

**ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS  
ACADEMIA REAL MILITAR (1811)  
CURSO DE CIÊNCIAS MILITARES**

**Pamela Torres Garcia**

**APRESENTAÇÃO DO TUBO DE CHOQUE NOS PROCESSOS DE  
ACIONAMENTOS UTILIZADOS EM RDAE**

**Resende  
2023**

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DIREITOS AUTORAIS DE NATUREZA  
PROFISSIONAL**

**TÍTULO DO TRABALHO:** APRESENTAÇÃO DO TUBO DE CHOQUE NOS  
PROCESSOS DE ACIONAMENTO UTILIZADOS EM RDAE

**AUTOR:** PAMELA TORRES GARCIA

Este trabalho, nos termos da legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado de minha propriedade.

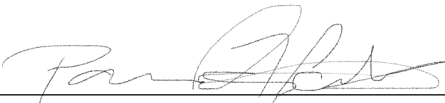
Autorizo a Academia Militar das Agulhas Negras a utilizar meu trabalho para uso específico no aperfeiçoamento e evolução da Força Terrestre, bem como a divulgá-lo por publicação em revista técnica da Escola ou outro veículo de comunicação do Exército.

A Academia Militar das Agulhas Negras poderá fornecer cópia do trabalho mediante ressarcimento das despesas de postagem e reprodução. Caso seja de natureza sigilosa, a cópia somente será fornecida se o pedido for encaminhado por meio de uma organização militar, fazendo-se a necessária anotação do destino no Livro de Registro existente na Biblioteca.

É permitida a transcrição parcial de trechos do trabalho para comentários e citações desde que sejam transcritos os dados bibliográficos dos mesmos, de acordo com a legislação sobre direitos autorais.

A divulgação do trabalho, em outros meios não pertencentes ao Exército, somente pode ser feita com a autorização do autor ou da Direção de Ensino da Academia Militar das Agulhas Negras.

**Resende, 31 de Maio de 2023.**

  
\_\_\_\_\_  
**Cad Pamela Torres Garcia**

Dados internacionais de catalogação na fonte

G216a GARCIA, Pamela Torres

Apresentação do tubo de choque nos processos de acionamentos utilizados em RDAE / Pamela Torres Garcia – Resende; 2023. 41 p. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Rafael Marcos Carvalho de Vasconcelos  
TCC (Graduação em Ciências Militares) - Academia Militar das Agulhas Negras, Resende, 2023.

1. Tubo de choque. 2. RDAE. 3. Falha. 4. Não-elétrico. I. Título.

CDD: 355

Ficha catalográfica elaborada por Aline Viegas da Costa CRB-7/7409

**APRESENTAÇÃO DO TUBO DE CHOQUE NOS PROCESSOS DE  
ACIONAMENTOS UTILIZADOS EM RDAE**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Militares, da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN, RJ), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Ciências Militares**.

Orientador: Cap Rafael Marcos Carvalho de Vasconcelos

Resende  
2023

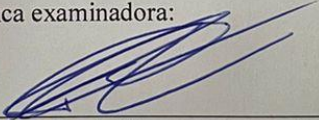
Pamela Torres Garcia

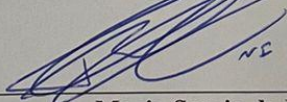
**APRESENTAÇÃO DO TUBO DE CHOQUE NOS PROCESSOS DE  
ACIONAMENTOS UTILIZADOS EM RDAE**

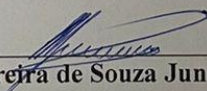
Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Militares, da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN, RJ), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Ciências Militares**.

Aprovado em 01 de JULHO de 2023:

Banca examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
**Rafael Marcos Carvalho de Vasconcelos – Cap**  
(Presidente/Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
**Mario Sergio de Lima Pinto – 1º Ten**

  
\_\_\_\_\_  
**Lesimar Ferreira de Souza Junior - Cap**

Resende  
2023

Dedico este trabalho ao Ser Superior e aos espíritos que guiam nossas vidas e iluminam todos os passos da minha jornada, possibilitando a realização dos meus sonhos e objetivos. Também a minha família, minha motivação e inspiração diária para seguir em frente independente das circunstâncias.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus pelas infinitas oportunidades dadas por Ele ao longo da minha vida e pela possibilidade de escrever um trabalho que possa futuramente se tornar alvo de estudo mais aprofundado.

Posteriormente, agradeço aos meus pais, meus avós e minha tia que, desde o início das minhas escolhas, me apoiaram dando suporte para seguir em frente e me tornar uma oficial do Exército Brasileiro.

Agradeço, também, ao meu orientador, Capitão Vasconcelos, pela dedicação e disponibilidade de sua atenção para me direcionar ao longo do meu trabalho, sempre me instruindo nas melhores decisões e auxiliando-me nas minhas dificuldades.

Por fim, agradeço aos Policiais Militares do Distrito Federal pela disponibilidade de sua atenção e pelo esforço de repassar todo o conhecimento necessário para a montagem desse trabalho.

## RESUMO

### APRESENTAÇÃO DO TUBO DE CHOQUE NOS PROCESSOS DE ACIONAMENTOS UTILIZADOS EM RDAE

AUTOR: Pamela Torres Garcia

ORIENTADOR: Rafael Marcos Carvalho de Vasconcelos

Este trabalho possui o objetivo de avaliar as vantagens da implementação doutrinária do “tubo de choque” nas atividades de Remoção e Destruição de Artefatos Explosivos (RDAE) no âmbito Exército Brasileiro. Para isso, utilizou-se de uma pesquisa bibliográfica para levantar os conhecimentos apresentados pelo manual sobre a doutrina de RDAE, a característica de acionamento para essa atividade e uma pesquisa de campo, conforme a experiência dos militares do Exército e da Polícia Militar do Distrito Federal (PMDF), para verificar a quantidade de falhas de cada processo de lançamento de fogo o qual foi alvo de pesquisa. Após realizado o tratamento de dados e seccionada a amostra, para facilitar a análise, foi possível visualizar quais processos se destacaram com alta reincidência de falhas e quais obtiveram baixa porcentagem de falhas. Através disso foi possível gerar correlações e relações de vantagem e desvantagem de cada processo de lançamento de fogo. Quando analisamos os dados mais profundamente, é possível verificar que acionamento não-elétrico se torna o mais vantajoso diante do elétrico e o pirotécnico tanto no manuseio do material como no uso de atividades militares, tendo em vista que o “tubo de choque” apresenta poucos riscos de falha e acidente. Logo, conclui-se que é válido a inserção doutrinária desse processo de lançamento de fogo na rotina das atividades de RDAE do Exército Brasileiro.

**Palavras-chave:** Tubo de choque, RDAE, falha, não-elétrico.



## **ABSTRACT**

### **PRESENTATION OF THE SHOCK TUBE IN THE DRIVE PROCESSES USED IN RDAE**

AUTHOR: Pamela Torres Garcia

ADVISOR: Rafael Marcos Carvalho de Vasconcelos

This work has the objective of evaluating the advantages of doctrinal implementation of the “shock tube” in the activities of Removal and Destruction of Explosive Devices (RDAE) in the scope of the Brazilian Army. For this, bibliographical research was used to raise the knowledge presented by manual on the doctrine of RDAE, the characteristic of activation for this activity and a field research, according to the experience of the military of the Army and the Military Police of the Federal District (MPDF), to verify the number of failures of each fire launching process which was the subject of research. After performing the treatment and sectioning the sample, to facilitate the analysis, it was possible to visualize which processes stood out with a high recurrence of failures and which had a low percentage of failures. Through this, it was possible to generate correlations and advantage, disadvantage relationships for each fire launching process. When we analyze the data more deeply, it is possible to verify that the non-electric activation becomes the most advantageous compared to the electric and pyrotechnic both in the handling of the material and in the use of military activities, considering that the “shock tube” presents few risks of failure and accident. Therefore, it is concluded that the doctrinal insertion of this process of launching fire in the routine of RDAE activities of the Brazilian Army is valid.

**Keywords:** Shock tube, RDAE, fault, non-electric.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Organização do Pel Sup CI V.....	14
Figura 2- Funcionamento dos explosivos .....	15
Figura 3- Estrutura da espoleta comum .....	20
Figura 4- Estrutura da espoleta elétrica sem retardo.....	21
Figura 5- Estrutura da espoleta elétrica com retardo .....	21
Figura 6- Cordel Detonante .....	22
Figura 7- Estopim .....	22
Figura 8- Detalhes do sistema "NONEL" .....	23
Figura 9- Sistema NONEL.....	24
Figura 10- Dispositivo pirotécnico .....	26
Figura 11- Dispositivo elétrico.....	27
Figura 12- Dispositivo "NONEL" (Non-eletric) .....	28
Figura 13- Materiais utilizados para avaliação de falhas no acionamento .....	33
Figura 14- Porcentagem de falhas no processo pirotécnico de lançamento de fogo.....	35
Figura 15- Porcentagem de falhas no processo elétrico de lançamento de fogo.....	36
Figura 16- Porcentagem de falhas no processo "NONEL".....	37
Figura 17- Tubo de choque após acionamento não- elétrico .....	39

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVOS .....	12
<b>1.1.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>12</b>
2.2 REMOÇÃO E DESTRUIÇÃO DE ARTEFATOS EXPLOSIVOS – RDAE.....	13
2.3 CONCEITO DE EXPLOSIVOS E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	15
2.4 EXPLOSIVOS MILITARES.....	19
2.5 ACESSÓRIOS .....	19
<b>2.5.1 Espoleta.....</b>	<b>19</b>
2.5.1.1 <i>Espoleta comum</i> .....	20
2.5.1.2 <i>Espoleta Elétrica</i> .....	20
<b>2.5.2 Cordel Detonante.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.3 Estopim.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.4 Sistema não-elétrico de detonação – NONEL.....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.5 Sistema não-elétrico de detonação - Pirotel.....</b>	<b>24</b>
2.6 SISTEMA DE LANÇAMENTO DE FOGO.....	26
<b>2.6.1 Processo pirotécnico de lançamento de fogo.....</b>	<b>26</b>
<b>2.6.2 Processo elétrico de lançamento de fogo.....</b>	<b>27</b>
<b>2.6.3 Processo “NONEL” .....</b>	<b>27</b>
2.7 ESTUDO DE FALHAS DE LANÇAMENTO DE FOGO .....	28
<b>2.7.1 Falhas no processo pirotécnico de lançamento de fogo .....</b>	<b>29</b>
<b>2.7.2 Falhas no processo elétrico de lançamento de fogo .....</b>	<b>29</b>
<b>2.7.3 Falhas no processo “NONEL” .....</b>	<b>29</b>
2.8 REMOÇÃO DE FALHAS NOS LANÇAMENTOS DE FOGO .....	29
<b>3 REFERENCIAL METODOLÓGICO .....</b>	<b>31</b>
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA .....	31
3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA .....	32
3.3 INSTRUMENTOS.....	32
<b>3.3.1 Levantamento de falhas sem o tubo de choque .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.2 Avaliação do tubo de choque .....</b>	<b>33</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
4.1 PROCESSO PIROTÉNCICO DE LANÇAMENTO DE FOGO .....	35

4.2 PROCESSO ELÉTRICO DE LANÇAMENTO DE FOGO.....	36
4.3 PROCESSO NÃO-ELÉTRICO.....	37
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os conflitos modernos trouxeram novidades para os campos de batalha. Além de armas e blindados, a utilização de artefatos explosivos como propelentes e iniciadores tornou-se presente a partir da Segunda Guerra Mundial (MELO, 2022). Diante disso, é inegável que a utilização dos artefatos explosivos demonstra um aumento do poderio bélico, visto que o grau de letalidade se configura maior que uma arma de pronto emprego. Entretanto, granadas e outros artefatos deixam seus rastros quando não são de fato acionados, permanecendo no local após os conflitos, havendo, portanto, a necessidade da remoção ou até mesmo a destruição a fim de garantir a segurança da população (MELO, 2022).

As tarefas de Remoção e Destruição de Artefatos Explosivos (RDAE) são de responsabilidade das Forças Armadas e uma parte das Forças Auxiliares no Brasil. Atualmente, a atividade de RDAE não se limita a munições falhadas ou vencidas, ela também é usada em *Improvised Explosive Device* (IED). Tal atividade tem como objetivo assegurar a vida de civis e militares. As operações de RDAE costumam ser realizadas em ambientes de risco dentro do Teatro de Operações (TO) consistindo situações na qual as intempéries do tempo estão presentes com alto índice de umidade ou altas temperaturas (MELO, 2022).

Os métodos de destruição de artefatos explosivos são a imersão no mar, queima ou combustão, sendo a detonação por meio de queima ou combustão a mais comum. O Exército Brasileiro tem em sua doutrina a adoção do método de detonação como principal meio para destruição. Tal método envolve os tipos de acionamento conhecidos como pirotécnico, elétrico e não elétrico (BRASIL, 1991).

Diante do exposto, este estudo tem como tema: “Apresentação do “tubo de choque” nos processos de acionamentos utilizados em RDAE”. O tubo de choque é um tubo de plástico carregado com explosivo, o qual não sofre influência das condições meteorológicas, além de permitir que o usuário escolha a medida adequada para seu uso (IMBEL, 2022). Segundo Pryor *et al.* (2017), por quase 50 anos, os tubos de choque têm sido parte integrante da pesquisa de combustão e têm fornecido dados cinéticos úteis em vários sistemas de reação que ajudaram a avançar o estado do conhecimento.

A Portaria n. 147 – COLOG (BRASIL, 2019, p. 22) traz a definição de tubo de choque da seguinte forma: “tubo flexível oco com revestimento interno de película de mistura explosiva ou pirotécnica suficiente para transmitir a onda de choque ou de calor sem danificar o tubo”.

A referida portaria trata da Remoção e Destruição de Artefatos Explosivos – RDAE, tendo em vista a existência de riscos físicos para indivíduos e comunidades, caso eles não sejam

tratados de forma adequada. Assim sendo, os tubos de choque têm um papel importante nesse processo. Desta forma, cabe questionar até que ponto é viável a implementação doutrinária do tubo de choque nos processos de acionamento utilizados em RDAE pelo Exército Brasileiro?

O presente trabalho está dividido em 5 capítulos, incluindo este primeiro que versou brevemente sobre o assunto descrevendo os objetivos gerais e específicos abordando os pontos essenciais do trabalho. No Capítulo II, está disposta a revisão de literatura contendo todos os conceitos e informações necessárias para facilitar o entendimento sobre o que é RDAE, características de explosivos e as propriedades necessárias para um explosivo militar, além de descrever assuntos sobre os principais processos de lançamento de fogo e suas falhas, evidenciando vantagens e desvantagens. No Capítulo III, encontram-se descritos a metodologia, a qual está direcionada à preparação do “*Forms*”, os materiais e os métodos adotados para a execução do trabalho. O Capítulo IV apresenta os resultados experimentais e a discussões por tópico abordado, discorrendo sobre os aspectos gerais e as vantagens e desvantagens de cada processo de lançamento de fogo. E, por último, no Capítulo V é apresentada a conclusão do trabalho e algumas sugestões para trabalhos futuros.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar como se dá a utilização do tubo de choque nos processos de acionamentos utilizados em RDAE.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Comparar a frequência de acidentes causados em cada tipo de acionamento nas operações militares;

Identificar o tipo de acionamento mais usado pelo Exército Brasileiro e Força Auxiliar;

Verificar a legislação acerca da remoção e destruição de artefatos explosivos;

Apresentar o material utilizado para RDAE;

Comparar outros tipos acionamento com aspectos positivos e negativos;

Descrever o tubo de choque e suas características.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O tema desta monografia insere-se na linha de pesquisa sobre o Quadro de Material Bélico do Exército Brasileiro e a Remoção e Destruição de Artefatos Explosivos.

A presente pesquisa consiste em um estudo do tubo de choque como meio de acionamento de cargas nas operações de RDAE. Relacionando os tipos de acionamento dos explosivos, características do material e seus reflexos positivos e negativos nas operações de RDAE, buscando analisar a viabilidade da utilização desse material para o Exército Brasileiro.

### 2.2 REMOÇÃO E DESTRUIÇÃO DE ARTEFATOS EXPLOSIVOS – RDAE

A descoberta da pólvora no século IX, feita pelos chineses, levou a experimentos que, a partir do século X, evoluíram com propósitos militares. Conseqüentemente, os depósitos de materiais bélicos nas zonas de combate tornaram-se frequentes (MELO, 2022). Nesse contexto surge a RDAE, responsável por anular ou mitigar os efeitos diretos e indiretos dos explosivos através de uma detonação controlada ou desmancho, tornando-se essencial para a manutenção da segurança pública, das Forças Armadas (FFAA) e das infraestruturas críticas (PANTALEÃO, 2020).

Com o desfecho do cenário de guerra, os detritos permanecem nos campos de batalha após os conflitos. Devido a fatores adversos, o armamento pesado, armadilha ou até uma mina pode realizar um encadeamento incompleto do explosivo, originando um engenho falhado. No caso de calibres menores com função explosiva, considera-se “tijolo quente” (BRASIL, 2013).

No Brasil, as atividades de armazenamento, manutenção, transporte, provas e exames e destruição de Produtos Perigosos da Classe 1- Munições, Explosivos e Artíficos (PPC1-MEA) são balizadas pelo Manual T9-1903 o qual visa fornecer melhores condições de segurança, além de fornecer uma base de conhecimento para os oficiais e graduados que possuem encargos relacionados ao material. As pessoas habilitadas para chefiar as atividades de PPC1-MEA são oficiais do Quadro de Material Bélico (QMB) ou devem possuir o estágio de Munições da RM (BRASIL, 2007).

De acordo com o Manual Técnico Armazenamento, conservação, transporte e destruição de munições, explosivos e artíficos- MT 30.552 (BRASIL, 1970, p. 59) deverão ser destruídas: “as munições perigosas (Cat E), falhadas ou deterioradas; as munições que não possam ser recuperadas e as munições para as quais haja vantagem ou possibilidade de reaproveitamento de qualquer um de seus elementos componentes”.

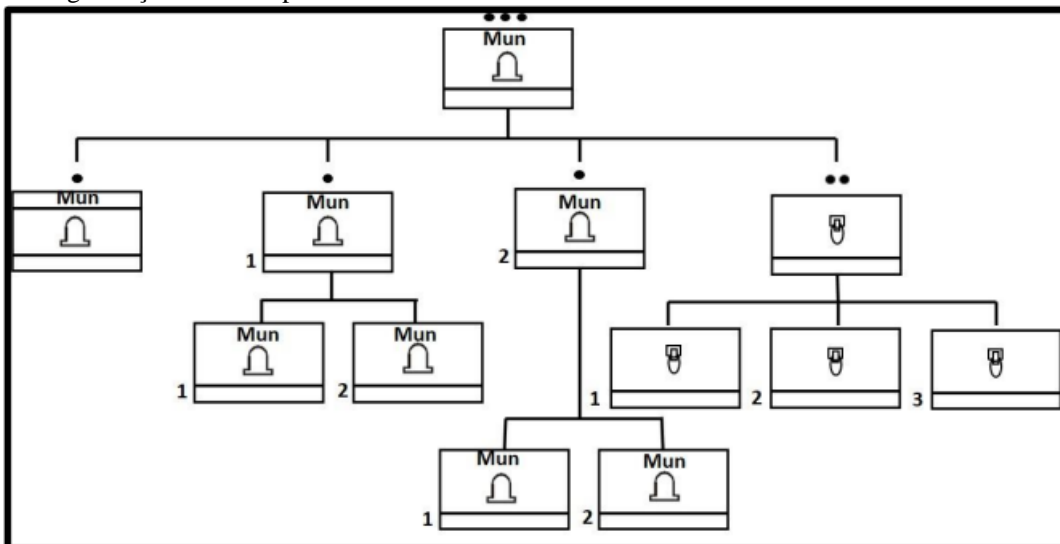
Segundo COLOG (2022, s/p.), a RDAE de artefatos explosivos está dividida em onze etapas: “detecção, localização, identificação, avaliação, mitigação de risco, neutralização, recuperação de itens, elaboração de relatório de informações técnicas (RIT), destruição e disposição final de artefatos explosivos”.

Cabe ao Batalhão de Suprimento (B Sup), o qual desenvolve atividades de apoio logístico, receber, controlar, armazenar e distribuir os artefatos explosivos. Já o Pelotão de Remoção e Destruição de Artefatos Explosivos (P RDAE) tem por função apoiar a remoção e destruição destes materiais (COLOG, 2022).

Conforme o Manual de Companhia de Suprimento do Batalhão Logístico (BRASIL, 2022), o Pelotão de Suprimento Classe V (Pel Sup Cl V) é o responsável não somente por instalar e operar o Posto de Distribuição de Suprimento Classe V (Mun). Diferentemente da antiga doutrina, o Pel Sup Cl V também tem como missão instalar e operar o Posto de Remoção e Destruição de Artefatos Explosivos (P RDAE) de acordo com a situação tática e logística. O Pelotão se desdobra à retaguarda da área de desdobramento considerando o plano de circulação interna e a segurança no armazenamento dos materiais explosivos.

A organização do Pelotão Suprimento Classe V é feita por um grupo de comando (Gp Cmdo), dois grupos de suprimento classe V (munição) e uma seção de remoção e destruição de artefatos explosivos (RDAE) (BRASIL,2022) conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1- Organização do Pel Sup Cl V



Fonte: BRASIL (2022, p. 3-8)

A Seção de RDAE é composta por três equipes que apoiam e operam o P RDAE, podendo destacar as mesmas equipes em apoio de remoção e destruição de artefatos explosivos aos elementos de primeiro escalão (BRASIL, 2022).



A atividade de remoção e destruição de artefatos explosivos engloba ações de detecção, localização, identificação, avaliação, mitigação de risco, neutralização, recuperação de itens, confecção de relatório de informações técnicas (RIT), destruição e disposição final de artefatos explosivos (BRASIL, 2022).

De acordo com o Manual Técnico- Armazenamento, conservação, transporte e destruição de munições, explosivos e artifícios- MT 30.552 (BRASIL, 1970, p. 60) os métodos de destruição utilizados são: “detonação, queima ou combustão e imersão no mar, sendo absolutamente proibido o enterramento ou lançamento de munições em fosso, pântano, córrego ou terreno abandonado”. Além disso, o referido manual cita, como medidas de segurança, a escolha do local de destruições, a preparação das cargas de destruição e a destruição com emprego de processos elétricos.

Com relação ao tubo de choque, sendo o mesmo peculiar, ressalta-se a importância de se realizar um estudo mais aprofundado a respeito do tema, a fim de verificar a sua utilização nos processos de acionamento utilizados em RDAE.

### 2.3 CONCEITO DE EXPLOSIVOS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Entende-se por explosivo a substância química sólida ou fluida que, por meio de uma excitação adequada, se transforma de forma rápida e violenta seu estado gerando alta pressão, alta temperatura e gases tóxicos (BRASIL, 2013).

O funcionamento dos explosivos está exemplificado na Figura 2.

Figura 2- Funcionamento dos explosivos



Fonte: BRASIL (2013, p. 1)

Os explosivos possuem quatro estados físicos sendo sólido, líquido, pastoso e gasoso. As propriedades principais de um explosivo são a velocidade de detonação, sensibilidade, potência, brisância, exsudação, estabilidade, higroscopicidade, inflamabilidade e toxidez (BRASIL, 2013).

A Tabela 1 correlaciona as propriedades dos explosivos com a sua definição para fins de melhor compreensão em relação a avaliação dentro da importância militar.

Tabela 1- Propriedades dos explosivos e suas definições

<b>Propriedades</b>	<b>Definição</b>
Velocidade de detonação	A velocidade média da propagação da onda explosiva é provocada pela explosão da carga, sendo medida em metros por segundo (m/s)
Brisância	É a capacidade de ruptura, estilhaçamento ou fragmentação de um explosivo. Essa propriedade está atrelada a potência da onda de choque, tendo origem na velocidade de detonação e na pressão surgida pela expansão dos gases.
Sensibilidade	Essa propriedade implica em questões ligadas a segurança de emprego, armazenagem e transporte do material. Baseando-se em fatores como iniciação, onda explosiva, fricção, choque e calor.
Iniciação	É o fator que define a quantidade mínima de energia necessária para iniciar o processo de explosão.
Onda Explosiva	A explosão de uma carga provoca uma onda de choque que por “simpatia” ou influência pode resultar na detonação de uma carga vizinha
Fricção	É a capacidade do explosivo iniciar-se pelo atrito.

Choque	É a capacidade do explosivo iniciar-se por um choque.
Calor	É a capacidade do explosivo de entrar em um processo de combustão, deflagração ou detonação quando submetido a uma elevação de temperatura ou contato com o fogo
Exsudação	Os explosivos nitroglicerinados podem exsudar, ou seja, desprender material líquido de sua massa quando armazenados por um período longo ou em sob condições climáticas desfavoráveis. A exsudação provoca uma maior sensibilidade no explosivo, devendo ser destruído de imediato, considerando as normas de segurança.
Estabilidade	Está ligada a capacidade que o explosivo tem para manter suas características sem alteração durante o armazenamento em condições normais
Higroscopicidade	É a facilidade que o explosivo possui para absorver umidade.
Inflamabilidade	É a propriedade de alguns explosivos em que as substâncias em seus constituintes são queimadas facilmente.
Toxidez	Está ligada a aptidão que o explosivo possui em concentrar gases nocivos à saúde.

Fonte: AUTORA (2023)

Os explosivos possuem características sob diversos pontos de vista, como objeto de estudo, interessam os critérios quanto ao emprego, velocidade de decomposição e sua constituição (Tabela 2).

Tabela 2- Características e definição dos explosivos

Características	Definição
Quanto ao emprego	<p>Varia conforme sua necessidade no sistema do acionamento, podendo assumir até três papéis como iniciadores ou primários, ruptura ou secundários e propelentes.</p> <p>Os iniciadores têm o trabalho primário de fornecer uma energia de ativação inicial que seja suficiente à transformação de outros explosivos, além disso detém de alta sensibilidade a fricção ou chama.</p> <p>Os explosivos de ruptura possuem o trabalho secundário de destruição após sofrerem determinada ativação dos iniciadores, portanto seu nível de sensibilidade é menor em relação aos iniciadores.</p>
Quanto a velocidade de decomposição	<p>A velocidade de decomposição é dividida em dois: Altos explosivos e baixos explosivos.</p> <p>As velocidades acima de 1000 m/s são consideradas como altos explosivos, pois sua característica de detonação possui reação química quase instantânea.</p> <p>As velocidades entre 400 e 1000 m/s são consideradas baixos explosivos, pois sua característica de deflagração possui uma reação química progressiva</p>
Quanto a constituição	<p>Os explosivos podem ser constituídos de materiais químicos, mecânicos ou mistos. O explosivo misto é a junção de dois ou mais explosivos e de elementos inertes. Dessa forma, une-se as características dos explosivos químicos e explosivos mecânicos para atingir determinado fim específico.</p>

Fonte: AUTORA (2023)

## 2.4 EXPLOSIVOS MILITARES

De acordo com o Manual de Ensino Explosivos e Destruições EB60-ME-14.003 (BRASIL, 2013, p. 14), no intuito de atender as finalidades militares, os explosivos deveriam apresentar as seguintes características:

- a) relativa insensibilidade ao choque e à fricção, não devendo detonar pelo choque dos projéteis de armas portáteis;
- b) suficiente estabilidade química para permitir o seu armazenamento demorado e em temperaturas entre -62°C e 74 °C;
- c) dimensão e forma convenientes para embalagem e carregamento;
- d) detonação perfeita pela ação dos detonadores comuns;
- e) grande potência por unidade de peso;
- f) uso conveniente abaixo da água ou em climas úmidos;
- g) grande velocidade de detonação;
- h) grande densidade;
- i) baixa toxidez quando armazenado, manuseado e detonado;
- j) barato para fabricar, e
- k) capaz de ser produzido prontamente a partir de matérias-primas disponíveis.

## 2.5 ACESSÓRIOS

Os acessórios são componentes que fazem parte do sistema de acionamento os quais não devem ser confundidos como meios auxiliares, e sim como itens essenciais para poder definir o tipo de acionamento, como em casos do acessório “NONEL” o qual está diretamente ligado ao acionamento não elétrico (BRASIL, 2013).

Para fins dessa pesquisa, serão destacados somente alguns acessórios usados no Manual de Ensino Explosivos e Destruições EB60-ME-14.003 (BRASIL, 2013), considerados os mais relevantes para a pesquisa em questão.

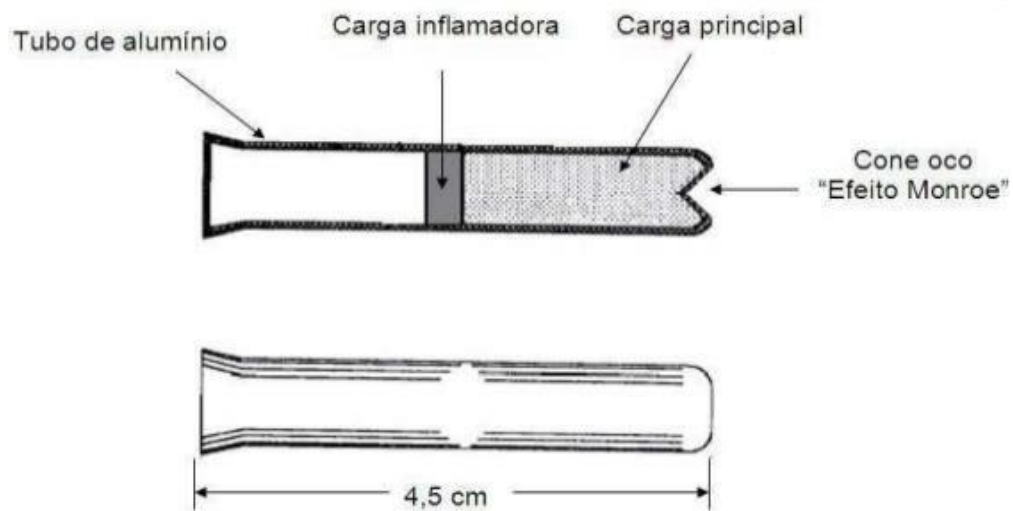
### 2.5.1 Espoleta

Pelo fato de serem extremamente sensíveis, a espoleta pode ser considerada com um iniciador, podendo causar acidentes quando manejadas de forma incorreta. Ela tem por objetivo acionar a carga principal ou até mesmo a carga secundária em alguns casos. As mais comumente empregadas são as espoletas de Nr 6 e Nr 8, sendo esta a mais potente. Para assegurar a explosão, elas podem assumir três tipos: espoleta comum, espoleta elétrica e espoleta eletrônica (BRASIL, 2013).

### 2.5.1.1 Espoleta comum

A espoleta comum (Figura 3) é um acessório de detonação empregado por meio do estopim e age de forma simples, instantânea e, em função da quantidade de suas cargas explosivas. Ela compreende dois tipos Nr 6 e Nr 8. Esse material apresenta pontos negativos quanto a escorva de cargas sob água, pois não possui vedação perfeita. Portanto, deve-se utilizar o cordel detonante para escorvar cargas no caso um acionamento de fogos pirotécnico (BRASIL, 2013).

Figura 3- Estrutura da espoleta comum



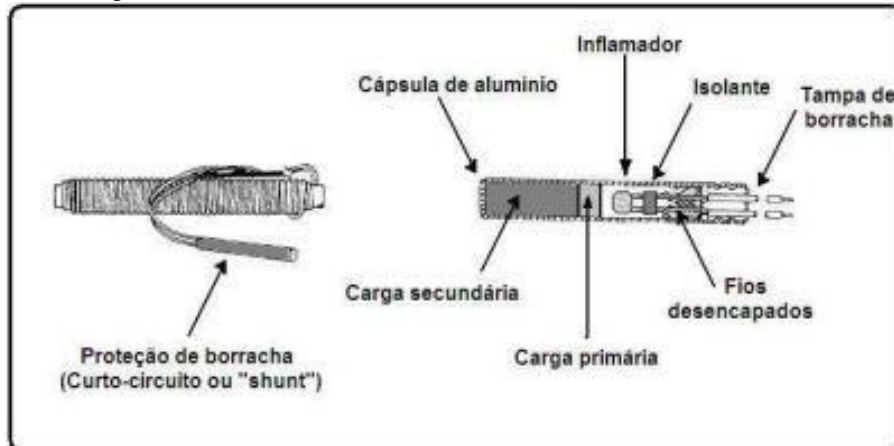
Fonte: BRASIL (2013, p. 24)

### 2.5.1.2 Espoleta Elétrica

As espoletas elétricas têm por objetivo realizar a iniciação da detonação de cargas explosivas à distância por meio da corrente elétrica. Elas são compostas por uma espoleta comum e contém condutores com um determinado comprimento para que possa ser conectado ao circuito, podendo possuir retardo (Figura 5) ou não (Figura 4). Seu acionamento se dá por uma resistência elétrica que abre passagem para que a corrente elétrica de 1 A a 1,5 A possa passar pelos seus fios de cobre que são isolados com PVC. Essa espoleta possui uma proteção de borracha que evita descarga elétrica acidental sobre a espoleta, costuma-se nomear essa derivação de “SHUNT” ou curto-circuito, devendo ser retirada antes de conectar a espoleta ao circuito. Esse dispositivo é denominado convencionalmente por “squib” (BRASIL, 2013).

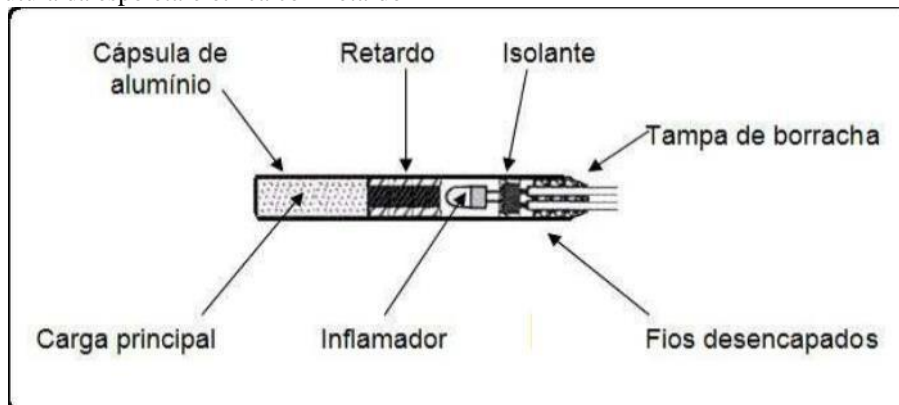
Um dos cuidados que devem ser tomados para o seu manuseio é a utilização de diferentes fabricantes para o mesmo circuito, tendo em vista as diferentes técnicas usadas para a fabricação do material. Dessa forma, evita-se as falhas no acionamento (BRASIL,2013).

Figura 4- Estrutura da espoleta elétrica sem retardo



Fonte: BRASIL (2013, p. 25)

Figura 5- Estrutura da espoleta elétrica com retardo



Fonte: BRASIL (2013, p. 25)

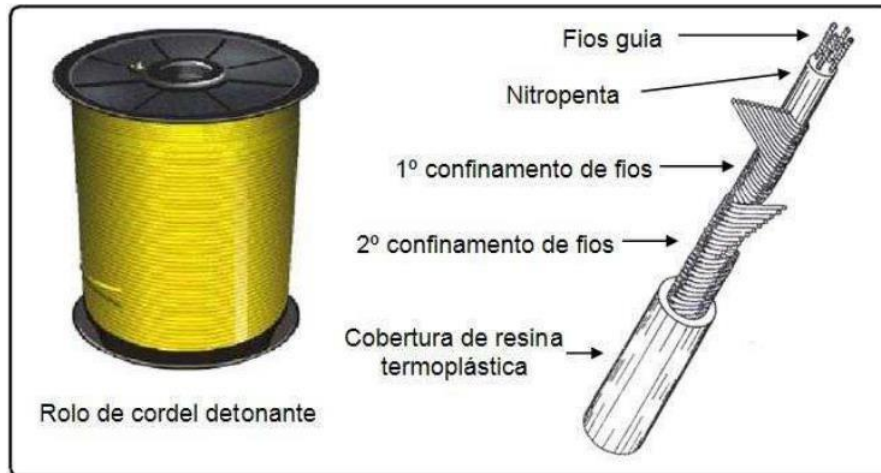
### 2.5.2 Cordel Detonante

O cordel detonante é utilizado para a escorva de cargas e acionamento simultâneo de cargas isoladas. Ele é empregado em conjunto com o lançamento pirotécnico de fogo que pode atuar em forninho de terreno úmido ou cargas subaquáticas e funciona como um reforçador da energia transmitida pela espoleta, portanto, também pode ser utilizado em lançamento elétrico de fogo (BRASIL,2013).

O material é composto por uma estrutura de fios a qual promove resistência além de seu invólucro termoplástico. O cordel (Figura 6) costuma ser insensível à fricção e ao choque,

entretanto, pode ser acionado com uma munição de fuzil caso haja contato íntimo com uma certa quantidade do material (BRASIL, 2013).

Figura 6- Cordel Detonante

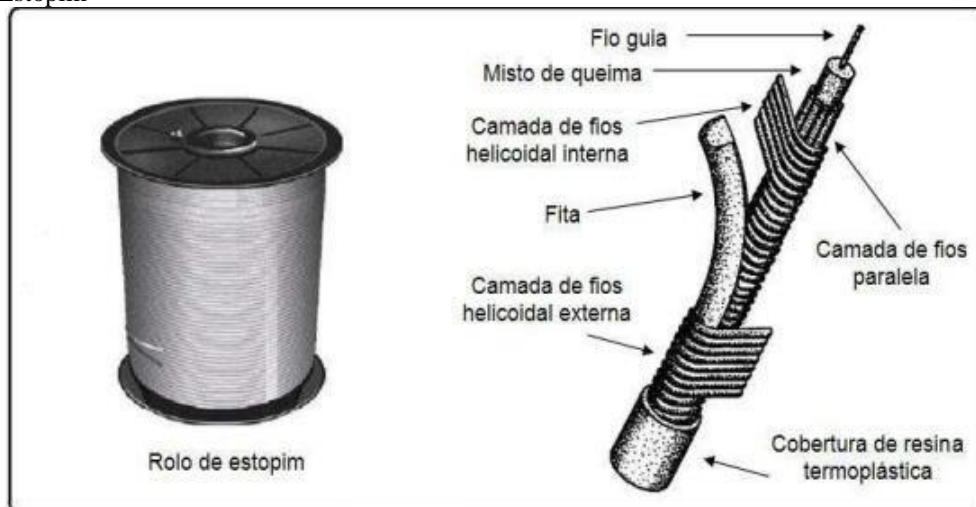


Fonte: BRASIL (2013, p. 27)

### 2.5.3 Estopim

O estopim (Figura 7) é composto por um rastilho de pólvora negra o qual está comprimido e envolvido por diversas camadas de tecido e material impermeável. Ele é utilizado no acionamento pirotécnico e age por meio da transmissão do fogo à espoleta comum que acionará a carga explosiva.

Figura 7- Estopim



Fonte: BRASIL (2013, p. 29)



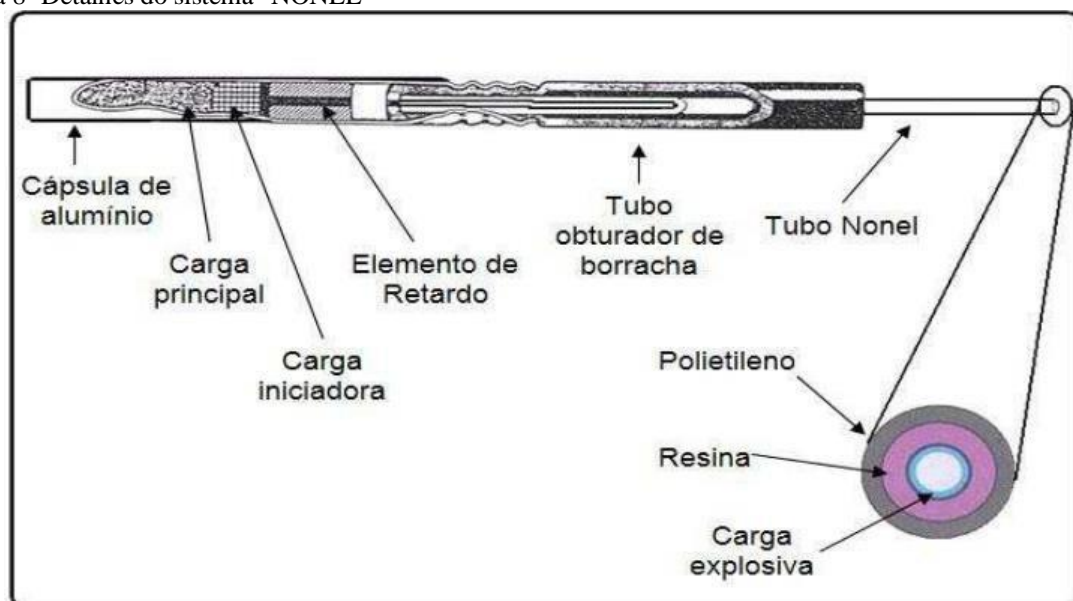
Seu modo de funcionamento é feito pela chispa de fogo por meio de fósforo, isqueiro ou maçarico proporcionando uma queima lenta e com a velocidade uniforme, a queima se propaga ao longo do estopim proporcionando uma variação de tempo para que o pessoal responsável se abrigue até uma posição segura antes que haja a explosão da carga (BRASIL, 2013).

O estopim mais usado pelo Exército Brasileiro possui a coloração branca que identifica o estopim hidráulico. O material necessita de precauções quanto ao armazenamento de forma que seja alocado em ambiente fresco, seco, livre de dissolventes, além de evitar o manuseio incorreto que possa fender o revestimento ou causar a quebra do rastilho da pólvora (BRASIL, 2013).

#### 2.5.4 Sistema não-elétrico de detonação – NONEL

O “NONEL” (Figura 8), termo usado para “*Non-eletric*”, é um dispositivo capaz de acionar a espoleta comum amolgada em sua extremidade por meio da transmissão de onda de choque. Ele pode ser usado em diversos trabalhos de detonação tanto na área civil como em destruições militares e consiste em tubo fino de plástico laminado que possui em sua parede interior uma fina camada de material explosivo (BRASIL, 2013).

Figura 8- Detalhes do sistema "NONEL"



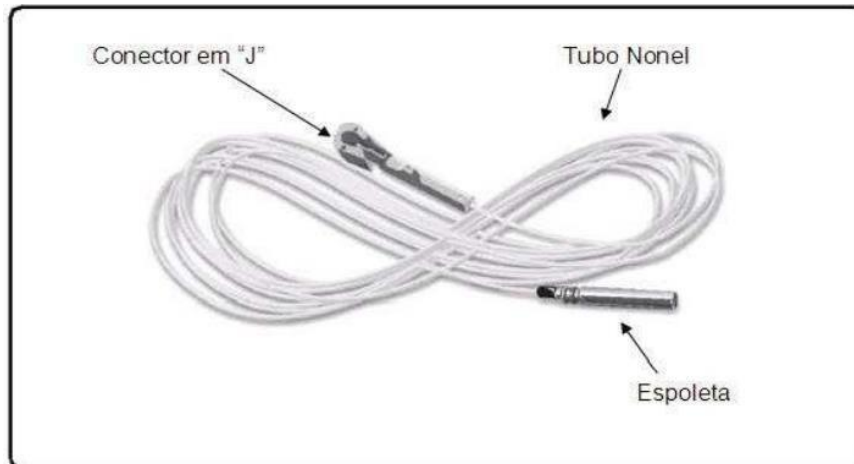
Fonte: BRASIL (2013, p. 30)

O início do seu funcionamento faz com que essa capa se desprenda gerando uma pequena explosão e transmitindo-a, de forma segura e confiável, pela onda de choque que se

propaga a uma velocidade superior a 1000 m/s, sendo considerado um alto explosivo. Dessa forma, os materiais que entram em contato com o tubo não sofrem danos. A quantidade de explosivo no tubo é mínima, pois, mesmo após a detonação, a parte externa permanece intacta (BRASIL, 2013).

As vantagens do material estão diretamente ligadas a aspectos que são de interesse militar, tendo em vista o cuidado que o material possui em relação ao barulho e vibração de ar reduzidos. Vale ressaltar que não há propagação de fumaça nem gases que possam denunciar a posição do acionamento, e a segurança do seu manuseio diminui as interferências elétricas. Entretanto, a falta de teste para o circuito e o alto custo dificultam a aquisição pelo Exército Brasileiro (BRASIL, 2013).

Figura 9- Sistema NONEL



Fonte: BRASIL (2013, p. 31)

### 2.5.5 Sistema não-elétrico de detonação - Pirotel

O Sistema não-elétrico de detonação - Pirotel é composto por um tubo de choque com uma espoleta de retardo amolgada em sua extremidade. No tubo de choque há um produto extrusado a partir de polímeros especiais (1ª capa de Surlyn e 2ª capa de Polietileno) e em seu interior é pulverizado no ato da extrusão o explosivo HMX (FRANCISCO JÚNIOR, 2022). Além do misto HMX, explosivo com alto ponto de fusão, há, também, no seu interior, alumínio em pó. O material é classificado como um iniciador com retardo ou não o qual gera diferentes velocidades de combustão

Na Tabela 3 pode-se verificar os componentes e concentração da espoleta de retardo:

Tabela 3- Ingredientes e concentração da espoleta de retardo

Ingredientes	Concentração
Azida de Chumbo	<0,3%
Nitropenta – PETN	<1,0%
Alumínio em pó	<0,3%
Chumbo metálico	<1,0%
Tetroxido de chumbo	<0,1%
Silício metálico	<0,1%

Fonte: AUTORA (2023)

Com relação ao seu funcionamento, o sistema não-elétrico de detonação PiroNel foi inventado pela Dyno Nobel e se destacou diante do sistema convencional (cordel detonante e retardo bidirecional para cordel) devido a sua capacidade de permitir melhor controle de vibração e ruído, sendo, portanto, reconhecido no Brasil como Linha Silenciosa ideal para desmontes que necessitam de controle destes parâmetros (FRANCISCO JÚNIOR, 2022). Além disso, ele pode substituir o cordel detonando em locais onde não possa haver alto ruído ou vibração e o estopim hidráulico visto que detém de uma tecnologia ultrapassada em relação ao tubo de choque, demonstrando baixa confiabilidade e alto índice de falhas.

O acondicionamento, armazenamento e transporte do produto é realizado conforme legislação do Exército Brasileiro em vigor, como portarias, decretos e instruções que vão sendo dispostas conforme necessidade de regulamentação para o setor (FRANCISCO JÚNIOR, 2022).

Com relação ao nível de sensibilidade, o produto é sensível ao calor, impacto, atrito e eletricidade, inclusive eletricidade estática. Ele deve ser mantido em local fresco, seco e bem arejado, afastado de fontes de ignição. Em sua embalagem original, ele suporta ambientes de -10°C a 60°C (FRANCISCO JÚNIOR, 2022).

A carga base da espoleta de retardo que tem a função de gerar o primeiro impacto para a iniciação dos explosivos é composta por no mínimo 550 mg de Nitropenta (Explosivo de ruptura) + 250 mg de Azida de Chumbo (explosivo iniciador), tendo, portanto, a potência mínima de iniciação da espoleta simples n. 08, que é capaz de fazer um orifício de 6 a 8 mm na placa de chumbo (FRANCISCO JÚNIOR, 2022).

Com relação ao índice de falha, encontra-se no segundo ano consecutivo sem falha no produto e até o momento não foi superada a marca máxima que se apresentou no início dos

testes para lançamento do produto, ficando o índice abaixo de 0,2% para cada 1.000 testes (FRANCISCO JÚNIOR, 2022).

O produto pode ser revalidado pelo fabricante após 2 anos de produção ou destruído conforme parâmetros de segurança dispostos por profissionais habilitados. Inclusive, o Exército Brasileiro está formulando legislação específica para a destruição de explosivos e acessórios, evitando desvios como os acontecidos em diversas partes do país. Além disso, o produto pode ser utilizado em desmontes subaquáticos (FRANCISCO JÚNIOR, 2022).

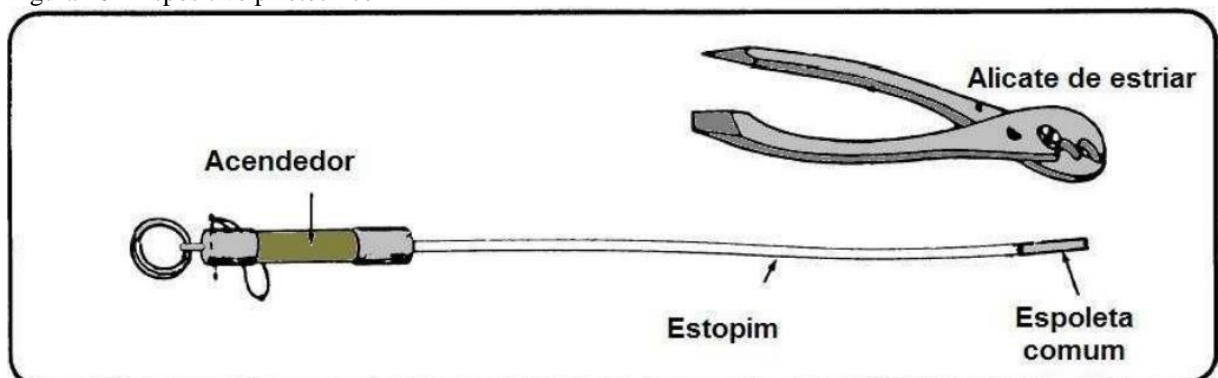
## 2.6 SISTEMA DE LANÇAMENTO DE FOGO

Os sistemas de lançamento de fogo são os acionamentos dos processos pirotécnico, elétrico, eletrônico ou não elétrico. Para fins de estudo, somente os acionamentos pirotécnico, elétrico e não elétrico serão avaliados.

### 2.6.1 Processo pirotécnico de lançamento de fogo

Denomina-se processo pirotécnico as cargas que são acionadas por meio de um escorvamento pirotécnico. Os dispositivos de iniciação são compostos por um dispositivo de ignição do estopim (é o responsável pela ignição de estopim, pode-se usar os acendedores de fricção como fósforo.), um estopim (seu objetivo é transmitir a chama que inicia a espoleta) e uma espoleta comum (iniciador cuja função é a fornecer a energia inicial para detonar o explosivo) (BRASIL, 2013) conforme exposto na Figura 10.

Figura 10- Dispositivo pirotécnico



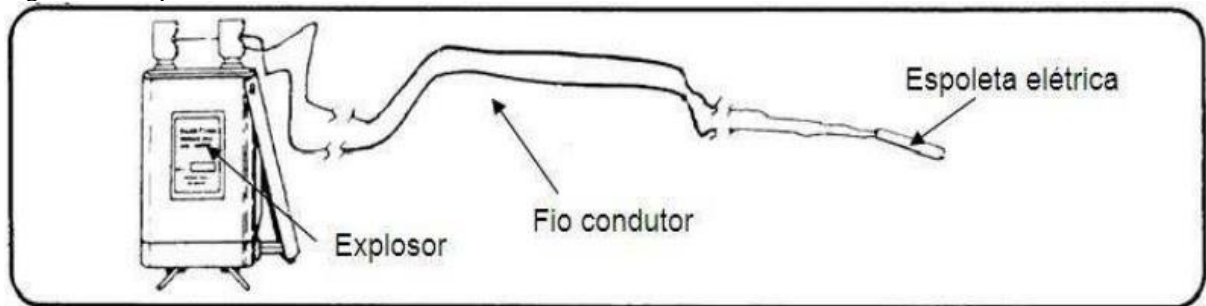
Fonte: BRASIL (2013, p. 55)

### 2.6.2 Processo elétrico de lançamento de fogo

O lançamento de fogo do processo elétrico tem como ação inicial uma corrente elétrica. A passagem da corrente elétrica pelo circuito é a responsável pelo acionamento das espoletas que estiverem ligadas a ele. Caso as espoletas estejam ligadas diretamente em cargas, estas explodirão (BRASIL,2013).

O processo é constituído por um explosor, fios condutores e a espoleta elétrica (Figura 11). Vale ressaltar que a preparação de todo o circuito é antecedida por uma sequência de testes nos itens que compõem o acionamento, dessa forma, minimizando os riscos de falha no momento do acionamento (BRASIL, 2013).

Figura 11- Dispositivo elétrico



Fonte: BRASIL (2013, p. 60)

### 2.6.3 Processo “NONEL”

O “NONEL” (“Non-eletric”) é um processo não elétrico, o qual transmite uma onda de choque pelo seu tubo plástico sendo capaz de acionar uma espoleta que esteja amolgada em sua extremidade (BRASIL,2013).

Os componentes desse processo consistem em um dispositivo de iniciação do tubo (um explosor do “NONEL”, cordel detonante, espoleta comum ou elétrica), o tubo de choque (transmite a onda de choque inicia a espoleta), e uma espoleta comum (fornece energia para detonar um explosivo) (BRASIL, 2013) conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12- Dispositivo "NONEL" (Non-eletric)



Fonte: BRASIL (2013, p. 77)

## 2.7 ESTUDO DE FALHAS DE LANÇAMENTO DE FOGO

Uma carga tornar-se extremamente perigosa quando ocorre uma falha no seu acionamento. Tendo em vista esse tipo ocorrência, o Manual EB60-ME-14.003 pontua algumas considerações gerais que devem ser feitas durante a preparação da carga e na remoção das falhas:

- a) No preparo da carga:
- b) Preparar corretamente a escorva.
- c) Dispor cuidadosamente o explosivo.
- d) Escorvar a carga de forma correta. escorva.
- e) Colocar o enchimento com cuidado, para não danificar a carga ou a
- f) Usar a técnica apropriada de acionamento.
- g) Sempre que possível, usar o processo duplo de lançamento de fogo. Se forem instalados corretamente, um deles, por certo, acionará a carga.
- h) Evitar usar espoletas em cargas subterrâneas ou sob enchimento. Dar preferência ao uso de cordel detonante.
- i) Na remoção das falhas:
  - Em tempo de paz, ESPERAR, no mínimo, 30 minutos, para investigar a falha. Em combate, a importância da destruição poderá impor a verificação imediata da falha, justificando o risco a que será exposto o pessoal especializado.
  - As falhas devem ser investigadas por elementos hábeis no manuseio de explosivos e capacitados para executar tais operações. De preferência, devem ser sanadas pelo próprio elemento que preparou as cargas e o circuito de lançamento de fogo.
  - Sempre que possível, o elemento encarregado de sanar a falha deve verificar a provável causa da mesma, a fim de evitar a sua repetição.
  - Se a carga não tiver enchimento, EVITAR manuseá-la. Escorvar um petardo de 500 g de TNT ao lado da falha e acionar novamente.
  - Se o enchimento não for superior a 30 cm, procurar acionar a carga explodindo uma nova carga-escorva de 1 kg de TNT sobre o enchimento.
  - Se a carga falhada estiver enterrada é necessário remover cuidadosamente o enchimento. Tal operação NÃO deve ser feita com ferramentas metálicas, porque, por descuido, a ação da ferramenta sobre a carga poderá acioná-la (BRASIL, 2013. p. 106-107).

### **2.7.1 Falhas no processo pirotécnico de lançamento de fogo**

O processo pirotécnico detém de falhas comuns como o estopim em mau estado, a incorreta colocação das escorvas, o explosivo deteriorado e a falta de verificação do acendimento do estopim (BRASIL, 2013).

### **2.7.2 Falhas no processo elétrico de lançamento de fogo**

As falhas do acionamento elétrico podem ser reduzidas caso a responsabilidade de todas as ligações seja somente de um elemento. Além disso, o processo elétrico possui algumas medidas que evitam as falhas do acionamento elétrico. De acordo com o Manual EB60-ME-14.03 (BRASIL, 2013, p. 107), essas medidas baseiam-se nas seguintes precauções:

- a) Todas as espoletas estão incluídas no circuito de fogo.
- b) A quantidade de espoletas não excede a capacidade do explosor.
- c) Todas as ligações estão bem-feitas.
- d) Todos os curtos-circuitos "terras" foram evitados.

As falhas mais comuns no caso do processo elétrico estão ligadas aos seus elementos como o explosor defeituoso ou a sua operação incorreta. No caso do circuito elétrico, ele pode estar danificado causando curto-circuito, circuito aberto ou grande resistência no circuito, já as espoletas em grande quantidade ou se forem de tipos e/ou fabricantes diferentes, também podem causar falhas (BRASIL, 2013).

### **2.7.3 Falhas no processo “NONEL”**

No processo não-elétrico, as falhas mais comuns estão diretamente ligadas ao tubo de choque podendo estar danificado, ter a iniciação insuficiente ou ocorrer uma desconexão do tubo com a espoleta (BRASIL, 2013).

## **2.8 REMOÇÃO DE FALHAS NOS LANÇAMENTOS DE FOGO**

As medidas para a remoção de falhas variam de acordo com o processo de acionamento, porém todos partem do princípio de que as falhas devem ser investigadas por elementos capacitados para o manuseio de explosivos e suas operações, preferencialmente, o responsável pela preparação das cargas e montagem do circuito (BRASIL, 2013).

O processo pirotécnico e o processo “nonel” seguem a medida do responsável para sanar as falhas e evitar que ela se repita. No caso do elétrico, baseando-se no Manual EB60-ME-14.03 (BRASIL, 2013, p. 108), devido à complexidade do circuito, outras medidas são acrescentadas:

- a) Verificar a ligação do fio condutor aos bornes do explosor.
- b) Fazer mais duas ou três tentativas para acionar a carga.
- c) Substituir o explosor e fazer nova tentativa.
- d) Desconectar o fio condutor dos bornes do explosor e unir as suas extremidades, fechando o circuito.
- e) Esperar, no mínimo, 30 minutos.
- f) Verificar todo o circuito, inclusive o fio condutor, à procura de interrupções ou curtos-circuitos. Levar o explosor junto.
- g) Não tentar remover a escorva nem a carga.
- h) Se a falha não for descoberta, desligar os fios da espoleta (da escorva primitiva) do circuito de fogo.
- i) Unir as extremidades dos fios da espoleta desprezada, sem retirá-la do seu lugar.
- j) Instalar uma nova escorva e refazer as ligações.
- k) Recolocar o enchimento.
- l) Acionar a nova escorva.



### 3 REFERENCIAL METODOLÓGICO

O método de pesquisa dedutivo foi realizado por procedimentos metodológicos os quais se concentram em leituras preliminares para aprofundamento do tema; definição e elaboração dos instrumentos de coleta de dados e definição das etapas de análise do material. Ao serem estabelecidas as bases práticas para a pesquisa, procurou-se garantir a execução da pesquisa seguindo o cronograma proposto além de propiciar a verificação das etapas de estudo.

#### 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Procurando compreender a viabilidade da inserção do processo de lançamento de fogo “NONEL” nas atividades de RDAE do Exército Brasileiro, a pesquisa, de abordagem quantitativa, foi conduzida de forma a avaliar frequência de falhas em cada tipo lançamento de fogo de acordo com a experiência de militares de diversas Organizações Militares e militares da Polícia Militar do Distrito Federal (PMDF).

Os procedimentos metodológicos adotados para a realização deste trabalho consistiram em três momentos. No primeiro, foram realizadas pesquisas bibliográficas, pesquisando diversos autores e suas literaturas a respeito do tema, utilizando-se para tanto de livros, revistas, artigos científicos, manuais do EB e todo tipo de documento atinente ao tema. Nas pesquisas realizadas via internet utilizou-se como palavras-chave: remoção – destruição – artefatos explosivos – tubo de choque. O material que se encontrava de acordo com as perspectivas dos objetivos foi resumido e referenciado para utilização no referencial teórico. Os demais, que não se enquadraram nos requisitos estabelecidos, foram excluídos.

Em um segundo momento foi realizada uma pesquisa de campo, de caráter exploratório com militares que realizam a tarefa de remoção e destruição de artefatos explosivos. A coleta de dados deu-se através de um questionário virtual elaborado no *Google Forms* e enviado para os participantes. A pesquisa do formulário possuiu caráter quantitativo tendo como objetivo a comparação do número de falhas dos acionamentos já presenciadas pelos participantes da pesquisa. Dessa forma, foi possível obter uma melhor visualização em relação a viabilidade dos tipos de lançamento de fogo usualmente usados por militares do Exército Brasileiro e o lançamento não usual, no caso do “NONEL”. Após a obtenção as respostas, os dados foram tabulados e expostos de forma gráfica para melhor compreensão dos resultados.

Por fim, realizou-se uma pesquisa experimental a qual consistiu na realização do teste do material tubo de choque a fim de avaliar seu funcionamento.

## 3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A pesquisa restringiu-se aos militares do Exército Brasileiro de diferentes postos e graduações oriundos de Escolas de Formação, de Unidades Logísticas e do Batalhão de Operações Especiais e aos militares da Polícia Militar do Distrito Federal que realizam atividades RDAE no Esquadrão de bombas do Batalhão de Operações Especiais (BOPE).

A amostra compreendeu 32 militares, distribuídos entre policiais militares do Distrito Federal e o Exército Brasileiro, abrangendo todos os círculos de praças e de oficiais, não existindo fator de diferenciação ou peso nas relatorias por diferença de grau hierárquico.

Os dados coletados são informações provenientes das experiências de cada militar ao longo de sua trajetória nas Forças Armadas e militares da PMDF. Portanto, eles são imparciais, ou seja, isentos de uma avaliação subjetiva do militar e outra parte completamente tendenciosa, pois coube ao militar relatar a experiência obtida com o material.

## 3.3 INSTRUMENTOS

### 3.3.1 Levantamento de falhas sem o tubo de choque

A fim de levantar o número de falhas nos processos de lançamento de fogo sem o tubo de choque, aplicou-se o questionário virtual lançado no *Google Forms* para ser respondido por militares que realizam a tarefa de remoção e destruição de artefatos explosivos. A pesquisa, feita em formulário, obteve a participação de militares da Polícia Militar do Distrito Federal que realizam de atividades RDAE no Esquadrão de bombas do Batalhão de Operações Especiais (BOPE). Os policiais colaboraram com a prática do acionamento não-elétrico relatando a quantidade de falhas já ocorridas nesse tipo de lançamento de fogo.

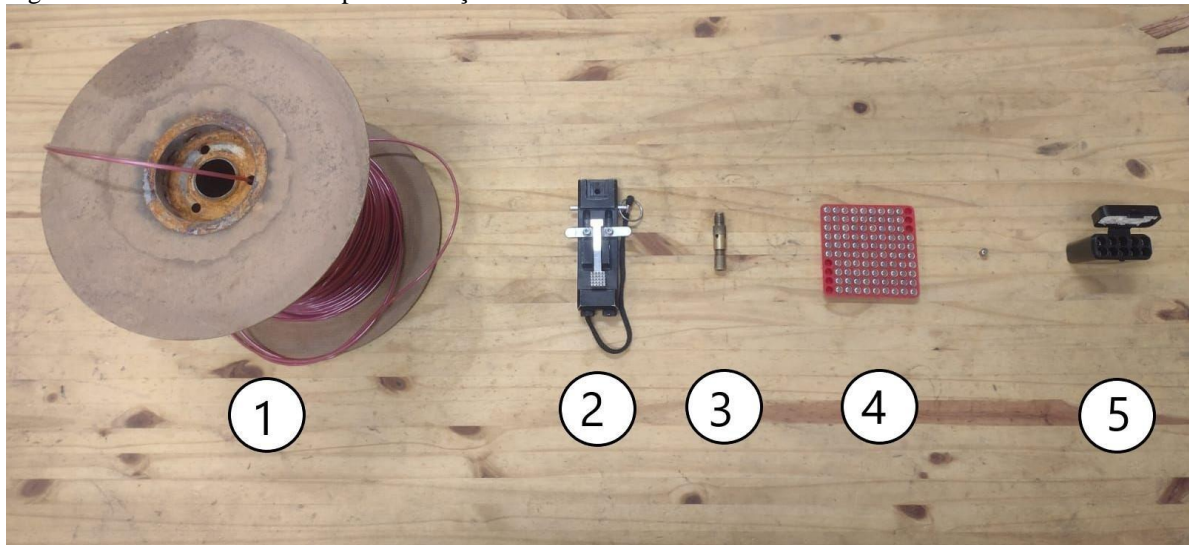
Os dados coletados foram analisados conforme a experiência que usualmente os militares do Exército praticam nas atividades de RDAE. Essa verificação da quantidade de falhas de acionamento realizadas por esses militares auxiliou na criação da hipótese de uma maneira mais moderna e viável de realizar o processo de lançamento de fogo.

### 3.3.2 Avaliação do tubo de choque

A avaliação do tubo de choque foi realizada por meio de uma pesquisa experimental desenvolvida em campo, onde os dados foram coletados por meio da observação dos efeitos produzidos pelo tubo de choque.

O experimento teve como objetivo avaliar os possíveis casos de falhas no acionamento do tubo de choque utilizando-se dos materiais dispostos na Figura 13.

Figura 13- Materiais utilizados para avaliação de falhas no acionamento



Fonte: AUTORA (2023)

De acordo com a ordem numérica constada na Figura 13, os materiais utilizados no experimento foram o tubo de choque (item 1) - principal objeto de estudo dessa pesquisa- do qual foram selecionados 10 (dez) pedaços medindo 25 (vinte e cinco) metros (m) cada; o conjunto acionador do tubo de choque (itens 2 e 3); a espoleta nº 209 (item 4) e o espoletário (item 5).

O item 2 funciona como percussor da espoleta nº 209. Além disso, ele realiza o “engatilhamento” e possui uma trava de segurança para o percussor. Enquanto isso, o item 3 faz a conexão da espoleta nº 209 com o tubo de choque

Foi utilizada, também, a espoleta nº 209, responsável pelo acionamento do tubo de choque, por meio da propriedade de onda explosiva e o espoletário contendo 10 (dez) espoletas de nº 8. As espoletas foram utilizadas com o objetivo de certificar a eficácia do tubo de choque tendo em vista uma possível insuficiência na onda de choque gerando falha no acionamento da espoleta.

O procedimento realizado no Parque de Material Bélico da AMAN e contou com o auxílio dos policiais militares do Distrito Federal para o manuseio do material explosivo. O experimento foi realizado distribuindo-se os 10 tubos de choque seccionados lado a lado, possuindo distância de 1(un) metro entre eles.

Para o primeiro acionamento, a espoleta de nº 8 foi estriada no tubo de choque e, logo após, o dispositivo do acionador do tubo de choque foi engatilhado e sua trava de segurança encaixada no acionador. Por último, a espoleta de nº 209 foi encaixada no acionador e, em seguida, o tubo de choque. Após a montagem de todo o dispositivo, a trava de segurança foi removida, liberando o movimento do percussor de ir à frente assim que a tecla de desengatilhamento do acionador fosse acionada. Todo o processo citado foi realizado da mesma forma em todos os casos afim de não haver interferência ou variável não prevista que pudesse influenciar nos resultados.

### 3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados na etapa de aplicação de questionário foram analisados qualitativamente sendo separados por categorias que englobaram as respostas de acordo com cada dimensão das variáveis estudadas de forma a mitigar as dúvidas quanto aos procedimentos padronizados.

Após a categorização dos dados, foi utilizada a tabulação simples, a qual teve seu resultado representado em gráficos nos formatos de pizza.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

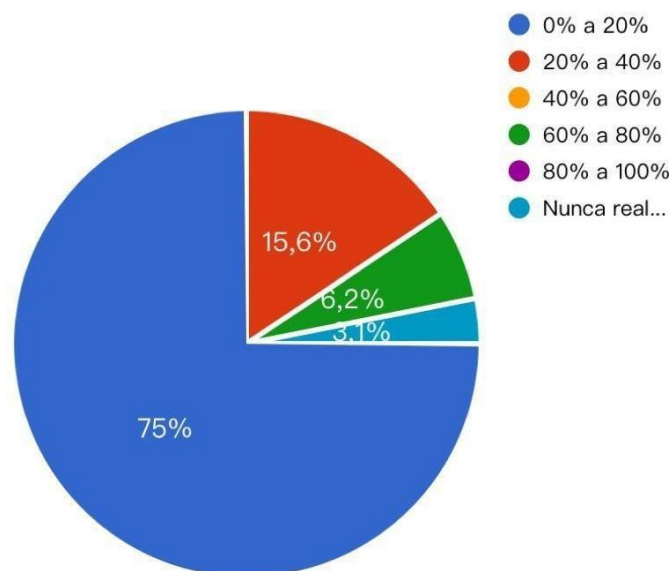
Este capítulo tem o propósito de expor resultados obtidos a partir da interpretação das respostas obtidas no questionário.

### 4.1 PROCESSO PIROTÉCNICO DE LANÇAMENTO DE FOGO

O acionamento pirotécnico é uma forma de acionamento que utiliza reações químicas para gerar calor e chama, que são usados para detonar um explosivo. Isso pode incluir o uso de cordel detonante, que é um tipo de cordão com um núcleo de explosivo pirotécnico envolto em uma capa protetora, ou outros tipos de dispositivos pirotécnicos. Nesse caso, o processo pirotécnico consiste no acionamento de uma carga explosiva com uso do estopim e da espoleta nº 8.

De acordo com os resultados obtidos entre os participantes da pesquisa, observa-se o alto índice de falhas neste tipo de acionamento obtendo uma margem de até 80% de falhas (Figura 14). Vale ressaltar que esse é um dos principais acionamentos usados pelo Exército em suas atividades de RDAE.

Figura 14- Porcentagem de falhas no processo pirotécnico de lançamento de fogo



Fonte: AUTORA (2023)

Esse processo costuma ser usado devido ao baixo valor de custo e a durabilidade do estopim. Entretanto, ele torna-se uma desvantagem devido ao gasto com um material que apresenta alto índice de falhas e necessita constantemente de outro tipo de acionamento para

complementar a destruição de um engenho falhado. Outro ponto a ser levado em consideração é à higroscopicidade do estopim que absorve umidade e deve ter uma parte descartada para a montagem do dispositivo.

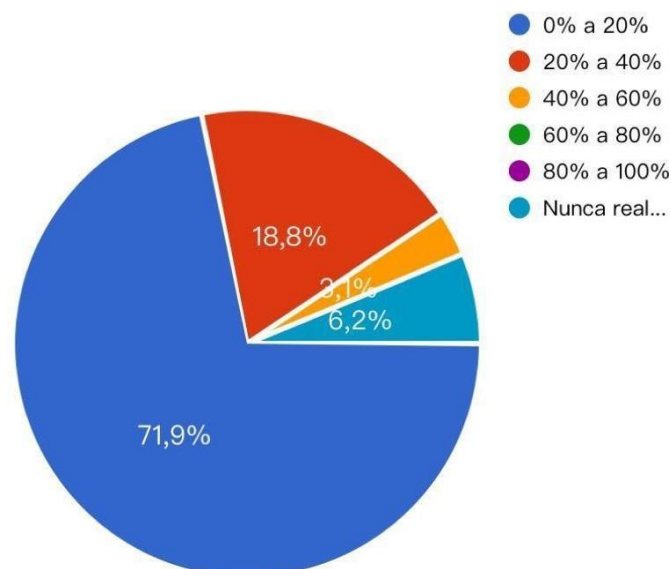
Pelo ponto de vista militar, o estopim se torna prejudicial, pois, ao ser queimado, exala fumaça escura derivada de gases tóxicos como salitre que além de afetar a saúde do militar responsável pelo acionamento do propelente por conta da inalação no momento da realização do teste de queima e até mesmo da queima propriamente dita, e ainda é capaz de denunciar a posição da área onde está ocorrendo a queima.

#### 4.2 PROCESSO ELÉTRICO DE LANÇAMENTO DE FOGO

O processo elétrico de lançamento de fogo é o mais utilizado nas atividades de RDAE realizadas pelo Exército. O processo elétrico e o processo pirotécnico costumam ser acionados para a destruição do mesmo engenho falhado funcionando um como o “*backup*” do outro.

Conforme pode-se observar na Figura 15, há uma margem significativa na porcentagem de falhas, porém o acionamento elétrico torna-se mais eficaz que o acionamento pirotécnico devido à menor reincidência de falhas.

Figura 15- Porcentagem de falhas no processo elétrico de lançamento de fogo



Fonte: AUTORA (2023)

O acionamento elétrico é confiável e pode ser controlado remotamente, o que os torna uma escolha popular para uso em mineração e construção. Além disso, ele é relativamente fácil de instalar e usar.

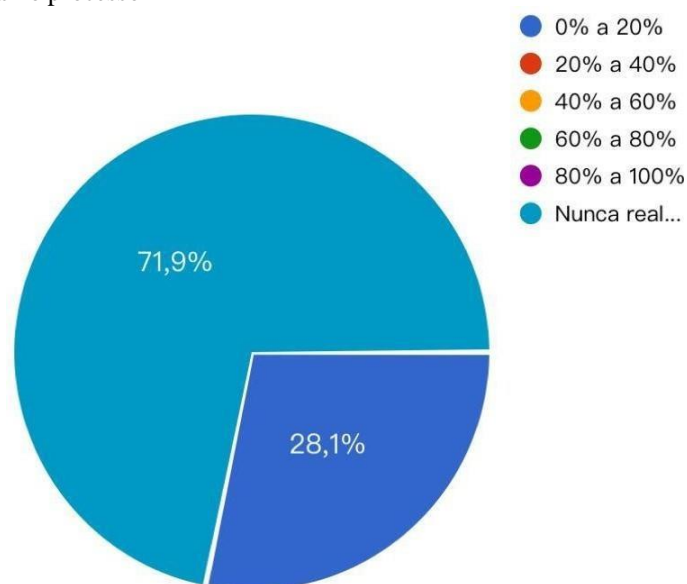
Entretanto, observa-se que o processo elétrico pode ser mais suscetível a interferências elétricas e problemas de fiação, o que pode levar a falhas na detonação ou detonações prematuras.

#### 4.3 PROCESSO NÃO-ELÉTRICO

O acionamento não-elétrico é uma forma de detonar um explosivo sem o uso de eletricidade ou outras formas de energia elétrica. Esse processo não-elétrico consiste no objeto de estudo dessa pesquisa, o “tubo de choque” o qual constitui-se em um tubo preenchido com um material que é mais fácil de detonar do que o explosivo principal, conhecido como iniciador. Quando uma carga é colocada no tubo de choque, o iniciador é detonado, criando uma onda de choque que se move para o explosivo principal

Ao serem questionados sobre a porcentagem de falha do processo não- elétrico, 71,9% dos participantes afirmaram não haver falhas no processo e 28,1% afirmaram que as falhas ocorridas se situam entre 0 e 20% das tentativas (Figura 16).

Figura 16- Porcentagem de falhas no processo “NONEL”



Fonte: AUTORA (2023)

A amostra, tendo como maioria militares das FFAA, não possui contato com o material usado para esse tipo de acionamento, porém os militares do BOPE, cuja colaboração técnica foi essencial para a coleta de dados dessa pesquisa, possuem contato rotineiro com o acionamento não-elétrico. Dessa forma, verifica-se que, apesar do baixo número de militares que já participaram de atividades utilizando o tubo de choque, não houve falhas em suas tentativas.

O tubo de choque apresenta vantagens em relação aos meios atualmente empregados no âmbito FFAA devido à baixa ou quase nenhuma falha no seu acionamento, apresentando alta eficácia. O material tem a duração de 2 anos e pode ser estendido dependendo do fabricante. Além disso, as características desse material, em relação aos demais usados nos outros tipos de lançamento de fogo, são de extrema importância para uso militar, pois pode ajudar a melhorar a segurança e eficácia do uso de explosivos devido ao controle da velocidade de detonação a qual pode ajudar a reduzir o risco de fragmentação indesejada ou explosões prematuras, além de melhorar a precisão e a consistência da detonação. O acionamento não-elétrico pode ser mais confiável em situações em que a eletricidade não está disponível ou não é confiável

Ainda, de forma a corroborar com as vantagens do material apresentado, o tubo é revestido por material inerte o qual não coloca em risco a segurança do militar que necessita conduzi-lo manualmente e não prejudica materiais que fiquem próximos ou em contato direto com o tubo. Dessa forma, torna-se o meio mais vantajoso e seguro de acionamento, pois a condução e manuseio desse objeto não interfere em sua efetividade.

#### 4.4 EXPERIMENTO DO TUBO DE CHOQUE

Os testes realizados nas 10 (dez) amostras de tubo de choque não sofreram qualquer interferência dos demais acionamentos próximos, ou seja, apesar da pouca distância entre os dispositivos, a onda explosiva não ativou os outros tubos por simpatia ou pela onda de choque causada pela espoleta nº 8 e até mesmo pela onda de choque do tubo. Sua utilização no dispositivo é como um explosivo secundário, pois se comporta com menor sensibilidade em relação à espoleta (iniciador).

Diferentemente da preparação de outros dispositivos, como no caso do pirotécnico, o tubo não precisou ter uma parte sua retirada, pois sua composição interna não acumula umidade, logo não houve interferência da propriedade de higroscopicidade. Ademais, após o acionamento, o tubo emitiu gases tóxicos, como ocorre no caso do estopim.

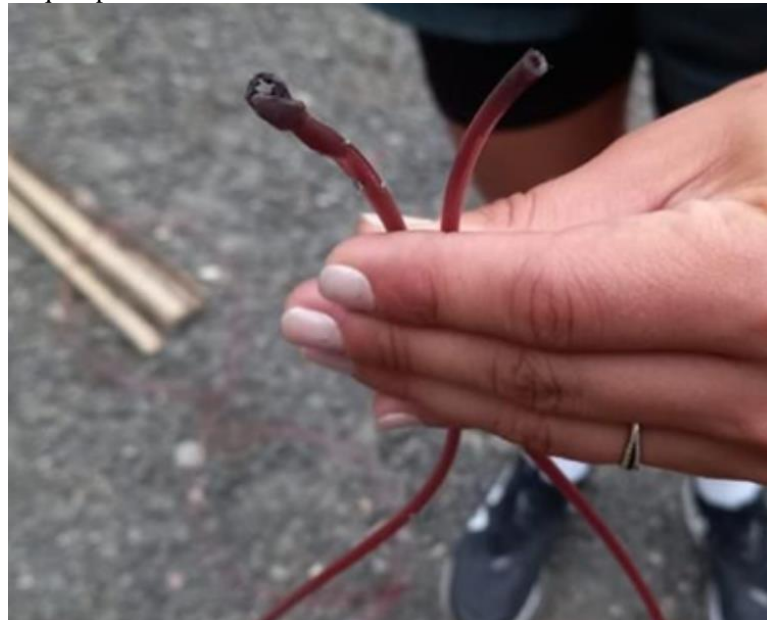
Os aspectos negativos observados foram o ruído do choque e a rápida iluminação causado pela onda de choque do tubo. Esses fatores, no ponto de vista military, tornam-se



prejudiciais em um combate, pois tem a possibilidade de denunciar a posição ou alertar uma possível ameaça que esteja próxima do dispositivo. Entretanto, a velocidade de decomposição do tubo se equipara a um alto explosivo. Diante disso, a possibilidade da reação inimiga após o acionamento só aconteceria a uma distância consideravelmente segura do raio da explosão das cargas explosivas.

Quanto à integridade do tubo, o material tornou-se inutilizável após realizado o acionamento- apesar da parte externa se manter praticamente intacta- tendo somente a integridade das extremidades que entraram em contato com as espoletas afetadas (Figura 17).

Figura 17- Tubo de choque após acionamento não- elétrico



Fonte: AUTORA (2023)

## 5 CONCLUSÃO

Em se tratando das questões de estudo e dos objetivos propostos no início deste trabalho, pode-se concluir que a presente pesquisa atendeu ao pretendido, ampliando a compreensão sobre o uso do tubo de choque nos processos de acionamentos e remoção e destruição de artefatos explosivos.

Após análise da literatura concluiu-se que a utilização do acionamento não-elétrico, em especial o uso do tubo de choque de forma doutrinária nos acionamentos, aumentará significativamente as capacidades de modernização do Exército Brasileiro quanto ao assunto de RDAE, sendo necessário que a parte doutrinária não se limite somente aos acionamentos convencionais como o pirotécnico e o elétrico, e que busque a inserção do processo não-elétrico nas atividades rotineiras do Pelotão Classe V.

Com a finalidade de contribuir para a melhoria contínua das atividades de Remoção e Destruição de Artefatos Explosivos no Quadro de Material Bélico do Exército Brasileiro, sugere-se ainda uma análise mais aprofundada de pontos levantados por este trabalho, cuja discussão não se esgotou pelas próprias delimitações impostas à execução desta pesquisa. Ademais, um estudo sobre a viabilidade econômica da implantação do tubo de choque pelo Exército Brasileiro nas Organizações Militares.

Por fim, pode-se concluir que mesmo o Exército Brasileiro não fazendo uso do tubo de choque nos processos de acionamentos utilizados na remoção e destruição de artefatos explosivos, a tecnologia citada tem condições de ser empregada satisfatoriamente para esse objetivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Exército Brasileiro. **Manual Técnico- Armazenamento, conservação, transporte e destruição de munições, explosivos e artifícios- MT 30.552**. 1. ed., Brasília, 1970.

BRASIL. Estado-Maior do Exército. **C 5-25: Explosivos e destruições**. 2. ed. Brasília: EGGCF, 1991.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **T 9-1903: Armazenamento, conservação, transporte e destruição de munições, explosivos e artifícios**. 1. ed. Brasília: DF, 2007.

BRASIL. Exército Brasileiro. **Manual de Ensino Explosivos e Destruições EB60-ME-14.003**. 1 ed., Brasília, DF, 2013.

BRASIL. Portaria nº 147 - COLOG, de 21 de novembro de 2019. **Dispõe sobre procedimentos administrativos para o exercício de atividades com explosivos e seus acessórios e produtos que contêm nitrato de amônio**. Diário Oficial República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2019.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **EB70-MC10.318: Companhia de Suprimento do Batalhão Logístico**. 1. ed. Brasília, 2022.

COLOG. **Portaria n. 047**. 2022. Disponível em: <[www.sgex.eb.mil.br/sg8/002\\_instrucoes\\_gerais\\_reguladoras/01\\_gerais/port\\_n\\_047\\_colog\\_1abr2022.html](http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/002_instrucoes_gerais_reguladoras/01_gerais/port_n_047_colog_1abr2022.html)>. Acesso em: 20 jul. 2022.

FRANCISCO JÚNIOR, P. **Assistência técnica Pirobras**. 2022. Disponível em: <[www.pirobras.ind.br](http://www.pirobras.ind.br)>. Acesso em: 20 jul. 2022.

IMBEL. **Explosivos para emprego militar**. 2022. Disponível em: <[www.imbel.gov.br/index.php/explosivos](http://www.imbel.gov.br/index.php/explosivos)>. Acesso em: 20 jul. 2022.

MELO, N. P. P. **Avaliação do Ensino de Remoção e Destruição de Artefatos Explosivos da AMAN no Curso de Material Bélico**. 2022. 49 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Ciências Militares, Resende, 2022.

PANTALEÃO, K. G. **A Remoção e Destruição de Artefatos Explosivos (RDAE) no planejamento das operações conjuntas e suas implicações no Direito Internacional Humanitário**. 2020. 36 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Curso de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2020.

PRYOR, O. BARAK, S.; KOROGLU, B.; NINNEMANN, E.; VASU, S.S. Measurements and interpretation of shock tube ignition delay times in highly CO<sub>2</sub> diluted mixtures using multiple diagnostics. **Combustion and Flame**, v. 180, p. 63- 76, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2017.02.020>