Forense, v. 19, 100246, 2020.

GUNAWAN, R.; ZHANG, D. Thermal stability and kinetics of decomposition of ammonium nitrate in the presence of pyrite. **Journal of Hazardous Materials**, v. 165, p. 751-758, 2009.

HAWLEY, S. Jakarta attacks: Australian embassy bomber linked to January attack. ABC News, 29 fev. 2016. Disponível em: https://www.abc.net.au/news/2016-03-01/australian-embassy-bomber-linked-to-january-jakarta-attack/7209528. Acesso em: 24 mar. 2021.

HERNANDES, V. V.; FRANCO, M. F.; *et al.*. Characterization of ANFO explosive by high accuracy ESI(±)–FTMS withforensic identification on real samples by EASI(–)–MS. **Forensic Science International**, v. 249, p.156-164, 2015.

HOWA, J. D.; BARNETTE, J. E.; CHESSON, L. A.; LOTT, M. J.; EHLERINGER, J. R. TATP isotope ratios as influenced by worldwide acetone variation. **Talanta**, v. 181, p.125-131, 2018.

JENSEN, L.; MORTENSEN, P. M.; TRANE, R.; HARRIS, P.; BERG, R. W. Reaction kinetics of acetone peroxide formation and structure investigations using Raman spectroscopy and x-ray diffraction. **Applied Spectroscopy**, v. 63(1), p. 92-97, 2009.

KENDE, A.; LEBICS, F.; EKE, Z.; TORKOS, K. Trace level triacetone-triperoxide identification with SPME—GC-MS in model systems. **Microchimica Acta**, v. 163, p. 335–338, 2008.

KÜNZEL, M.; MATYÁŠ, R.; VODOCHODSKÝ, O.; PACHMAN, J. Explosive properties of melt cast erythritol tetranitrate (ETN). **Central European Journal of Energetic Materials**, v. 14, n.2, p. 1-12, 2017.

LAINE, D. F.; CHENG, I. F. Electrochemical detection of the explosive, hexamethylene triperoxide diamine (HMTD). **Microchemical Journal**, v. 91(1), p. 125-128, 2009.

LEASE, N.; KAY, L.; CHÁVEZ, D. E.; ROBBINS, D.; MANNER, V. W. Increased handling sensitivity of molten erythritol tetranitrate (ETN). **Journal of Hazardous Materials**, v. 367, p. 546-549, 2019.

LEIGH, B. S. MONSON, K. L. KIM, J. E. Visible and UV resonance Raman spectroscopy of the peroxide-based explosive HMTD and its photoproducts. **Forensic Chemistry**, v. 2, p. 22-28, 2016.

MANNER, V.W., PRESTON, D.N., TAPPAN, B.C., SANDERS, V.E., BROWN, G.W., HARTLINE, E. AND JENSEN, B. Explosive performance properties of erythritol tetranitrate (ETN). **Propellants, Explosives, Pyrotechnics**, v. 40, p. 460-462, 2015.

MARSH, C. M.; MOTHERSHEAD II, R. F.; MILLER, M. L. Post-Blast Analysis of hexamethylene triperoxide diamine using liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization-mass spectrometry. **Science & Justice**, v.55(5), p.299-306, 2015.

MAURICIO, F. G. M.; PRALON, A. Z.; TALHAVINI, M.; RODRIGUES, M. O.; WEBER, I. T. Identification of ANFO: Use of luminescent taggants in post-blast residues. **Forensic Science International**, v. 275, p. 8-13, 2017.

MORTIMER, C. Silent Bomber Mohammed Rehman and wife Sana Ahmed Khan sentenced to life in prison for London terror plot. **The Independent**, 30 dez. 2015. Disponível em: https://www.independent.co.uk/news/uk/crime/silent-bomber-mohammed-rehman-and-wife-sana-ahmed-khan-sentenced-life-prison-london-terror-plot-a6790741.html. Acesso em: 24 mar. 2021.

NASEM, The National Academies of Science, Engineering, and Medicine. **Reducing the Threat of Improvised Explosive Device Attacks by Restricting Access to Explosive Precursor Chemicals**. Washington: National Academies Press, 2018. 214p.

NCBI, National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 61101, **Hexamethylenetriperoxidediamine**, 2004a. Disponível em: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hexamethylenetriperoxidediamine. Acesso em: 24 mar. 2021.

NCBI, National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 6426889, **Potassium chlorate**, 2004b. Disponível em: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Potassium-chlorate. Acesso em: 24 mar. 2021.

NCBI, National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 516900, **Potassium perchlorate**, 2004c. Disponível em: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Potassium-perchlorate. Acesso em: 24 mar. 2021.

O'HARA, M. **Detection of IED emplacement in urban environments**. Monterey: Naval Postgraduate School. 2008. 61p.

OXLEY, J. C.; SMITH, J. L.; CIOFFI, E. Decomposition of multi-peroxidic compounds: Part II. Hexamethylene triperoxide diamine (HMTD). **Thermochimica Acta**, v. 388, p. 215-225, 2002.

PACHMAN, J.; MATYÁS, R. Study of TATP: Stability of TATP solutions. **Forensic Science International**, v. 207, p. 212–214, 2011.

PIRANTY, S. Barcelona attack: the jihadists and the hunt for a second gang. **BBC**, 8 ago. 2018. Disponível em: https://www.bbc.com/news/world-europe-44890504. Acesso em: 24 mar. 2021.

REID, D.; RICHES, B.; ROWAN, A.; LOGAN, M. Expedient destruction of organic peroxides including triacetone triperoxide (TATP) in emergency situations. **Journal of Chemical Health and Safety**, v. 25, n. 6, p. 22-27, 2018.

RESSA, M.; CHEW, A. Jakarta forensic team finds possible Bali link. **CNN**, 6 ago. 2003. Disponível em: http://edition.cnn.com/2003/WORLD/asiapcf/southeast/08/05/indonesia.blast/. Acesso em: 24 mar. 2021.

RODGERS, L.; QURASHI, S.; CONNOR, S. 7 July London bombings: what happened that day? **BBC**, 3 jul. 2015. Disponível em: https://www.bbc.com/news/uk-33253598. Acesso em: 24 mar. 2021.

ROYDS, D.; LEWIS, S. W.; TAYLOR, A. M. A case study in forensic chemistry: the Bali bombings. **Talanta**, v. 67(2), p. 262-268, 2005.

SIERRA, C.; PÉREZ, L. D.; GARZON, A.; SINUCO, D.; HINESTROZA, J. P. Detecção de minas terrestres antipessoal contendo explosivos baseados em ANFO: uma revisão. **Revista Colombiana de Química**, v. 49, n. 3, p. 47-57, 2020.

SILENT bomber had explosives recipe in cell. **BBC**, 24 fev. 2017. Disponível em: https://www.bbc.com/news/uk-england-london-39076416. Acesso em: 24 mar. 2021.

SIMON, A. G.; DEGREEFF, L. E. Variation in the headspace of bulk hexamethylene triperoxide diamine (HMTD): part II. Analysis of non-detonable canine training aids. **Forensic Chemistry**, v. 13, p.1-5, 2019.

SUPPAJARIYAWAT, P.; ELIE, M.; BARON, M.; GONZALEZ-RODRIGUEZ, J. Classification of ANFO samples basedon their fuel composition by GC–MS and FTIR combined with chemometrics. **Forensic Science International**, v. 301, p. 415-425, 2019.

THÉRON, F. Explosives precursors: fighting the misuse of chemicals by terrorists. European Parliamentary Research Service, 13 mar. 2019. Disponível em: https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2019)635571. Acesso em: 29 ago. 2019.

WITHERS, N. Potassium chlorate. **Chemistry World**, 22 nov. 2011. Disponível em: https://www.chemistryworld.com/podcasts/potassium-chlorate/3005913.article#/. Acesso em: 05 abr. 2021.