

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DIRETORIA DE ENSINO
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR
“Coronel Osmar Alves Pinheiro”
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS**

Cadete BM/2 **MARCOS PAULO MACIEL BEZERRA DINIZ**



**SISTEMAS DE VANTAGEM MECÂNICA: UM ESTUDO DA
EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS NO CONTEXTO DO CORPO DE
BOMBEIROS DO DISTRITO FEDERAL**

BRASÍLIA
2023

Cadete BM/2 **MARCOS PAULO MACIEL BEZERRA DINIZ**

**SISTEMAS DE VANTAGEM MECÂNICA: UM ESTUDO DA
EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS NO CONTEXTO DO CORPO DE
BOMBEIROS DO DISTRITO FEDERAL**

Artigo científico apresentado à disciplina Trabalho de conclusão de curso como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Orientador: Maj. QOBM/Comb. ESTEVÃO LAMARTINE NOGUEIRA **PASSARINHO**

BRASÍLIA
2023

Cadete BM/2 **MARCOS PAULO MACIEL BEZERRA DINIZ**

SISTEMAS DE VANTAGEM MECÂNICA: UM ESTUDO DA EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS NO CONTEXTO DO CORPO DE BOMBEIROS DO DISTRITO FEDERAL

Artigo científico apresentado à disciplina Trabalho de conclusão de curso como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

JACQUELINE NATHALY BARBOSA DE OLIVEIRA – Ten-Cel. QOBM/Comb.
Presidente

RAFAEL COSTA GUIMARÃES – Cap. QOBM/Comb.
Membro

AYMÊ PIRES SERRANO – 1o Ten. QOBM/Comb.
Membro

ESTEVÃO LAMARTINE NOGUEIRA PASSARINHO – Maj. QOBM/Comb.
Orientador

RESUMO

Existem uma diversidade de equipamentos no Corpo de Bombeiros do Distrito Federal (CBMDF) disponíveis para emprego nas operações de salvamento, sobretudo as envolvendo sistemas de vantagem mecânica. Este trabalho visa avaliar a eficiência dos equipamentos de sistemas de vantagem mecânica utilizados nas atividades de salvamento com cordas no CBMDF, tornando possível ordená-los e possibilitando a escolha dos melhores equipamentos para melhor empregá-los pela tropa. De forma exploratória, a pesquisa se iniciou com uma vasta revisão de literatura sobre o tema, possibilitando definir materiais, estruturar um protocolo de testes, efetivar um laboratório para aplicar o protocolo e coletar dados. O protocolo foi aplicado utilizando um dinamômetro de forma a mensurar a perda de carga ao aplicar uma força para elevação de uma carga de 100 kg. Os resultados mostraram que dentro do mesmo grupo de equipamentos, a eficiência pode alterar significativamente o esforço necessário numa operação, dessa forma foi conclusivo que essa informação é relevante para a operação, mas deve ser utilizada em conjunto com as informações do fabricante. Em suma, o trabalho é mais uma informação que deve ser complementar para a tropa no emprego em operações e fator de decisão para o gestor no momento da aquisição, e sempre deve ser utilizado em conjunto com as especificações e prescrições do fabricante.

Palavras-chave: eficiência; operações de salvamento; perda de carga; protocolo de teste.

**MECHANICAL ADVANTAGE SYSTEMS: A STUDY OF EQUIPMENT
EFFICIENCY IN THE CONTEXT OF THE FEDERAL DISTRICT FIRE
DEPARTMENT**

ABSTRACT

There is a diversity of equipment in the Corpo de Bombeiros do Distrito Federal (CBMDF) available for use in rescue operations, mainly those involving mechanical advantage systems. This work aims to evaluate the efficiency of mechanical advantage system equipment used in rope rescue activities in the CBMDF, making it possible to order them and enabling the choice of the best equipment to better employ them by the troops. In an exploratory manner, the research began with a vast literature review on the topic, making it possible to define materials, structure a testing protocol, set up a laboratory to apply the protocol and collect data. The protocol was applied using a dynamometer to measure the loss of load when applying a force to lift a load of 100 kg. The results demonstrated that within the same group of equipment, efficiency can significantly change the effort required in an operation, so it was conclusive that this information is relevant to the operation but must be used in conjunction with the manufacturer's information. In short, the work is yet another piece of information that must be complementary to troops in operations and a decision factor for the manager at the time of acquisition and must always be used in conjunction with the manufacturer's specifications and prescriptions.

Keywords: *efficiency; rescue operations; cargo loss; test protocol.*

1. INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) tem em suas competências prestar serviço de salvamento e atuar para garantir a preservação da incolumidade das pessoas (Brasil, 1986). As atividades de salvamento são em diversas atuações, como salvamento em altura, captura de insetos, resgate veicular e salvamento terrestre (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2017).

É comum nas atividades de salvamento a necessidade de realizar força para movimentação de cargas que ultrapassam a capacidade física do bombeiro, dessa forma, é fundamental o uso de sistemas de vantagem mecânica para realizar a movimentação desejada (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2017).

Um problema de pesquisa é entendido como uma dificuldade que se é encontrada e que se planeja resolver (Gomides, 2002). Com esse entendimento, após analisar diversas dificuldades traduzidas em problemas existentes no CBMDF, no que tange a atividade de salvamento terrestre, foi percebido a ausência de experimentos científicos com objetivo de mensurar a eficiência mecânica dos Sistemas de Vantagem Mecânica (SVM).

Em virtude da ausência de documentação e de experimentos técnicos, e considerando a ampla aplicação dos SVM na atividade bombeiro militar, é evidente a necessidade de se pesquisar o assunto. Dessa forma, o presente trabalho aspira resolver a seguinte questão: **a eficiência dos equipamentos para montagem de Sistemas de Vantagem Mecânica é um fator de decisão para escolha dos equipamentos?**

É fundamental para a atividade de bombeiro o estudo sobre as técnicas de multiplicação de força, uma vez que com o estudo dessa área de conhecimento, o CBMDF terá capacidade científica para definir qual o melhor conjunto de equipamentos fornece o melhor aproveitamento da força mecânica dos militares atuantes no salvamento utilizando SVM e, conseqüentemente, prestar um melhor serviço à sociedade do Distrito Federal.

Além disso, o estudo sobre SVM proporcionará o cumprimento do previsto no Planejamento Estratégico da corporação, que do ponto de vista técnico que visa desenvolver pesquisas e gestão do conhecimento, sendo um estudo pioneiro no âmbito do CBMDF, e, ainda, é válido considerar o tema estratégico operacional que diz respeito aos resultados entregues para a sociedade.

Dessa maneira, o artigo tem como objetivo **avaliar a eficiência dos equipamentos de sistemas de vantagem mecânica utilizados nas atividades de salvamento com cordas no CBMDF**. Partindo do objetivo já citado, têm-se os objetivos específicos que se convergiram ao longo da pesquisa, possibilitando solucionar o problema de pesquisa:

- a) Examinar a literatura de sistemas de vantagem mecânica aplicados à realidade bombeiro militar;
- b) Identificar os equipamentos utilizados para montagem de sistemas de vantagem mecânica pelo CBMDF;
- c) Definir o protocolo de teste para mensurar a perda de eficiência;
- d) Mensurar a eficiência nos equipamentos de SVM, conforme o protocolo definido;
- e) Elaborar um boletim informativo com as informações dos equipamentos de SVM.

Com o estudo da literatura, foi possível entender o conhecimento teórico do SVM aplicado à realidade bombeiro militar, principalmente em operações de salvamento. Ainda na pesquisa bibliográfica, conseguiu-se identificar os equipamentos utilizados nos SVM, no âmbito do CBMDF, e possibilitar a elaboração do protocolo de testes.

O protocolo de teste montado consiste em um sistema de vantagem mecânica 1:1, com o equipamento a ser testado dentre os mais diversos mosquetões, ascensores, polias e descensores. Foi utilizada uma corda padrão de 11 mm semiestática, em uma ponta da corda empregou uma carga de 100 kg, já na outra ponta, após o SVM, foi utilizado um aparelho dinamômetro Enforcer LC1 da fabricante Rock Exótica para medir a força exercida. Para elevação de carga, aplicou-se um sistema 10:1 por meio de tração humana na

corda do referido sistema. Com a troca dos componentes do sistema, foi possível entender como cada um desses equipamentos influenciam na força exercida para o SVM elevar a carga. Todas as simulações foram realizadas e repetidas, possibilitando a detecção de valores anormais ou possíveis erros.

Derradeiramente, os resultados e discussões da pesquisa serão apresentados, em seguida têm-se as considerações finais do presente artigo. Por fim, encontram-se as referências utilizadas ao longo de toda pesquisa.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Apesar do objetivo final do trabalho ser alcançado somente com experimentos científicos, é necessário ser realizada uma pesquisa da literatura sobre a atuação do bombeiro em operações de salvamento, bem como todos os aspectos inerentes à operação envolvendo sistemas multiplicadores de força, tendo assim a base teórica para fundamentar o problema pesquisado.

2.1. Operação de salvamento

Atividades como remoção de pessoas, animais ou bens de variados contextos para salvaguardá-los são consideradas operações de salvamento. O serviço de salvamento está ligado ao serviço de primeiros socorros por serem executados, em vários casos, em sequência. Os executantes dessas atividades são chamados de socorristas (Araújo, 2007).

No salvamento em altura, o socorrista atua num ambiente incomum para o homem, distante do solo, e para a atuação nesses cenários é imprescindível o treinamento e a adaptação, sendo que o fato da exposição a altura deve manter o militar sempre atento à segurança da operação em altura (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, 2021).

No âmbito do salvamento, segurança e proteção são termos empregados para as ações executadas visando minimizar, isolar, proteger, assegurar, evitar e dar condições para que a equipe de socorro atue com risco ou sem risco (Araújo, 2007).

A conferência dos equipamentos é uma regra primária de segurança em operações de salvamento, principalmente dos que são expostos a cargas, como cordas, mosquetões, polias e freios. Quando equipamentos metálicos são expostos a qualquer tipo de queda pode ocorrer a diminuição da resistência deste, ainda que o dano não seja visível, comprometendo a capacidade de resistir a cargas e conseqüentemente a segurança do uso do material (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, 2021).

2.2. Equipamentos sintéticos para salvamento

Nas atividades de salvamento, principalmente as que envolvem altura, as cordas têm papel substancial para execução da operação (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2017). Comumente, somente com cordas é possível se chegar a uma vítima ou até mesmo é o único equipamento utilizado pelo bombeiro militar como segurança (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, 2021).

A unidade básica da corda é a fibra, dentre os tipos de fibras destacam-se as vegetais e as sintéticas. As cordas de fibras vegetais não devem ser utilizadas em operações de salvamento, tendo em vista que sua exposição a fatores externos, como umidade, afeta diretamente a resistência mecânica da corda. Já as cordas com fibras sintéticas, são as mais indicadas para utilização em salvamentos por possuírem resistência a fatores externos, como a umidade, sem que altere substancialmente sua durabilidade (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2017).

Dentre as diversas cordas disponíveis no mercado, no CBMDF é utilizado principalmente as do tipo sintética, semiestática e kernmantle, possuindo a certificação EN 1891, tipo "A", com espessura de 11 mm a 12,5 mm, fabricadas pela empresa COUSIN-TRESTEC. Conforme a espessura da corda, é possível delimitar a destinação dela no âmbito do CBMDF, sendo as de 11 mm destinadas para as atividades de rapel, segurança e ascensão, e as de 12,5 mm são utilizadas para transposições (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2017).

Figura 1 – Cordas em uso pelo CBMDF



Fonte: CBMDF (2017).

Ainda que projetadas para ter resistência a elevadas cargas de tração, existem alguns cuidados que devem ser tomados para preservar a integridade e resistência da corda, como: prevenir o contato da corda com produtos químicos (como graxas e solventes), evitar a exposição desnecessária a raios solares e não expor a superfícies abrasivas quando desprotegidas (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, 2021).

2.3. Equipamentos metálicos para salvamento

São considerados materiais metálicos os que têm sua estrutura constituída por ligas metálicas ou metais. Equipamentos como mosquetões, ascensores, polias e descensores são exemplos de materiais metálicos (Silveira, 2015).

2.3.1. Mosquetões

O equipamento metálico mais simples utilizado é o mosquetão, tendo como objetivo fixação ou união de materiais de salvamento, considerado um conector. Os mosquetões podem ser constituídos de: aço carbono, alumínio e aço inox (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, 2021).



Fonte: CBMDF (2017).

Seu formato é uma característica que influencia tanto a distribuição das forças quanto sua resistência. O formato do mosquetão define a sua classificação quanto a tipo, sendo os tipos mais comuns: oval (tipo X), indicado para atuar em salvamento; básico (tipo B, também chamado de tipo D, por conta da sua forma), utilizado para conexão de dois pontos e conectar equipamentos; HMS (tipo H), o de mais fácil conexão por conta do tamanho da sua abertura; e

klettersteig (tipo K), tem resistência para cargas perpendiculares (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2017).

2.3.2. Descensores

Na classe dos equipamentos metálicos existem os equipamentos descensores ou freios, que possibilitam, por meio do atrito do equipamento com a corda, a realização de atividades no plano vertical (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, 2021).

O freio oito, que tem esse nome por conta do seu formato em número oito, é o equipamento mais utilizado para descensão, contudo este aparelho desgasta mais a corda de descida que outros equipamentos com a mesma finalidade (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2017). Seu uso gera torções na corda, e não é muito efetivo com a dissipação do calor gerado pelo atrito dele com a corda, sendo que esse calor pode ocasionar um fenômeno chamado cristalização da corda, que consiste na fusão das fibras da capa da corda em virtude do calor (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2017).

O Petzl Stop é um equipamento autoblocante, isto é, ele bloca de forma automática, sendo assim, caso o freio deixe de ser apertado, ele bloqueará a corda, impedindo a descida de quem utiliza o equipamento, sendo assim classificado como um equipamento autosseguro. É um equipamento de rápida utilização e não produz torções na corda. Sua função primordial é a descensão, porém ele pode ser utilizado como ascensor e em tirolesas (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2017).

Figura 3 – Descensor Petzl Stop



Fonte: CBMDF (2017).

O Petzl ID é um descensor competente, possuidor de sistema autoblocante, além desse sistema há um sistema de contra segurança, que atua caso a corda seja colocada incorretamente no aparelho. Possui diversas aplicações, dentre elas descida, pequenas ascensões e montagem de sistemas de vantagens mecânicas (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2017).

Figura 4 – Descensor Petzl ID



Fonte: CBMDF (2017).

O Petzl Gri-Gri é um equipamento metálico autoblocante, pode ser utilizado em cordas semiestáticas e dinâmicas, sendo produzido essencialmente para uso em cordas dinâmicas para a segurança de quem utiliza o aparelho. Quando utilizado com cordas semiestática sua aplicação está relacionada com descidas e sistemas de vantagem mecânica (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2017).

Figura 5 – Descensor Petzl Gri-Gri



Fonte: CBMDF (2017).

O Anthon DSD Plus, também conhecido como Double Stop, possui o sistema antipático duplo, sendo bastante seguro para a utilização em rapel, possui uma limitação de velocidade de 2 m/s e de altura para até 190 metros (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2017).

Figura 6 – Descensor Anthron DSD Plus (Double Stop)



Fonte: CBMDF (2017).

O Anthron Lory, possui dois modelos, o Lory Safe e o Lory Smart, sendo que o último permite a liberação gradualmente até o bloqueio, fazendo com que o Lory Smart seja mais indicado para utilização em seguranças. Apesar dessa diferença, os dois têm aplicações similares, como descida e em sistemas de vantagem mecânica, além de ambos possuírem sistema antipânico (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2017).

Figura 7 – Descensor Anthron Lory Safe e Lory Smart



Fonte: CBMDF (2017).

2.3.3. Ascensores

São equipamentos metálicos com a função de travarem quando recebem uma carga em uma direção. São exemplos de aplicações desse material o uso em ascensão e captura de progresso em sistemas de vantagem mecânica (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, 2021).

O Basic é o mais tradicional dos ascensores, e seu uso é genérico, utilizado em resgate de vítimas, multiplicadores de forças e como captura de progresso. O Ventral é semelhante ao Basic, porém seu uso ideal é fixado na cadeirinha do resgatista próximo ao abdômen, utilizado para auxiliar o resgatista na atividade de ascensão. O modelo Blocante de Punho é uma variante do

modelo Basic, sendo adicionado na sua estrutura uma empunhadura para melhorar a ascensão (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2017).

Figura 8 – Blocante Basic



Fonte: CBMDF (2017).

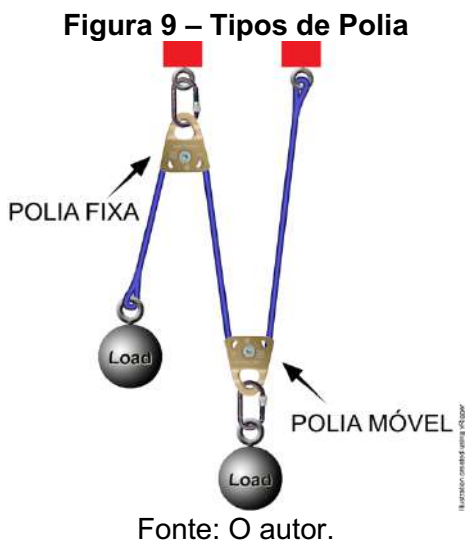
2.3.4. Polias

As polias são equipamentos compostos por um eixo que une roldana a um ponto de ancoragem, por meio de suportes laterais giratórios, permitindo o encaixe da corda (Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, 2006). A utilização de uma só polia é para o desvio do sentido da corda, já quando duas ou mais polias são empregadas num sistema de vantagem mecânica, têm a função de redutora de força (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2017).

2.4. Sistemas de vantagem mecânica

A Vantagem Mecânica é a razão entre a força requerida e a força de fato realizada. Sendo assim, sempre que essa razão for igual a 1, não haverá vantagem mecânica, e caso essa razão seja maior que 1, haverá vantagem mecânica, isto é, economia de força realizada (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, 2021).

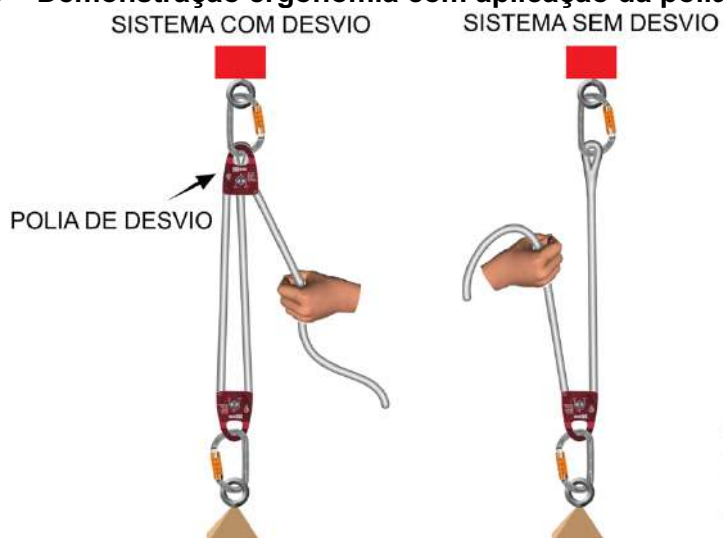
Para o entendimento dos Sistemas de Vantagem Mecânica (SVM), é fundamental compreender a influência das polias, que podem ser fixas ou móveis. As polias fixas visam desviar o sentido da força, já as polias móveis pretendem multiplicar a força aplicada (Corpo de Bombeiros Militar do Estado De Mato Grosso, 2021).



As polias também têm fundamental importância na multiplicação da força, quanto mais polias empregadas, maior a multiplicação. Isso se deve por conta de as polias trocarem a força empregada por deslocamento. Em consequência disso a movimentação será de forma mais lenta. Opostamente, com menos polias, menor será a vantagem mecânica, porém mais rápido a elevação da carga, contudo exigindo mais esforço físico (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2017).

Após a montagem de um SVM é comum o emprego de uma polia de desvio, essa fica fixa a uma ancoragem e tem como função tornar mais ergonômica a aplicação de força ao operador do sistema (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2018).

Figura 10 – Demonstração ergonomia com aplicação da polia de desvio



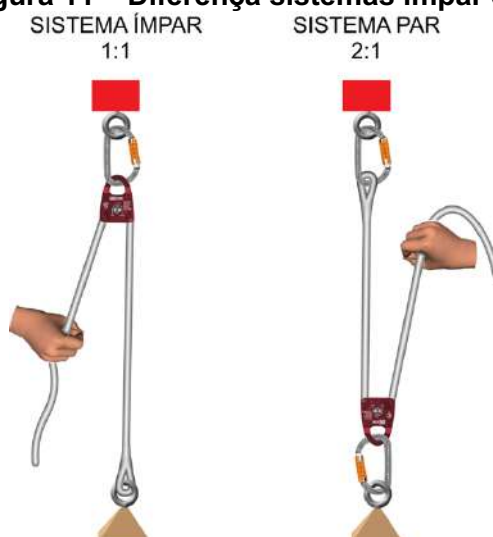
Complementarmente ao SVM, é adicionado um Sistema de Captura de Progresso, que se utiliza de bloqueadores para dar mais segurança ao sistema, e para garantir que o progresso já realizado não será perdido (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2018).

É comum nas atividades de salvamento a necessidade de realizar força para movimentação de cargas que ultrapassam a capacidade física do bombeiro, dessa forma é fundamental o uso de sistemas de vantagem mecânica para realizar a movimentação desejada (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2017). Sendo assim, seu uso é imprescindível para as ações desenvolvidas pelos bombeiros, como em ocorrências de retirada de animais em poços e galerias, içamento de materiais de grande porte e resgate de vítimas (Gonzaga Júnior, 2013).

2.4.1. Classificação de sistemas de vantagem mecânica

Os SVM variam conforme a quantidade de vezes que a força necessária é reduzida, sendo classificado em sistemas ímpares e pares. Os sistemas ímpares têm como característica a amarração da ancoragem fixa na carga, com isso a ancoragem se desloca juntamente com a carga. Já os sistemas pares, têm essa amarração em uma ancoragem externa a carga, e dessa forma somente a carga se desloca ao ser empregada a força no sistema (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2018).

Figura 11 – Diferença sistemas ímpar e par



Fonte: O autor.

Outra classificação é quanto a forma do SVM, podendo ser: simples, compostos ou complexos. Nos SVM simples, todas as polias móveis do sistema se movem com a mesma velocidade e a força incide diretamente sobre a carga ou a corda no qual a carga se encontra ancorada. O SVM simples, por sua vez, é dividido em: estendidos, reduzidos, independentes ou dependentes (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2018).

O SVM Simples Estendido tem por característica a corda percorrer todo o espaço entre a ancoragem e a carga, dessa forma, quanto maior a vantagem mecânica empregada, maior será a necessidade de corda para o sistema (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2018).

No SVM Simples Reduzido a força é empregada sobre a corda e não diretamente na carga, para seu uso é reduzido a quantidade de corda e durante sua utilização deve-se posicionar o bloqueador em direção à carga, principalmente quando este se aproxima da polia fixa (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2018).

Figura 12 – Exemplos de sistemas simples estendido e reduzido

SISTEMA ESTENDIDO

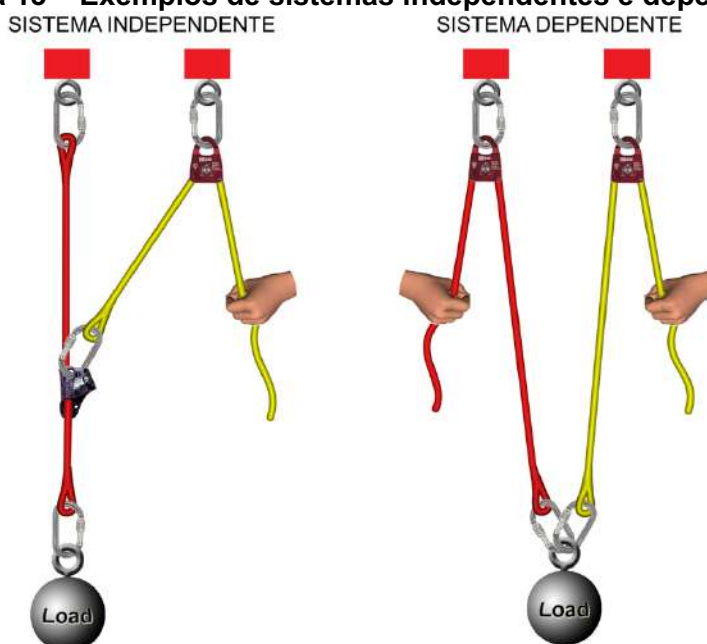
SISTEMA REDUZIDO



Fonte: O autor.

As últimas classificações do SVM Simples são os independentes e dependentes. O primeiro é formado por dois sistemas que trabalham conjuntamente para possibilitar a multiplicação de forças, sem dependência, são classificados como independentes. Já quando para a multiplicação das forças dois sistemas dependem um do outro para realizar a multiplicação de força, estes são classificados como dependentes (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2018).

Figura 13 – Exemplos de sistemas independentes e dependentes



Fonte: O autor.

Ainda quanto à forma, além de simples, os SVM podem ser classificados como compostos, também chamados de combinados ou conjugados. Neste caso a vantagem mecânica incide sobre outro sistema de vantagem mecânica, com a multiplicação dos dois sistemas montados, tem-se a quantidade de vezes que a força está sendo reduzida (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2018).

A última classificação dos SVM quanto a forma é chamada de complexo, uma das suas características é que as polias se movem em sentido inverso, seguindo a ideia da própria nomenclatura, ele será utilizado para classificar um sistema que não seja regido pelas regras do simples ou composto para determinar a vantagem mecânica empregada no sistema (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2018).

Figura 14 – Exemplo de sistemas composto e complexo

SISTEMA COMPOSTO SISTEMA COMPLEXO



Fonte: O autor.

2.5. Eficiência de sistemas

As cordas em movimento estão geralmente suspensas, passando por uma polia ou ao redor de uma superfície curva, como um equipamento, o contato com algum equipamento gera um atrito, que influencia nas forças e modifica a eficiência das forças aplicadas. Normalmente, quando trabalhando com polias, as com diâmetro de 4 vezes a espessura da corda, geralmente são polias de alta eficiência. Com a Equação de Capstan é possível calcular a relação entre a força aplicada e a tensão resultante em uma corda envolta em um equipamento, em que o objetivo é transmitir força ou movimento (Delaney, 2022; Lu *et al.*, 2015).

$$\frac{T_2}{T_1} = e^{\mu\varphi}$$

Onde: T1 é a tensão na qual a corda sofre por ação externa; T2 é a tensão da exercida pela carga na corda; e é a constante de Euler; μ é a constante do atrito; e φ é a soma dos ângulos de curvatura da corda no equipamento (Delaney, 2022; Lu *et al.*, 2015).

Com a equação é possível determinar qual o coeficiente de atrito de um determinado equipamento e realizar o cálculo da eficiência das duas trações, quando as duas forem mensuráveis (Delaney, 2022).

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1}$$

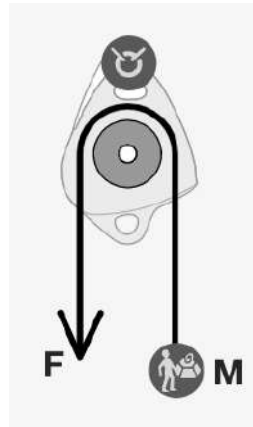
2.6. Protocolo de teste Petzl

Existem diferenças relativas entre a eficiência teórica de um sistema de polias e a real, tendo em vista a perda de carga que depende do equipamento utilizado. Assim, a força necessária para elevar uma carga de 100 kg deve ser testada para cada equipamento, possibilitando definir a eficiência para cada um deles (Petzl, 2023).

As medições são realizadas no protocolo com uma taxa de tração constante de 1,5 metros/minuto. A eficiência é um valor informativo, em campo ou em operações, e existem inúmeras variáveis a serem consideradas, como diâmetro e construção da corda; velocidade de tração; e posição do sistema, que nem sempre refletem igualmente a eficiência resultante do teste (Petzl, 2023).

As mensurações de eficiência são feitas utilizando sistema simples 1:1, sempre será menor que 100%, assim para o equipamento Maestro S, se faz necessário a força de 116 kgf para sua elevação da carga de 100 kg, assim sua eficiência será de 86%, calculando a razão da carga pela força exercida (Petzl, 2023).

Figura 15 – Protocolo de teste Petzl



Fonte: Petzl (2023).

3. METODOLOGIA

A metodologia se traduz pela forma nas quais as etapas que serão desenvolvidas ao longo da pesquisa para consolidar instrumentos capazes de dar provimento ao problema de pesquisa (Gil, 2017).

3.1. Classificação de pesquisa

Intuitivamente cada pesquisa se difere das outras, contudo as pesquisas têm algumas semelhanças, possibilitando sua classificação quanto: finalidade, objetivos, abordagem e metodologia (Gil, 2017).

A pesquisa desenvolvida neste projeto estuda a perda de eficiência em equipamentos utilizados na montagem de SVM, seu problema está na enquadrado realidade do CBMDF, trazendo assim uma solução para o contexto das operações de salvamento por meio da aquisição de conhecimento, sendo assim classificado como uma pesquisa aplicada.

A presente pesquisa terá como propósito aumentar a familiaridade com o tema em questão, sendo assim, a pesquisa é classificada quanto aos objetivos como exploratória. Neste trabalho o enfoque será nos dados coletados no experimento controlado de forma a resolver o problema de pesquisa.

A classificação de uma pesquisa quanto a abordagem pode ser em: qualitativa e quantitativa. Contudo, é difícil ser categórico em selecionar somente uma das abordagens, pois em todas elas existem traços das duas abordagens. As duas classificações se diferem à medida que na pesquisa quantitativa é esperado uma abordagem experimental, enquanto na pesquisa qualitativa é esperado uma abordagem observacional (Appolinário, 2011). Sabendo dessa diferença, o presente estudo, pelo caráter experimental, será classificado com uma abordagem quantitativa.

Classificar um projeto quanto a sua metodologia é um processo difícil, por conta da diversidade de ambientes, métodos e técnicas. Com esse entendimento, torna-se mais possível realizar a classificação por delineamento,

considerando o ambiente de pesquisa, a abordagem teórica e as técnicas de coleta e análise de dados (Gil, 2017).

A pesquisa bibliográfica é o primeiro ponto trazido por Gil (2017), para se definir a metodologia, sendo esta elaborada com base em materiais já existentes sobre o assunto a ser pesquisado. Nesta pesquisa, os principais materiais bibliográficos foram manuais dos diversos Corpos de Bombeiros do Brasil, o material do Curso de Especialização de Salvamento em Altura do CBMDF e documentos com conceitos físicos aplicados à atividade de salvamento com uso de SVM. No trabalho bibliográfico foi estudado os SVM, os equipamentos que o compõem, suas diferentes formas de montagem, suas classificações e a forma de mensurar eficiência.

A revisão de literatura em diferentes fontes serviu como base para a pesquisa bibliográfica aplicada no contexto do CBMDF, para entender em qual contexto e nível de conhecimento o CBMDF possui no que tange aos SVM.

Com as pesquisas bibliográficas e documentais finalizadas, com o entendimento das melhores práticas aplicadas aos SVM tornou-se possível definir qual o contexto do experimento a ser realizado e quais serão os materiais empregados, consoante a realidade do CBMDF.

Posteriormente, o interesse voltou-se ao desenvolvimento dos experimentos, que possibilitou testar os diversos equipamentos do CBMDF, de forma a mensurar a perda de eficiência em cada um deles, por meio do protocolo de testes produzido, conseguindo isolar as variáveis e verificar a eficiência de cada um dos equipamentos.

3.2. Procedimentos metodológicos

A pesquisa bibliográfica foi a base inicial para a pesquisa do presente estudo, sendo a metodologia primária utilizada neste trabalho, visando identificar na literatura o conhecimento técnico existente sobre SVM aplicado ao contexto de operações de salvamento. Ainda utilizando a pesquisa bibliográfica como metodologia, foi possível identificar, no contexto do CBMDF, quais equipamentos são utilizados nos sistemas de vantagem mecânica.

Levantadas as informações das pesquisas bibliográficas, os esforços foram direcionados para a montagem de um protocolo de testes, para possibilitar a realização dos experimentos para mensurar a perda de eficiência dos equipamentos utilizados nos SVM, o protocolo de teste desenvolvido seguiu o modelo apresentado na revisão de literatura por Petzl (2023) adaptando a realidade do CBMDF.

O local escolhido para realizar os experimentos da presente pesquisa foi a região das barras no Centro de Treinamento Operacional do CBMDF, que permitiu a confecção do protocolo de testes, e a replicação do teste em todos os equipamentos.

De forma a possibilitar precisão na mensuração da perda de eficiência nos testes, foi utilizado o dinamômetro modelo *Enforcer LC1*, da fabricante Rock Exótica, configurado no modo *Fast*, que possibilita fazer mais leituras por segundo, trazendo maior precisão a medição, e com modo *Max* ativado, que salva a força máxima atingida durante a medição, por fim, o aparelho foi configurado para mensurar a força na unidade kgf (quilograma força).

Figura 16 – Dinamômetro utilizado



Fonte: O autor.

Para os testes, foi estipulada uma carga de 100 kg, composta por 5 anilhas de 20 kg, e os seguintes equipamentos para conexão da carga ao dinamômetro:

- a) 2 (duas) fitas anel, marca Lambin Ravau (utilizadas para envolver toda a carga possibilitando sua elevação);

- b) 1 (um) mosquetão Oval, da marca CT, modelo Pillar steel SG (utilizado para conexão das fitas à corda);
- c) 1 (uma) corda semiestática, da marca Cousin Tresec, modelo Sécurité Industrié Pro 11mm (utilizada para ligar a carga, com um nó lais de guia na extremidade, ao dinamômetro, com um nó sete direcional para baixo na extremidade).

Figura 17 – Sistema 1:1 isolado para mensurar a perda de eficiência



Fonte: O autor.

Assim, foi possível montar um sistema de vantagem mecânica 1:1 para realizar o teste isoladamente e com as mesmas variáveis em todos os experimentos, sendo possível adicionar o equipamento a ser testado entre a carga e o dinamômetro e realizar a mensuração da perda de eficiência isoladamente em cada um dos equipamentos. Entre o dinamômetro e a carga foi adicionado o equipamento para mensurar a perda de eficiência, conforme a figura 17.

Após o dinamômetro, foi utilizado outra corda, de forma a deixar a primeira corda isolada, conectada a este por meio do nó lais de guia e seguido de um desvio e um sistema 10:1 para multiplicação de força para a elevação da carga.

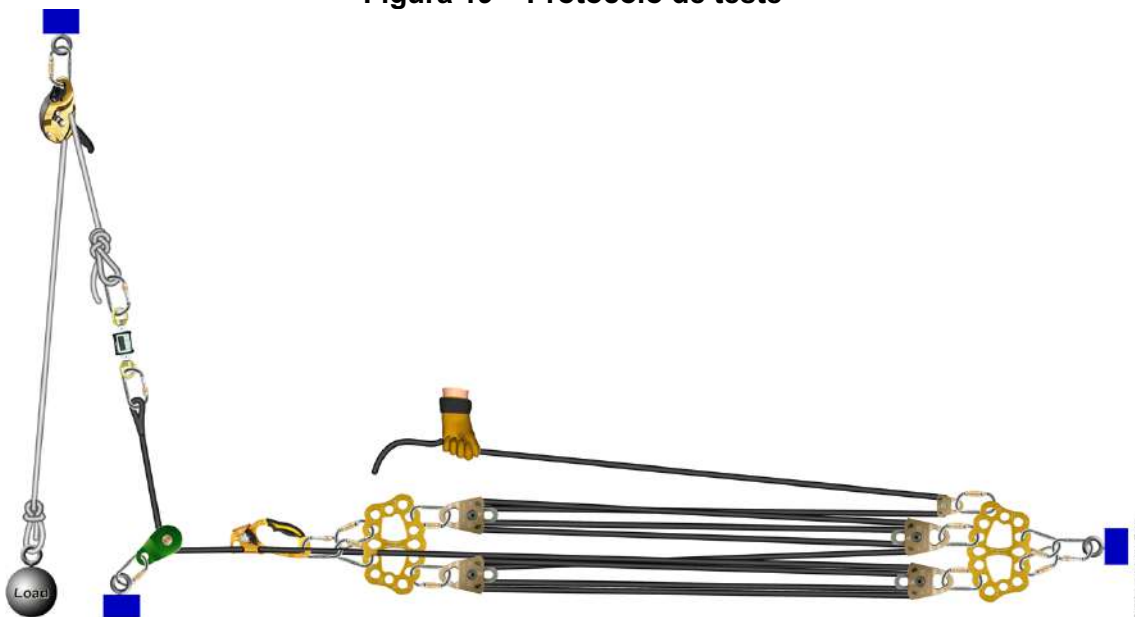
Figura 18 – Sistema 10:1 para elevação da carga



Fonte: O autor.

Com o protocolo de testes desenvolvido, foi possível aplicar uma força de forma contínua e sem solavancos para a elevação da carga, possibilitando a replicação do teste no mesmo cenário para todos os equipamentos e isolando as variáveis externas.

Figura 19 – Protocolo de teste



Fonte: O autor.

Figura 20 – Aplicação do protocolo de teste

Fonte: O autor.

3.3. Universo e amostra

Sabendo que o presente estudo é aplicado ao contexto do CBMDF, o universo está limitado aos que esta corporação possui, sendo assim, a investigação dos equipamentos disponíveis pela corporação possibilitou definir o universo dos equipamentos que foram utilizados na pesquisa desenvolvida.

Considerando que o objeto de estudo do presente trabalho são os equipamentos, as demais variáveis, como cordas e sistemas para imprimir força, foram isoladas de forma que a corda utilizada para conexão à carga foi a mesma em todos os testes, bem como a corda utilizada no SVM utilizado para imprimir a força, sendo que o SVM montado, ainda que isolado, foi o mesmo para todos os testes.

Com as demais variáveis do teste isoladas, foi possível, no ambiente controlado, testar somente a perda de eficiência nos equipamentos disponíveis na corporação. Os equipamentos podem performar de forma diferente em virtude de: condições de armazenamento, desgaste decorrente do uso e danos. A amostra estudada é formada pelos equipamentos pertencentes ao Centro de

Treinamento Operacional, selecionando os que apresentavam melhores condições de conservação, sendo novos ou com pouquíssimo uso. É válido ressaltar que estes equipamentos são os adquiridos pelo CBMDF e estão disponíveis em todos os grupamentos multiemprego da corporação para socorro e instrução.

Figura 21 – Amostra de equipamentos



Fonte: O autor.

Tendo em vista que os equipamentos possuem características similares ou mesmo destinação, foi possível separar a amostra em quatro grupos conforme o tipo.

O primeiro é composto pelos mosquetões, utilizados na ausência de polias, como meio de fortuna, isto é, improvisação. No segundo estão justamente as polias. Já no terceiro grupo estão os aparelhos descensores e blocantes. Por fim, no quarto grupo, os materiais utilizados combinados, como o Polifreno, o qual é a combinação de polias e blocante, e a utilização do cordelete como antirretorno, conforme a Tabela 1.

Em virtude da grande quantidade de equipamentos testados, foi atribuído um código para cada equipamento testado, composto por 6 dígitos, sendo os três primeiros referentes ao grupo do equipamento (mosquetões – MOS; polias – POL; descensores – DES; e combinados – COM), os três últimos dígitos são

uma abreviação para facilitar a identificação do equipamento, por exemplo o equipamento Lory Safe, por ser um descensor terá o código DES-LSF.

Tabela 1 – Dados dos elementos da amostra

Grupo	Código	Tipo	Marca	Modelo	Observação
1	MSQ-HMS	Mosquetão	CT	HMS	-
	MSQ-OV1	Mosquetão	CT	Oval – Pillar SG	-
	MSQ-OV2	Mosquetão	CT	Oval – Pillar SG	Utilizado 2 mosquetões
	MSQ-OV3	Mosquetão	CT	Oval – Pillar SG	Utilizado 3 mosquetões
2	POL-SPL	Polia	Anthron	Simples Oscilante AS05	-
	POL-SPG	Polia	Anthron	Simples Oscilante AR35	-
	POL-DUP	Polia	Anthron	Dupla Oscilante AR37	-
3	DES-LSF	Descensor	Anthron	Lory Safe	-
	DES-LSF	Descensor	Anthron	Lory Smart	-
	DES-DSP	Descensor	Anthron	DSD Plus (Double Stop)	-
	DES-STP	Descensor	Petzl	Stop	-
	DES-GRI	Descensor	Petzl	Gri-Gri	-
	DES-IDP	Descensor	Petzl	ID	-
4	COM-PF1	Combinado	Anthron Petzl	Simples Oscilante AS05 Basic	Realizado a combinação dos dois aparelhos
	COM-PF2	Combinado	Anthron Petzl	Simples Oscilante AR35 Basic	Realizado a combinação dos dois aparelhos
	COM-RC1	Combinado	Anthron ...	Simples Oscilante AS05 Cordelete 6 mm	Confeccionado o nó prussik com 4 voltas utilizando o cordelete
	COM-RC2	Combinado	Anthron ...	Simples Oscilante AR35 Cordelete 6 mm	Confeccionado o nó prussik com 4 voltas utilizando o cordelete
	COM-F8R	Combinado	CT ...	Freio 8 de resgate Cordelete 6 mm	Confeccionado o nó prussik com 4 voltas utilizando o cordelete

Fonte: O autor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a revisão de literatura, foi possível atingir os objetivos específicos de examinar a literatura de sistemas de vantagem mecânica aplicados à realidade bombeiro militar e definir os equipamentos utilizados para montagem de sistemas de vantagem mecânica pelo CBMDF. Já na fase de definição metodológica, foi realizada a confecção do protocolo de testes, culminando no terceiro objetivo específico do trabalho.

Para alcançar o quarto objetivo específico, foram executados os testes listados na Tabela 1, possibilitando a coleta dos dados para cada um dos equipamentos testados, sendo que foram executados conforme preconizado no protocolo especificado anteriormente. Para todos os equipamentos foram realizadas cinco repetições do protocolo descrito, sendo assim para os 18 elementos a presente pesquisa executou um total de 90 testes.

Após a execução do protocolo de testes, foi realizada uma análise estatística com base no desvio padrão (σ) e na média (\bar{x}), em que após o cálculo do desvio padrão conseguiu-se avaliar se todos os dados coletados estão entre o intervalo $[\bar{x} - \sigma; \bar{x} + \sigma]$. Se dentro do intervalo, o valor foi considerado no somatório para determinar a força média de cada elemento, caso contrário ele foi descartado por conta do grande desvio padrão em relação à média, indicando um possível fator externo interferindo na execução do teste ou mesmo erro de execução do protocolo, de forma a blindar o resultado final desta limitação de precisão.

Com esta análise, conseguiu-se determinar um valor final para cada elemento, possibilitando a mensuração e comparação entre equipamentos, de modo a determinar a eficiência de cada um dos elementos e quais grupos de equipamentos são de melhor eficiência, ordenando os equipamentos de acordo com sua eficiência.

Abaixo, apresenta-se a Tabela 2, que descreve os cinco valores de força coletados em cada um dos testes, para cada um dos elementos testados, sendo

que as informações detalhadas sobre os elementos, podem ser encontradas na Tabela 1.

Tabela 2 – Forças obtidas para elevação da carga para os elementos

Código	1º teste (kgf)	2º teste (kgf)	3º teste (kgf)	4º teste (kgf)	5º teste (kgf)
MSQ-HMS	184	178	178	178	184
MSQ-OV1	182	192	192	184	184
MSQ-OV2	206	204	207	204	204
MSQ-OV3	232	232	230	231	230
POL-SPL	142	144	142	142	144
POL-SPG	118	114	114	114	114
POL-DUP	116	114	116	114	116
DES-LSF	272	268	260	262	260
DES-LSM	268	266	262	262	262
DES-DSP	660	660	668	660	658
DES-STP	372	360	370	370	374
DES-GRI	264	258	266	254	260
DES-IDP	306	296	296	290	294
COM-PF1	146	144	142	144	144
COM-PF2	114	114	114	115	114
COM-RC1	142	144	144	143	145
COM-RC2	115	114	114	113	113
COM-F8R	424	428	420	420	432

Fonte: O autor.

É válido destacar que na tabela acima foram inseridos somente os resultados de testes considerados válidos e sem vício de execução, ou seja, durante os testes, eventualmente, um teste foi descartado e recomeçado a fim de trazer mais confiabilidade ao estudo e de garantir a padronização da execução do experimento proposto.

Com os dados dos testes foi possível realizar a análise dos dados com base estatística para cada um dos elementos, utilizando a média e o desvio padrão de cada elemento, determinando o intervalo de valores válidos, e descartando os valores dos testes que não estão neste intervalo, viabilizando a confecção da Tabela 3 com as informações.

Por conta da análise estatística aplicada na maioria dos elementos houve a necessidade de descarte de ao menos um teste, em virtude de ter sido considerado fora do intervalo válido, trazendo mais confiabilidade estatística para a determinação do valor final.

Tabela 3 – Estatísticas dos testes

Código	Média (kgf)	Desvio Padrão	Intervalo (kgf)	Teste descartado	Valor final (kgf)
MSQ-HMS	180,4	3,3	[177,1; 183,7]	1° e 5°	178
MSQ-OV1	186,8	4,8	[182,0; 191,6]	2° e 3°	183
MSQ-OV2	205,0	1,4	[203,6; 206,4]	3°	204
MSQ-OV3	231,0	1,0	[230,0; 232,0]	-	231
POL-SPL	142,8	1,1	[141,7; 143,9]	2° e 5°	142
POL-SPG	114,8	1,8	[113,0; 116,6]	1°	114
POL-DUP	115,2	1,1	[114,1; 116,3]	2° e 4°	116
DES-LSF	264,6	5,4	[259,0; 269,8]	1°	262
DES-LSM	264,0	2,8	[261,2; 266,8]	1°	263
DES-DSP	661,2	3,9	[657,3; 665,1]	3°	660
DES-STP	369,2	5,4	[363,8; 374,6]	2°	372
DES-GRI	260,4	4,8	[255,6; 265,2]	4°	262
DES-IDP	296,4	5,9	[290,5; 302,3]	1° e 4°	295
COM-PF1	144,0	1,4	[142,6; 145,4]	1° e 3°	144
COM-PF2	114,2	0,4	[113,8; 114,6]	4°	114
COM-RC1	143,6	1,1	[142,5; 144,7]	1° e 5°	144
COM-RC2	113,8	0,8	[113,0; 114,6]	1°	114
COM-F8R	424,8	5,2	[419,6; 430,0]	5°	423

Fonte: O autor.

Para o cálculo da eficiência, conforme verificado na revisão de literatura, utilizou-se a equação de capstan, é possível realizar a relação entre as forças de tração dos dois lados do cabo do sistema 1:1, determinando a eficiência do mesmo (Delaney, 2022). Sendo assim, a eficiência de um equipamento se traduz pela razão das duas forças quando ambas são mensuráveis, assim, uma maneira de verificar o quão bem um equipamento converte a força de entrada na força necessária para tracionar a carga, minimizando perdas.

Dessa forma, obtendo a razão entre o valor da carga que estava na outra ponta do sistema e o valor final calculado, foi possível determinar a Tabela 4 abaixo, com as informações de eficiência de cada sistema. É válido ressaltar que, conforme a metodologia e protocolo de testes já descrito neste projeto, foi adicionado no outro lado do sistema uma carga de 100 kg, referente a T2, composto por 5 anilhas de 20kg cada.

Tabela 4 – Cálculo da eficiência dos equipamentos

Código	Valor final – T1 (kgf)	Eficiência (T2/T1)
MSQ-HMS	178	56%
MSQ-OV1	183	55%
MSQ-OV2	204	49%
MSQ-OV3	231	43%
POL-SPL	142	70%
POL-SPG	114	88%
POL-DUP	116	86%
DES-LSF	262	38%
DES-LSM	263	38%
DES-DSP	660	15%
DES-STP	372	27%
DES-GRI	262	38%
DES-IDP	295	34%
COM-PF1	144	69%
COM-PF2	114	88%
COM-RC1	144	69%
COM-RC2	114	88%
COM-F8R	423	24%

Fonte: O autor.

Na Tabela 5, é possível verificar os valores de eficiência para cada um dos equipamentos testados do Grupo 1 (Mosquetões). Analisando os resultados foi possível verificar que o MSQ-HMS é mais eficiente que qualquer combinação de mosquetão oval, contudo, a diferença é pequena quando se considerado o emprego de MSQ-OV1 e a perda de eficiência dos equipamentos é praticamente irrelevante, não sendo fator de escolha entre os elementos.

Quando observadas as variações com mais de um mosquetão foi possível concluir que a adição de mais equipamentos interfere aumentando o valor da força que deve ser empregada. Sendo assim, o emprego de mais de um mosquetão só é recomendado quando a técnica desenvolvida necessita de mais de um equipamento.

Tabela 5 – Ordem de eficiência dos elementos do Grupo 1

Ordem de eficiência	Código	Equipamento	Eficiência (T2/T1)
1	MSQ-HMS	Mosquetão HMS	56%
2	MSQ-OV1	Mosquetão Oval (1 unidade)	55%
3	MSQ-OV2	Mosquetão Oval (2 unidades)	49%
4	MSQ-OV3	Mosquetão Oval (3 unidades)	43%

Fonte: O autor.

No Grupo 2, no qual os elementos testados foram as polias, foi possível verificar diferenças nos elementos do grupo, sendo a POL-SPG a mais eficiente, com 88%, com 18% a mais em relação ao POL-SPL. Sendo assim sua escolha traz muito mais eficiência para a operação, devendo ser prioridade de escolha, se disponível. Já a opção entre POL-SPG e POL-DUP deve levar em conta a necessidade do equipamento, já que a diferença de eficiência dos equipamentos é de 1%. Ordenando os elementos deste grupo, foi possível chegar na Tabela 6 abaixo.

Tabela 6 – Ordem de eficiência dos elementos do Grupo 2

Ordem de eficiência	Código	Equipamento	Eficiência (T2/T1)
1	POL-SPG	Polia Simples Oscilante AR35	88%
2	POL-DUP	Polia Dupla Oscilante AR37	87%
3	POL-SPL	Polia Simples Oscilante AS05	70%

Fonte: O autor.

Nas operações de salvamento, a utilização de elementos dos mosquetões deve ser evitada, dando preferência às polias, que possuem mais eficiência e são mais adequadas, tendo em vista que trazem menos danos às cordas por

possuir gorne que permite um menor atrito à corda. Os mosquetões só devem ser empregados se for necessário à operação, como por exemplo quando a tração a ser aplicada ultrapassa a capacidade de polias e está dentro da capacidade de carga dos mosquetões.

Para uma operação segura de SVM é necessária a utilização de sistemas de captura de progresso, normalmente, aparelhos descensores são empregados para esta função (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2018). Conforme visto na Tabela 4, em geral os equipamentos do Grupo 3 são os que têm mais perda de carga ao serem empregados. Contudo seu uso não pode ser dispensado para a segurança da operação, considerando a necessidade de empregar aparelhos debreáveis e com sistema de antiretorno, que somente os equipamentos deste grupo proporcionam para a operação.

Os equipamentos DES-LSF, DES-LSM e DES-GRI possuem eficiência de 38%, cabendo à guarnição de salvamento escolher o equipamento que mais tem confiança e familiaridade de uso, para garantir a sua boa operação. O próximo equipamento de maior eficiência é o aparelho ID Petzl, com 34%. Contudo este aparelho possui diversas formas de operação, sendo assim, seu emprego só deve ser considerado se a guarnição tiver conhecimento sobre como utilizá-lo. Sem este conhecimento é recomendada a escolha dos aparelhos que ocuparam a primeira posição da categoria.

Tabela 7 – Ordem de eficiência dos equipamentos do Grupo 3

Ordem de eficiência	Código	Equipamento	Eficiência (T2/T1)
1	DES-LSF	Descensor Lory Safe	38%
	DES-LSM	Descensor Lory Smart	38%
	DES-GRI	Descensor Gri-Gri	38%
2	DES-IDP	Descensor ID Petzl	34%
3	DES-STP	Descensor Stop	27%
4	DES-DSP	Descensor Double Stop	15%

Fonte: O autor.

Já para os equipamentos DES-STP e DES-DSP foi mensurado uma eficiência de 27% e 15%, respectivamente. Considerando que estes

equipamentos são os de menores eficiências, e, portanto, devem ser empregados somente em último caso, devendo ser levado em consideração pela guarnição a alta perda de eficiência que acarretará à operação, se for desejada são boas opções para melhor controle.

Já na Tabela 8, é possível encontrar os resultados de eficiência dos equipamentos combinados. Os equipamentos de melhor eficiência nestes testes foram os COM-PF2 e COM-RC2, alcançando 88%, sendo característica semelhante entre esses equipamentos que ambos utilizavam a polia AR35 em sua composição, que é o equipamento POL-SPG, o qual também possui eficiência de 88%, é conclusivo que a adição de materiais de captura de progresso nestes equipamentos não gerou interferência na eficiência do equipamento, sendo assim o equipamento prioritário para emprego em SVM.

Seguindo os resultados, na segunda posição estão os equipamentos COM-PF1 e COM-RC1, com 69%, ambos equipados com a polia AS05, possuindo praticamente a mesma eficiência que o emprego único desta polia.

Na última posição deste grupo está o equipamento COM-F8R com 24%, logo seu emprego deve ser considerado em último caso, já que os demais equipamentos, inclusive descensores do Grupo 3, possuem valores de eficiência mais relevantes, justificando a escolha destes.

Tabela 8 – Ordem de eficiência dos equipamentos do Grupo 4

Ordem de eficiência	Código	Equipamento	Eficiência (T2/T1)
1	COM-PF2	Polia Simples Oscilante (AR35) combinada com Blocante Basic	88%
	COM-RC2	Polia Simples Oscilante (AR35) combinada com cordelete com nó prussik de 4 voltas	88%
2	COM-PF1	Polia Simples Oscilante (AS05) combinada com Blocante Basic	69%
	COM-RC1	Polia Simples Oscilante (AS05) combinada com cordelete com nó prussik de 4 voltas	69%
3	COM-F8R	Freio 8 de resgate combinado com cordelete com nó prussik de 4 voltas	24%

Fonte: O autor.

De forma geral, no presente estudo, foi verificado que os mosquetões, Grupo 1, possuem eficiência praticamente igual quando empregado em mesmo número de equipamentos. Assim, a escolha entre os elementos deve se dar com base na disponibilidade de material. Já quando ocorre a adição de equipamentos, como nos testes MOS-OV2 e MOS-OV3, que são com 2 e 3 mosquetões, respectivamente, foi observado que não há melhora de eficiência, mas sim o efeito contrário de diminuição da eficiência.

Quando analisado o Grupo 2, das polias, a escolha do equipamento fará uma grande diferença para a eficiência da operação, caso o equipamento de melhor eficiência esteja disponível, a Polia AR35, deve-se selecionar este material. Entretanto, sempre deve ser levado em consideração a capacidade máxima de trabalho, aspirando uma operação segura. Sendo ainda priorizado a escolha de qualquer polia no lugar de mosquetões, se a carga que a polia estiver submetida for aceitável pela sua especificação. Foi constatado que polias de alto rendimento (rolamentadas) mostram-se bastante superiores às polias de baixo rendimento (buchadas).

Em relação aos aparelhos descensores, Grupo 3, foi observado que os equipamentos possuem melhor eficiência têm a semelhança de ter a passagem em “C” (Lory Safe, Lory Smart, Gri-Gri e ID). Já nos equipamentos com passagem em “S” (Stop e Double Stop) foi observada menor eficiência, por apresentarem grande resistência. Logo, seu uso não é eficiente, como o Double Stop com a eficiência de apenas 15%. Ainda assim, o maior fator de escolha é a facilidade de manuseio que a guarnição tem sobre o equipamento, ainda que de menor desempenho.

No caso dos equipamentos combinados, Grupo 4, foi observado que a combinação de equipamentos com qualquer polia não influencia na eficiência do equipamento, mantendo a perda de carga sem alterações. Sendo assim a adição destes equipamentos para captura de progresso é relevante para a operação. Caso seja necessário um sistema de debreagem durante a operação devem ser considerados os equipamentos do Grupo 3.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos sistemas de vantagem mecânica é uma realidade nas operações realizadas por bombeiros. Os mais diversos equipamentos utilizados com os SVM são empregados nas demais ocorrências e atividades envolvendo altura e terrestre. A diversidade de equipamentos faz com que a versatilidade do bombeiro seja explorada, tendo diversas alternativas e equipamentos para melhor utilizar numa determinada situação, sendo oportuno informações complementares para melhor escolha e emprego destes nas operações de salvamento.

Nesta pesquisa, preliminarmente, se fez necessário investigar os equipamentos e materiais utilizados, sendo esta etapa realizada por meio de uma pesquisa bibliográfica aplicada ao contexto do CBMDF. Com o levantamento bibliográfico em mãos, foi possível estudar e definir a forma de mensurar a eficiência dos equipamentos identificados, conseguindo assim estruturar um protocolo de testes para mensurar a eficiência de cada um dos equipamentos.

Com o protocolo definido e os equipamentos listados, foi possível a execução de testes em todo o universo de equipamentos do CBMDF, sendo necessário realizar 5 mensurações para cada um dos 18 equipamentos, em virtude da limitação de definir um valor para cada aparelho, uma vez que as execuções estão sujeitas a erros humanos, totalizando 90 testes realizados de forma padronizada. Com os resultados para cada elemento, para diminuir a limitação e aumentar a confiabilidade, foi realizada uma análise estatística possibilitando definir um valor final para cada elemento.

O protocolo de testes criado é, em suma, um laboratório experimental que traz informações importantes que vão além das especificações dos equipamentos, sendo fundamental para decisões de aquisição de equipamentos pelo CBMDF e de emprego pela tropa.

Ao analisar os resultados dos testes foi possível estruturar quatro ordenamentos dos equipamentos dentro das suas categorias (Mosquetões,

Polias, Descensores e Combinados), permitindo a comparação entre elementos com mesma finalidade, solucionando o problema de pesquisa apresentado e concluindo o objetivo geral da pesquisa.

A pesquisa possibilitou a confecção de um Boletim de Informação Técnico-Profissional (BITP), aumentando o alcance dos resultados desta, tornando ostensivo o resultado que é relevante para todos os Corpos de Bombeiros do Brasil. Foi disposto no Apêndice A as informações do BITP que é o produto elaborado com base nesta pesquisa.

Para efeitos práticos, este boletim visa difundir os resultados para a tropa, para os cursos de formação e de especialização da corporação enfatizando os principais resultados do trabalho: a adição de mosquetões ocasiona a perda de eficiência; as polias com rolamentos são mais eficientes que as buchadas; dentre os descensores os que possuem vestimenta em “S” precisam de cerca de 40% a mais de força que os que possuem vestimenta em “C”; e que ao combinar equipamentos com polias, não há ganhos de eficiência. Ressalta-se que pode ser necessário o emprego de equipamentos com mais perda de carga se for preciso mais controle da operação, e sempre deve-se levar em consideração as especificações do fabricante de carga máxima e funcionalidade.

Para pesquisas futuras é recomendada a adaptação do protocolo com a construção de sistema 2:1 para analisar se a eficiência se mantém proporcional neste sistema. Outra possível análise é a influência do ângulo formado pela corda na entrada e na saída do equipamento sobre a eficiência, que neste trabalho foi deixado constante para todos os testes, assim uma ancoragem distante já permitiria a execução deste teste.

Sugere-se, ainda, a aplicação do protocolo estruturado nesta pesquisa utilizando a tração por meio de equipamentos, de forma a minimizar o erro e corrigir a limitação desta pesquisa do possível erro humano de execução nos testes. É válido ressaltar, também, a necessidade da criação literatura por parte do CBMDF a respeito das classificações de sistemas de vantagem mecânica, por meio de um BITP.

Derradeiramente, os valores de eficiência são fundamentais para a devida escolha e maior perícia dos equipamentos. Contudo não deve ser o fator decisivo, devendo sempre conhecer as especificações técnicas e recomendações do fabricante, e sempre levar em conta a familiaridade e conhecimento sobre o manuseio do equipamento. Sendo assim a eficiência é complementar para a tropa no emprego em operações e fator de decisão para o gestor no momento da aquisição.

REFERÊNCIAS

APPOLINÁRIO, F. **Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção do conhecimento científico**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

ARAÚJO, FRANCISCO BENTO DE. **Manual de Instruções Técnico-Profissional: Salvamento**. Brasília: [S. n.], 2007.

BRASIL. **Lei nº 7.479, de 2 de junho de 1986**. Aprova o Estatuto dos Bombeiros-Militares do Corpo de Bombeiros do Distrito Federal, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 1991. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8255.htm. Acesso em: 6 jun. 2022.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Salvamento Terrestre**. 2. ed. São Paulo: PMESP, 2006.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Salvamento em Altura: equipamentos**. 1. ed. Brasília: CBMDF, 2017.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS. **Manual Operacional de Bombeiros: Salvamento em Altura**. 1. ed. Goiânia: CBMGO, 2017.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS. **Manual Operacional de Bombeiros: Salvamento Terrestre**. 1. ed. Goiânia: CBMGO, 2018.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE MATO GROSSO. **Manual de Salvamento em Altura**. 1. ed. Cuiabá: CBMMT, 2021.

DELANEY, RICHARD. **Physics for Roping Technicians**. Sydney: RopeLab, 2022.

GIL, ANTÔNIO CARLOS. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2017.

GOMIDES, JOSÉ EDUARDO. **A Definição do Problema de Pesquisa**. CEPPG Revista (Catalão), v. 6, p. 14, 2002.

GONZAGA JÚNIOR, HÉLIO LOYOLA. **O uso de sistemas multiplicadores de força nas ocorrências de salvamento do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás no âmbito do 1º BBM**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, Goiânia, 2013. Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2017/04/O-USO-DE-SISTEMAS-MULTIPLICADORES-DE-FOR%C3%87A-NAS-OCORR%C3%8ANCIA-DE-SALVAMENTO-DO-CORPO-DE-BOMBEIROS-MILITAR-DO-ESTADO-DE-GOI%C3%81S-NO-%C3%82MBITO-DO-1BBM-Helio-Loyola-Gonzaga-J%C3%82Anior.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2022.

LU, Y. et al. Transmission capability of precise cable drive including bending rigidity. **Mechanism and Machine Theory**, v. 94, p. 132-140, 2015.

PETZL. **Pulley system efficiency tests with MAESTRO, I'D S, PRO TRAXION, ROLLCLIP, SPIN L1, SPIN L1D**. [2023]. Disponível em: <https://www.petzl.com/INT/en/Professional/Pulley-system-efficiency-tests-with-MAESTRO--I-D-S--PRO-TRAXION--ROLLCLIP--SPIN-L1--SPIN-L1D---?ProductName=JAG-SYSTEM>. Acesso em: 3 out. 2023.

SILVEIRA, BRUNO FILIPE RODRIGUES DA. **Manobras em corda**: uma abordagem preventiva. 2015. Relatório de Estágio (Mestrado em Ensino da Educação Física nos Ensinos Básico e Secundário) - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2015. Disponível em: <https://silo.tips/downloadFile/universidade-de-tras-os-montes-e-alto-douro-manobras-em-corda-uma-abordagem-prev>. Acesso em: 15 jun. 2022.

APÊNDICE A – ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO

1. **Aluno:** Cadete BM/2 **Marcos** Paulo Maciel Bezerra **Diniz**.
2. **Nome:** Boletim de Informação Técnico-Profissional (BITP) da análise da eficiência dos equipamentos de salvamento.
3. **Descrição:** Este produto, apresenta de forma sumária os resultados da presente pesquisa de forma objetiva, para torná-la ostensiva no âmbito do CBMDF. É apresentado o protocolo de testes, as amostras selecionadas e os resultados observado durante o estudo. Com foco informativo, o boletim torna o estudo mais uma ferramenta disponível par auxiliar as guarnições em operações de salvamento.
4. **Finalidade:** Mensurar a eficiência dos equipamentos de sistemas de vantagem mecânica disponíveis no CBMDF e definir os equipamentos prioritários para emprego em operações de salvamento.
5. **A quem se destina:** Militares do CBMDF envolvidos em atividades de salvamento.
6. **Funcionalidades:** Não se aplica.
7. **Especificações técnicas:**

Material textual: Seguindo o preconizado na Portaria no 21 de 28 de maio de 2002 do CBMDF, publicada no Boletim Geral nº 101 de 29 de maio de 2002, que cria o Boletim de Informação Técnico-Profissional, possui 13 páginas que podem ser impressas ou distribuído na forma digital. A versão é no formato .pdf (*Portable Document Format*).

8. **Instruções de uso:** Não se aplica.
9. **Condições de conservação, manutenção, armazenamento:** Não se aplica.



Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal
Departamento de Ensino, Pesquisa, Ciência e Tecnologia
Diretoria de Ensino
Centro de Treinamento Operacional

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-PROFISSIONAL

Nº XX/2023-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2023

ASSUNTO: Eficiência dos equipamentos de vantagem mecânica empregados no salvamento

OBJETIVO

O presente Boletim de Informação Técnico-Profissional visa apresentar e informatizar sobre a eficiência dos equipamentos utilizados nos sistemas de vantagem mecânica disponíveis no CBMDF.

INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) tem em suas competências prestar serviço de salvamento e atuar para garantir a preservação da incolumidade das pessoas (BRASIL, 1986). As atividades de salvamento são em diversas atuações, como salvamento em altura, captura de inseto, resgate veicular, salvamento terrestre. Nessas atividades é comum a necessidade de emprego de cordas juntamente com mosquetões e equipamentos metálicos.

Empregar os equipamentos requer conhecimento de: funcionamento, manuseio e finalidade, complementarmente ao conhecimento dos equipamentos, este boletim irá apresentar a eficiência dos equipamentos, possibilitando melhorar o conhecimento dos equipamentos e a capacidade de escolha e emprego do equipamento para a operação desejada.

É válido ressaltar que o presente boletim não exclui nenhuma das especificações do fabricante quanto à segurança e requisitos de emprego, sendo assim deve ser complementar para o emprego do equipamento.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. GLOSSÁRIO

1.1. Descensor: “são equipamentos que permitem a descida controlada em uma corda, usando o princípio do atrito da corda com o aparelho, diminuindo o esforço praticado pelo resgatista” (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2017).

ASSUNTO: Eficiência dos equipamentos de vantagem mecânica empregados no salvamento

1.2. Dinamômetro: “equipamento utilizado para medir força” (Spinelli, 2017).

1.3. Eficiência: “a eficiência de um equipamento se traduz pela razão das duas forças quando ambas são mensuráveis, assim, uma forma de verificar o quão bem um equipamento converte a força de entrada na força necessária para tracionar a carga, minimizando perdas” (Diniz, 2023).

1.4. Mosquetão: “anéis metálicos com um segmento móvel (gatilho) de ação por mola, que permite a abertura para conexão de equipamento” (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2017).

1.5. Polia: “é um dispositivo composto por um eixo que une uma ou mais roldanas a um ponto de ancoragem através de dois suportes laterais giratórios no eixo, para permitir o encaixe da corda” (Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, 2006, p. 82).

1.6. Vantagem Mecânica: “é a relação entre o esforço requerido e o esforço de fato realizado por quem produz a força, ou, basicamente, a quantidade de vezes que a força requerida é maior que a força realizada” (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, 2021, p. 80).

2. Eficiência de sistemas

A eficiência de um equipamento se traduz pela razão das duas forças quando ambas são mensuráveis (Delaney, 2022).

$$\varepsilon = \frac{T2}{T1}$$

Assim, para a mensuração da eficiência de um equipamento, foi necessário a montagem de um sistema 1:1, uma carga de 100 kg, um dinamômetro e aplicação de força, conforme Figura 1.

Figura 1 – Sistema 1:1 isolado para mensurar a perda de carga



Fonte: O autor.

ASSUNTO: Eficiência dos equipamentos de vantagem mecânica empregados no salvamento

Após a montagem do sistema, foi empregado um sistema 10:1 após o dinamômetro, para elevação da carga, sendo assim aplicado o protocolo de teste.

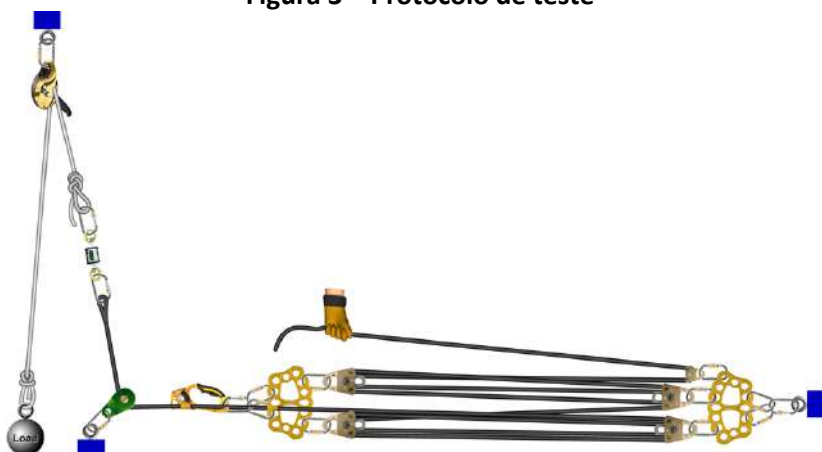
Figura 2 – Aplicação do protocolo de teste

Fonte: O autor.

Caso seja mensurado uma força de 125 kgf, a eficiência será calculada com a Equação de Capstan, com a razão das duas forças, onde: T1 é igual a 125 kgf (força empregada); T2 é igual a 100 kgf (carga inicial), assim:

$$\varepsilon = \frac{T2}{T1} = \frac{100}{125} = 0,80 = 80\%$$

Dessa forma, para um dado equipamento em que é necessária uma força de 125 kgf para elevar uma carga de 100 kg, assim sua eficiência será de 80%.

Figura 3 – Protocolo de teste

Fonte: O autor.

ASSUNTO: Eficiência dos equipamentos de vantagem mecânica empregados no salvamento

3. Equipamentos

Os equipamentos estão limitados aos que esta corporação possui, sendo assim, após a investigação dos equipamentos disponíveis pela corporação possibilitou definir o universo dos equipamentos que foram utilizados na pesquisa desenvolvida.

A amostra estudada é formada pelos equipamentos pertencentes ao Centro de Treinamento Operacional, selecionando os que apresentavam melhores condições de conservação, sendo novos ou com pouquíssimo uso. É válido ressaltar que estes equipamentos são os adquiridos pelo CBMDF e estão disponíveis em todos os grupamentos multiemprego da corporação para socorro e instrução, conforme Tabela 1. Foi possível, no ambiente controlado, testar somente a perda de eficiência nos equipamentos disponíveis na corporação. Os equipamentos podem performar de forma diferente em virtude de: condições de armazenamento, desgaste decorrente do uso e danos.

Figura 4 – Amostra de equipamentos



Fonte: O autor.

Em virtude da grande quantidade de equipamentos testados, foi atribuído um código para cada equipamento testado, composto por 6 dígitos, sendo os três primeiros referentes ao grupo do

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

Nº XXX/2023-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2023

Página 5 de 13

ASSUNTO: Eficiência dos equipamentos de vantagem mecânica empregados no salvamento

equipamento (mosquetões – MOS; polias – POL; descensores – DES; e combinados – COM), os três últimos dígitos são uma abreviação para facilitar a identificação do equipamento, por exemplo o equipamento Lory Safe, por ser um descensor terá o código DES-LSF.

Tabela 1 – Dados dos elementos da amostra

Grupo	Código	Tipo	Marca	Modelo	Observação
1	MSQ-HMS	Mosquetão	CT	HMS	-
	MSQ-OV1	Mosquetão	CT	Oval – Tipo M	-
	MSQ-OV2	Mosquetão	CT	Oval – Tipo M	Utilizado 2 mosquetões
	MSQ-OV3	Mosquetão	CT	Oval – Tipo M	Utilizado 3 mosquetões
2	POL-SPL	Polia	Anthron	Simples Oscilante AS05	-
	POL-SPG	Polia	Anthron	Simples Oscilante AR35	-
	POL-DUP	Polia	Anthron	Dupla Oscilante AR37	-
3	DES-LSF	Descensor	Anthron	Lory Safe	-
	DES-LSF	Descensor	Anthron	Lory Smart	-
	DES-DSP	Descensor	Anthron	DSD Plus (Double Stop)	-
	DES-STP	Descensor	Petzl	Stop	-
	DES-GRI	Descensor	Petzl	Gri-Gri	-
	DES-IDP	Descensor	Petzl	ID	-
4	COM-PF1	Combinado	Anthron Petzl	Simples Oscilante AS05 Basic	Realizado a combinação dos dois aparelhos
	COM-PF2	Combinado	Anthron Petzl	Simples Oscilante AR35 Basic	Realizado a combinação dos dois aparelhos
	COM-RC1	Combinado	Anthron ...	Simples Oscilante AS05 Cordelete 6 mm	Confeccionado o nó prussik com 4 voltas utilizando cordelete
	COM-RC2	Combinado	Anthron ...	Simples Oscilante AR35 Cordelete 6 mm	Confeccionado o nó prussik com 4 voltas utilizando cordelete
	COM-F8R	Combinado	CT ...	Freio 8 de resgate Cordelete 6 mm	Confeccionado o nó prussik com 4 voltas utilizando cordelete

Fonte: O autor.

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

Nº XXX/2023-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2023

Página 6 de 13

ASSUNTO: Eficiência dos equipamentos de vantagem mecânica empregados no salvamento

RESULTADOS

Para mensurar a eficiência dos equipamentos relacionados na Tabela 1, foram realizados 5 testes para cada um dos 18 elementos testados, totalizando um total de 90 testes realizados, sendo que, eventualmente, foi necessária a repetição de algum teste por erro de execução do protocolo.

Para cada teste foi colocada uma carga de 100kg e mensurado com dinamômetro a força necessária para elevação desta carga, conforme protocolo definido, com força manual e contínua de um operador. Com a execução dos testes foi possível chegar na Tabela 2 abaixo com os dados de eficiência para cada um dos equipamentos.

Tabela 2 – Cálculo da eficiência dos equipamentos

Código	Valor final – T1 (kgf)	Eficiência (T2/T1)
MSQ-HMS	178	56%
MSQ-OV1	183	55%
MSQ-OV2	204	49%
MSQ-OV3	231	43%
POL-SPL	142	70%
POL-SPG	114	88%
POL-DUP	116	86%
DES-LSF	262	38%
DES-LSM	263	38%
DES-DSP	660	15%
DES-STP	372	27%
DES-GRI	262	38%
DES-IDP	295	34%
COM-PF1	144	69%
COM-PF2	114	88%
COM-RC1	144	69%
COM-RC2	114	88%
COM-F8R	423	24%

Fonte: O autor.

Os resultados detalhados bem como a análise e método para alcançar o valor final para cada

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

Nº XXX/2023-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2023

Página 7 de 13

ASSUNTO: Eficiência dos equipamentos de vantagem mecânica empregados no salvamento

equipamento utilizados neste BITP estão descritos e disponíveis no artigo científico: Sistemas de Vantagem Mecânica: um estudo da eficiência dos equipamentos no contexto do CBMDF.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na Tabela 3 abaixo, é possível verificar os valores de eficiência para cada um dos equipamentos testados do Grupo 1 (Mosquetões), analisando os resultados foi possível verificar que o MSQ-HMS é mais eficiente que qualquer combinação de mosquetão oval, contudo a diferença é pequena quando se considerado o emprego de MSQ-OV1, a perda de eficiência dos equipamentos é praticamente irrelevante, não sendo fator de escolha entre os elementos.

Quando observadas as variações com mais de um mosquetão foi possível concluir que a adição de mais equipamentos interfere aumentando o valor da força que deve ser empregada. Sendo assim, o emprego de mais de um mosquetão só é recomendado quando a técnica desenvolvida necessita de mais de um equipamento.

Tabela 3 – Ordem de eficiência dos elementos do Grupo 1

Ordem de eficiência	Código	Equipamento	Eficiência (T2/T1)
1	MSQ-HMS	Mosquetão HMS	56%
2	MSQ-OV1	Mosquetão Oval (1 unidade)	55%
3	MSQ-OV2	Mosquetão Oval (2 unidades)	49%
4	MSQ-OV3	Mosquetão Oval (3 unidades)	43%

Fonte: O autor.

No Grupo 2, no qual os elementos testados foram as polias, foi possível verificar diferenças nos elementos do grupo, sendo a POL-SPG a mais eficiente, com 88%, com 18% a mais em relação ao POL-SPL. Sendo assim sua escolha traz muito mais eficiência para a operação, devendo ser prioridade de escolha, se disponível. Já a opção entre POL-SPG e POL-DUP deve levar em conta a necessidade do equipamento, já que a diferença de eficiência dos equipamentos é de 1%. Ordenando os elementos deste grupo, foi possível chegar na Tabela 4 abaixo.

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

Nº XXX/2023-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2023

Página 8 de 13

ASSUNTO: Eficiência dos equipamentos de vantagem mecânica empregados no salvamento

Tabela 4 – Ordem de eficiência dos elementos do Grupo 2

Ordem de eficiência	Código	Equipamento	Eficiência (T2/T1)
1	POL-SPG	Polia Simples Oscilante AR35	88%
2	POL-DUP	Polia Dupla Oscilante AR37	87%
3	POL-SPL	Polia Simples Oscilante AS05	70%

Fonte: O autor.

Nas operações de salvamento, a utilização de elementos dos mosquetões deve ser evitada, dando preferência às polias, que possuem mais eficiência e são mais adequadas, tendo em vista que trazem menos danos às cordas por possuir gorne que permite um menor atrito à corda. Os mosquetões só devem ser empregados se for necessário à operação, como por exemplo quando a tração a ser aplicada ultrapassa a capacidade de polias e está dentro da capacidade de carga dos mosquetões.

Para uma operação segura de SVM é necessária a utilização de sistemas de captura de progresso, normalmente, aparelhos descensores são empregados para esta função (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2018). Conforme visto na Tabela 2, em geral os equipamentos do Grupo 3 são os que têm mais perda de carga ao serem empregados. Contudo seu uso não pode ser dispensado para a segurança da operação, considerando a necessidade de empregar aparelhos debreáveis e com sistema de antiretorno, que somente os equipamentos deste grupo proporcionam para a operação.

Tabela 5 – Ordem de eficiência dos equipamentos do Grupo 3

Ordem de eficiência	Código	Equipamento	Eficiência (T2/T1)
1	DES-LSF	Descensor Lory Safe	38%
	DES-LSM	Descensor Lory Smart	38%
	DES-GRI	Descensor Gri-Gri	38%
2	DES-IDP	Descensor ID Petzl	34%
3	DES-STP	Descensor Stop	27%
4	DES-DTP	Descensor Double Stop	15%

Fonte: O autor.

Os equipamentos DES-LSF, DES-LSM e DES-GRI possuem eficiência de 38%, cabendo à guarnição

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

Nº XXX/2023-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2023

Página 9 de 13

ASSUNTO: Eficiência dos equipamentos de vantagem mecânica empregados no salvamento

de salvamento escolher o equipamento que mais tem confiança e familiaridade de uso, para garantir a sua boa operação. O próximo equipamento de maior eficiência é o aparelho ID Petzl, com 34%. Contudo este aparelho possui diversas formas de operação, sendo assim, seu emprego só deve ser considerado se a guarnição tiver conhecimento sobre como utilizá-lo. Sem este conhecimento é recomendada a escolha dos aparelhos que ocuparam a primeira posição da categoria.

Já para os equipamentos DES-STP e DES-DSP foi mensurado uma eficiência de 27% e 15%, respectivamente. Considerando que estes equipamentos são os de menores eficiências, e, portanto, devem ser empregados somente em último caso, devendo ser levado em consideração pela guarnição a alta perda de eficiência que acarretará à operação, se for desejada são boas opções para melhor controle.

Já na Tabela 6, é possível encontrar os resultados de eficiência dos equipamentos combinados. Os equipamentos de melhor eficiência nestes testes foram os COM-PF2 e COM-RC2, alcançando 88%, sendo característica semelhante entre esses equipamentos que ambos utilizavam a polia AR35 em sua composição, que é o equipamento POL-SPG, o qual também possui eficiência de 88%, é conclusivo que a adição de materiais de captura de progresso nestes equipamentos não gerou interferência na eficiência do equipamento, sendo assim o equipamento prioritário para emprego em SVM.

Tabela 6 – Ordem de eficiência dos equipamentos do Grupo 4

Ordem de eficiência	Código	Equipamento	Eficiência (T2/T1)
1	COM-PF2	Polia Simples Oscilante (AR35) combinada com Blocante Basic	88%
	COM-RC2	Polia Simples Oscilante (AR35) combinada com cordelete com nó prussik de 4 voltas	88%
2	COM-PF1	Polia Simples Oscilante (AS05) combinada com Blocante Basic	69%
	COM-RC2	Polia Simples Oscilante (AS05) combinada com cordelete com nó prussik de 4 voltas	69%
3	COM-F8R	Freio 8 de resgate combinado com cordelete com nó prussik de 4 voltas	24%

Fonte: O autor.

Seguindo os resultados, na segunda posição estão os equipamentos COM-PF1 e COM-RC1, com 69%, ambos equipados com a polia AS05, possuindo praticamente a mesma eficiência que o emprego único desta polia.

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

Nº XXX/2023-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2023

Página 10 de 13

ASSUNTO: Eficiência dos equipamentos de vantagem mecânica empregados no salvamento

Na última posição deste grupo está o equipamento COM-F8R com 24%, logo seu emprego deve ser considerado em último caso, já que os demais equipamentos, inclusive descensores do Grupo 3, possuem valores de eficiência mais relevantes, justificando a escolha destes.

CONCLUSÕES

De forma geral, no presente estudo, foi verificado que os mosquetões, Grupo 1, possuem eficiência praticamente igual quando empregado em mesmo número de equipamentos. Assim, a escolha entre os elementos deve se dar com base na disponibilidade de material. Já quando ocorre a adição de equipamentos, como nos testes MOS-OV2 e MOS-OV3, que são com 2 e 3 mosquetões, respectivamente, foi observado que não há melhora de eficiência, mas sim o efeito contrário de diminuição da eficiência.

Quando analisado o Grupo 2, das polias, a escolha do equipamento fará uma grande diferença para a eficiência da operação, caso o equipamento de melhor eficiência esteja disponível, a Polia AR35, deve-se selecionar este material. Entretanto, sempre deve ser levado em consideração a capacidade máxima de trabalho, aspirando uma operação segura. Sendo ainda priorizado a escolha de qualquer polia no lugar de mosquetões, se a carga que a polia estiver submetida for aceitável pela sua especificação. Foi constatado que polias de alto rendimento (rolamentadas) mostram-se bastante superiores às polias de baixo rendimento (buchadas).

Em relação aos aparelhos descensores, Grupo 3, foi observado que os equipamentos possuem melhor eficiência têm a semelhança de ter a passagem em "C" (Lory Safe, Lory Smart, Gri-Gri e ID). Já nos equipamentos com passagem em "S" (Stop e Double Stop) foi observada menor eficiência, por apresentarem grande resistência. Logo, seu uso não é eficiente, como o Double Stop com a eficiência de apenas 15%. Ainda assim, o maior fator de escolha é a facilidade de manuseio que a guarnição tem sobre o equipamento, ainda que de menor desempenho.

No caso dos equipamentos combinados, Grupo 4, foi observado que a combinação de equipamentos com qualquer polia não influencia na eficiência do equipamento, mantendo a perda de carga sem alterações. Sendo assim a adição destes equipamentos para captura de progresso é relevante para a operação. Caso seja necessário um sistema de debreagem durante a operação devem ser considerados os equipamentos do Grupo 3.

ASSUNTO: Eficiência dos equipamentos de vantagem mecânica empregados no salvamento**ORIENTAÇÕES**

O presente boletim tem caráter informativo e complementar, não devendo ser fator de tomada de decisão de forma isolada para a escolha de equipamentos. É recomendado sempre a escolha do equipamento que a guarnição tiver melhor conhecimento de uso e manuseio.

Durante os testes foi observado que o equipamento COM-PF1 ter melhor eficiência que o COM-PF2, durante a execução dos testes, foi percebido que a combinação da polia AR35 com o basic ocasionando danos ao gorne (mecanismo preto que realiza permite a corda correr) da polia, conforme pode ser visto na Figura 5 abaixo, uma vez que o aparelho basic acaba ficando na parte interna da polia.

Para não ocorrer dano ao matéria, a montagem do polifreno deve ser realizada combinando a polia simples AS05 e blocante Basic, conforme elemento COM-PF2.

Figura 5 – Apresentação de dano a polia AR35

Fonte: O autor.

Com isso, visando não danificar o equipamento é recomendado o emprego do polifreno com a polia AS05 e blocante basic, conforme o elemento COM-PF2, que pode ser visto na Figura 6 abaixo.

Figura 6 – Melhor opção para o polifreno (Polia AR35 e Basic)

Fonte: O autor.

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

Nº XXX/2023-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2023

Página 12 de 13

ASSUNTO: Eficiência dos equipamentos de vantagem mecânica empregados no salvamento

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPOLINÁRIO, F. Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção do conhecimento científico. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- ARAÚJO, FRANCISCO BENTO DE. **Manual de Instruções Técnico-Profissional: Salvamento.** Brasília: [S. n.], 2007.
- BRASIL. **Lei nº 7.479, de 2 de junho de 1986.** Aprova o Estatuto dos Bombeiros-Militares do Corpo de Bombeiros do Distrito Federal, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 1991. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8255.htm. Acesso em: 6 jun. 2022.
- CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Salvamento Terrestre.** 2. ed. São Paulo: PMESP, 2006.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Salvamento em Altura: equipamentos.** 1. ed. Brasília: CBMDF, 2017.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS. **Manual Operacional de Bombeiros: Salvamento em Altura.** 1. ed. Goiânia: CBMGO, 2017.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS. **Manual Operacional de Bombeiros: Salvamento Terrestre.** 1. ed. Goiânia: CBMGO, 2018.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE MATO GROSSO. **Manual de Salvamento em Altura.** 1. ed. Cuiabá: CBMMT, 2021.
- DELANEY, RICHARD. **Physics for Roping Technicians.** Sydney: RopeLab, 2022.
- DINIZ, MARCOS PAULO MACIEL BEZERRA. **SISTEMAS DE VANTAGEM MECÂNICA: UM ESTUDO DA EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS NO CONTEXTO DO CORPO DE BOMBEIROS DO DISTRITO FEDERAL.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2023.
- GIL, ANTÔNIO CARLOS. **Como elaborar Projetos de Pesquisa.** 6. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2017.
- GOMIDES, JOSÉ EDUARDO. **A Definição do Problema de Pesquisa.** CEPPG Revista (Catalão), v. 6, p. 14, 2002.
- GONZAGA JÚNIOR, HÉLIO LOYOLA. **O uso de sistemas multiplicadores de força nas ocorrências de salvamento do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás no âmbito do 1º BBM.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, Goiânia, 2013. Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2017/04/O-USO-DE-SISTEMAS-MULTIPLICADORES-DE-FOR%C3%87A-NAS-OCORR%C3%84NCIAS-DE-SALVAMENTO-DO-CORPO-DE-BOMBEIROS-MILITAR-DO-ESTADO-DE-GOI%C3%81S-NO-%C3%82MBITO-DO-1BBM-Helio-Loyola-Gonzaga-J%C3%84nior.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2022.
- LU, Y. et al. Transmission capability of precise cable drive including bending rigidity. **Mechanism and Machine Theory**, v. 94, p. 132-140, 2015.
- PETZL. **Pulley system efficiency tests with MAESTRO, I'D S, PRO TRAXION, ROLLCLIP, SPIN L1, SPIN L1D.** [2023]. Disponível em: <https://www.petzl.com/INT/en/Professional/Pulley-system-efficiency-tests-with-MAESTRO--I-D-S--PRO-TRAXION--ROLLCLIP--SPIN-L1--SPIN-L1D---?ProductName=JAG-SYSTEM>. Acesso em: 3 out. 2023.
- SILVEIRA, BRUNO FILIPE RODRIGUES DA. **Manobras em corda: uma abordagem preventiva.** 2015. Relatório de Estágio (Mestrado em Ensino da Educação Física nos Ensinos Básico e

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

Nº XXX/2023-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2023

Página 13 de 13

ASSUNTO: Eficiência dos equipamentos de vantagem mecânica empregados no salvamento

Secundário) - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2015. Disponível em: <https://sil0.tips/downloadFile/universidade-de-tras-os-montes-e-alto-douro-manobras-em-corda-uma-abordagem-prev>. Acesso em: 15 jun. 2022.

- SPINELLI, LUIZ EDUARDO. **Os cem quilos**. 2. ed. São Paulo, 2017. Disponível em: http://www.spinelli.blog.br/literatura/livro_os_cem_quilos_spinelli.pdf. Acesso em: 7 nov. 2022.

EQUIPE RESPONSÁVEL

Elaboração:

- Maj. QOBM/Comb. ESTEVÃO LAMARTINE NOGUEIRA **PASSARINHO** (orientador da pesquisa)
- Cad. QOBM/Comb. **MARCOS PAULO MACIEL BEZERRA DINIZ** (autor da pesquisa)