

**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 **DIEGO DE SOUSA ALVES**



**LONGES NO SALVAMENTO EM ALTURA: ANÁLISE DE
SEGURANÇA DAS VARIAÇÕES APLICÁVEIS AO CBMDF**

BRASÍLIA
2022

Cadete BM/2 **DIEGO DE SOUSA ALVES**

**LONGES NO SALVAMENTO EM ALTURA: ANÁLISE DE
SEGURANÇA DAS VARIAÇÕES APLICÁVEIS AO CBMDF**

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: Major QOBM/Comb. ESTEVÃO LAMARTINE NOGUEIRA **PASSARINHO**

BRASÍLIA
2022

Cadete BM/2 **DIEGO DE SOUSA ALVES**

**LONGES NO SALVAMENTO EM ALTURA: ANÁLISE DE
SEGURANÇA DAS VARIAÇÕES APLICÁVEIS AO CBMDF**

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: 16 / 11 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

CLAYSON AUGUSTO MARQUES FERNANDES – Ten-Cel. QOBM/Comb.
Presidente

RAFAEL COSTA GUIMARÃES – 1º Ten. QOBM/Compl.
Membro

ROMMEL SILVA MENDONÇA – 1º Ten. QOBM/Comb.
Membro

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

RESUMO

Identifica-se nas unidades do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal diferentes modelos de longes, também conhecidos por talabartes, sendo empregados nas atividades de salvamento indiscriminadamente. Em sua proposta, o trabalho em comento visa avaliar quais modelos de longes, dentre os escolhidos, são seguros para as atividades de salvamento em altura do CBMDF. Com foco exploratório adotou-se a abordagem quali-quantitativa caminhando por uma pesquisa bibliográfica para construção de um protocolo de trabalho à luz dos normativos nacionais e internacionais relacionados com o tema. Além da pesquisa documental para definição de quais amostras seriam avaliadas, foi também montado um laboratório de teste dinâmico de quedas para desenvolvimento da parte experimental e coleta de dados do estudo. Os resultados demonstraram que dos 13 modelos utilizados pelos militares do CBMDF, 7 deles possuem a segurança necessária para risco de queda de fator 1, e desses, apenas 5 estão dentro do desejável para missões com risco de queda em fator 2. Os demais longes extrapolaram o valor máximo para força de impacto exigido pela norma brasileira e europeia já em uma primeira queda de fator 1, apesar de atenderem às demais exigências dos códigos. Sendo assim, constatou-se na pesquisa que hoje estão sendo empregados na corporação alguns modelos de longes que não garantem a segurança de seus usuários em caso de acidente, ressaltando a importância e divulgação desses resultados ao público envolvido nessas atividades, já que neste artigo são destacadas algumas opções seguras para substituição.

Palavras-chave: longe; talabarte; salvamento em altura; segurança no trabalho; força de impacto.

LANYARD IN HEIGHT RESCUE: SAFETY ANALYSIS OF THE VARIATIONS APPLICABLE TO CBMDF

ABSTRACT

In the Federal District Military Fire Department different models of lanyards, also known as cow's tails, are used in rescue activities indiscriminately. In this proposal, this essay aims to evaluate which lanyard models, among those chosen, are safe for CBMDF height rescue activities. With an exploratory focus, a qualitative-quantitative approach was adopted, which began a bibliographic research to build a working protocol based on national and international regulations related to the theme. In addition to the documentary research to define which samples would be evaluated, a dynamic fall test laboratory was also set up to develop the experimental part and collect data for the study. The results showed from 13 models used by the CBMDF firefighters, 7 of them are safe for a fall factor 1, and of these, only 5 are suitable for missions with a fall factor 2 risk. The other lanyards extrapolated the maximum value for impact force required by the Brazilian and European standard already in a first drop for a fall factor 1, despite meeting the other requirements of the norms. Therefore, it was found in the research that currently some models of lanyards are being used in the corporation that do not guarantee the safety of their users in case of an accident. Thus, the importance and dissemination of these results to the public involved in these activities is emphasized, since in this article some safe options for replacement are highlighted.

Keywords: lanyard; cow's tails; height rescue; safety at work; impact force.

1. INTRODUÇÃO

A indústria e a construção civil sempre foram o grande interesse das empresas produtoras de equipamentos de proteção contra quedas de níveis, pois aquelas são obrigadas pelas leis trabalhistas a se ajustarem de forma a evitar acidentes (BRASIL, 2012). Do outro lado, os Corpos de Bombeiros constantemente fazem uso e adaptações desses materiais considerando a realidade de cada instituição e protocolos de segurança próprios, pois poucos são os aparatos comercializados com finalidade tão específica.

Nessa última perspectiva um equipamento que ficou conhecido no Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) como longe, acabou ganhando diferentes formas de confecções artesanais e comerciais. Em outros ramos de atuação esse equipamento é chamado de talabarte, encordoamento, *lounge*, ou por suas origens na espeleologia batizado internacionalmente por *lanyards* ou *cow's tails*.

Independentemente de como são denominados, os longes são cordas de ancoragem que servem para auxiliar no posicionamento em ambientes elevados ou, se utilizados como elemento de restrição, para diminuir a movimentação daqueles que trabalham próximo a bordas (SPINELLI, 2015, p. 4). Desta forma, tornaram-se itens quase obrigatórios nos assentos de resgate dos bombeiros de salvamento para evitar acidentes, e hoje são utensílios de amplo emprego nas missões operacionais e práticas educacionais do CBMDF.

Entretanto, não há estudos que forneçam dados suficientes sobre a segurança dos modelos atualmente em uso nas atividades de salvamentos desenvolvidas na corporação. Assim como não há informações se os modelos adquiridos comercialmente oferecem a confiança necessária para missões de bombeiro, nem tão pouco se os materiais oferecidos pela instituição são adequados para confecção dos modelos artesanais atendendo às legislações em vigor.

Devido a lacuna de conhecimento a ser explorada e considerando a

estrutura da corporação, a importância dos longes aos bombeiros que exercem atividades em altura e a recente aquisição de equipamentos que podem aferir forças de itens operacionais, focou-se no seguinte problema: **quais modelos de longes apresentam a segurança necessária às atividades de salvamento em altura do CBMDF?**

Além do mais, existe ainda a possibilidade, como demonstram alguns estudos laboratoriais apresentados por Pomares *et. al.*(2020) para materiais usados na construção civil, de que longes confeccionados artesanalmente com cordas dinâmicas possam atender as demandas tão bem quanto equipamentos de alto valor certificados internacionalmente. Em contrapartida, Baszczyński (2007) relata que a simples escolha do material que compõe o longe pode afetar de maneira significativa o estudo a ser realizado, o que dificulta a generalização de alguns testes à realidade do bombeiro e exige a investigação própria do tema.

Nesse sentido, muitas são as variáveis envolvidas quando o tema é segurança dos longes, por isso, trabalhar o assunto com os materiais atualmente em uso no CBMDF pode trazer: menores custos à corporação evitando a compra de materiais pouco usuais; maior segurança atendendo aos critérios mínimos existentes nos normativos; e entre outros, confiança nos treinamentos e atendimento à população, pois o bombeiro com o material adequado poderá voltar a preocupação ao aluno que observa ou à missão que executa ciente de que a segurança não está sendo negligenciada.

Logo, o trabalho em comento pode incrementar informações e fortalecer as estruturas que integram as diferentes áreas do salvamento no CBMDF, em especial a de salvamento em altura. Inclusive ofertando a essas, material adequado para revisão futura de procedimentos que podem estar oferecendo maior risco do que o previsto em tempos anteriores.

Ademais, a proposta de testar a segurança dos longes exige a criação de uma espécie de laboratório para ensaios dinâmicos. O que dentro do planejamento estratégico da corporação de 2017 a 2024 se encaixa no tema inovação, mais especificamente no objetivo de desenvolver pesquisas e gerir

conhecimentos (CBMDF, 2017). Salienta-se que os resultados aqui destacados poderão auxiliar não somente às demandas do CBMDF, mas também a todas as corporações militares que desempenham atividades de salvamento, fundamentando discussões além dos limites do Distrito Federal e permitindo melhorar a qualidade dos serviços prestados ao cidadão.

Desta maneira, este artigo visa **avaliar quais modelos de longes, dentre os escolhidos, são seguros para as atividades de salvamento em altura do CBMDF**. Em convergência, temos ainda objetivos mais específicos que organizaram a sequência metodológica proposta tais como:

- a) Examinar nos normativos quais os requisitos exigidos para que um longe seja considerado seguro para as atividades em altura;
- b) Definir qual o protocolo de teste dinâmico é aplicável e adaptável à realidade do CBMDF;
- c) Definir quais os modelos de longes devem ser confeccionados e testados neste estudo;
- d) Testar a resistência dos longes escolhidos à luz das normas brasileiras e europeias, conforme protocolo de testes definido; e
- e) Elaborar um boletim informativo com alguns modelos que podem ser empregados nas atividades de altura que o CBMDF desenvolve.

Para isso, boa parte das informações aqui levantadas, apesar de serem úteis a todos os bombeiros, teve como base de estudo os longes daqueles especializados em salvamento. Para obtenção dos dados experimentais, foi fixado em uma das extremidades do longe um boneco de 100kg, por ser a massa indicada na norma e um valor também aproximado do peso de um bombeiro com equipamentos. A outra extremidade foi ancorada ao equipamento de aferição da força de impacto que estava preso em um ponto imóvel de alta resistência.

O boneco foi então elevado até as duas extremidades ficarem na mesma altura, para quedas de fator 1, ou elevado até que o longe fosse esticado para quedas de fator 2, e solto simulando o acidente de um bombeiro com movimento cessado unicamente pelo longe, sem atingir o solo ou qualquer outro obstáculo

durante a descida. Todos os resultados coletados foram analisados e seguem no corpo do trabalho.

Destaca-se que esta peça foi sustentada em uma revisão de literatura que serviu como referência para definição final dos parâmetros de avaliação da segurança dos longes e preparação do laboratório no qual os testes foram realizados. Uma pesquisa documental para definição das amostras que foram estudadas e a fase experimental de coleta de dados por meio de protocolo de teste que levou em consideração a estrutura atual do CBMDF.

Na sequência, são apresentados os resultados e discussões da parte experimental do estudo e logo depois as considerações finais. Por fim é possível encontrar após as referências os apêndices contendo a ficha de especificação e o Boletim de Informação Técnico-Profissional como produto deste artigo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Quando o assunto é trabalho em altura, o sinal de alerta para acidentes do ser humano é aguçado por conta da exposição ao perigo que essa atividade o submete, e a quantificação do risco está associada, frequentemente, com a probabilidade de uma situação inesperada acontecer (BAPTISTA, 2016). No mundo, a maioria dos relatos envolvendo acidentes em altura vem da construção civil e pouco é divulgado sobre os acidentes, ou incidentes, nas missões de bombeiros militares quando o resultado não é fatal.

Contudo, os fatos e os dados presentes na literatura são importantes fontes de debate para que os avanços em equipamentos de segurança contra quedas e nos procedimentos operacionais de salvamento em altura não cessem.

2.1. Acidentes em altura

Antes de avançar, cabe aqui destacar que nem toda queda e nem todo salvamento é de altura. A portaria nº 313, de 23 de março de 2012 (BRASIL, 2012, p. 1), aprovou a norma regulamentadora nº 35, pela qual “considera-se trabalho em altura toda atividade executada acima de 2,00 m (dois metros) do nível inferior, onde haja risco de queda”. Também, nesse sentido, a apostila de salvamento utilizada no Curso de Formação de Praças do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF, 2018, p.21) apresenta um conceito amplo do que vem a ser salvamento em altura para bombeiros:

É atividade de bombeiro especializada no salvamento de vítimas em local elevado, através do uso de equipamentos e técnicas específicas, com vistas à localização, acesso, estabilização e remoção do local ou condição de risco à vida, de quem não consiga sair por si só, em segurança. Este é desenvolvido em qualquer ambiente onde haja risco de queda acima de 2m (dois metros) em relação ao nível inferior, tais como edificações, torres, andaimes, falésias, ribanceiras e etc. Quando desenvolvido em cavernas ou grutas é denominado de “espeleoresgate” e envolve, além dos conhecimentos das técnicas de altura, informações adicionais de geologia.

Nessa última definição, é possível compreender a dimensão dos atendimentos envolvendo altura e os riscos enredados nas operações de

resgate, cingindo além das vítimas, os socorristas e até mesmo terceiros presentes no cenário (MACHADO, 2020).

Como forma de acarear, também com risco elevado apesar de que com menores fatores estressores, os dados apresentados por Pomares *et al.* (2020) advindos da construção civil relatam que, em 2016, na Austrália, o número de acidentes envolvendo altura só foi superado pelo número de vítimas de acidente veicular. Já em Cingapura, 31,9% dos acidentes em altura resultaram em vítimas fatais e desta forma tornaram-se a principal causa de morte entre 2010 e 2020.

No Brasil, Melo (2021) relata que foi feito um levantamento pela Agência Brasil no qual apresentou que das 349.579 comunicações de acidente de trabalho feitas ao Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) no ano de 2017, 10,6% eram referentes às quedas, e 14,49% dos acidentes fatais eram referentes à queda em altura. Observe que nesses dados não estão cobertos os trabalhadores autônomos, os militares e os servidores públicos estatutários vinculados ao regime próprio de previdência, mas ressaltam a importância de debater o tema com foco em segurança.

Acrescenta-se aqui, que não há estatísticas oficiais quando se trata de acidentes ou incidentes em altura envolvendo bombeiros militares em salvamentos ou treinamentos, apesar de que as imagens divulgadas em diferentes meios de comunicação constantemente trazem novas discussões sobre erros e acertos nesse tipo de operação.

2.2. Longes para salvamento em altura

Para tornar o risco aceitável e diminuir exposições ou vulnerabilidades dos bombeiros à acidentes, hoje existem à disposição uma infinidade de equipamentos que se empregados de maneira correta podem fornecer os meios apropriados para o desenvolvimento da atividade com segurança.

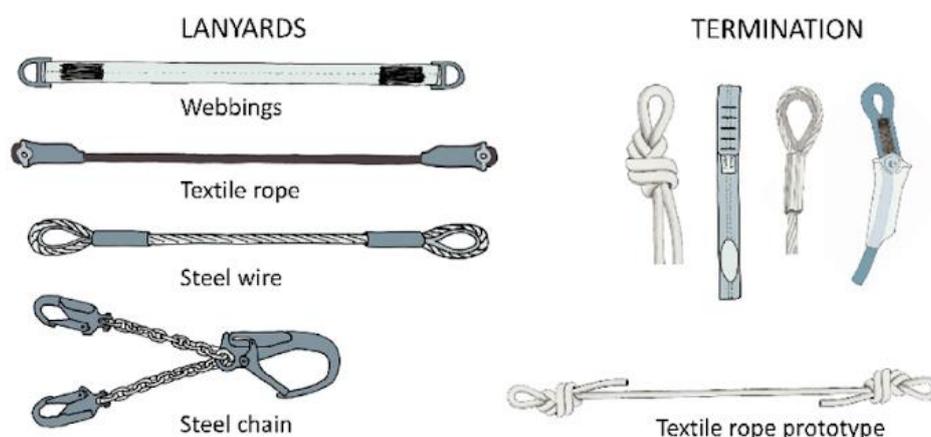
Para Baszczyński (2020), um sistema típico de segurança contra quedas consiste em três componentes: um ponto de ancoragem, um conector com absorvedor de choque e um assento de segurança. O ponto de ancoragem deve ser um local com resistência suficiente para suportar o impacto causado pela

aceleração durante uma queda, considerando ainda o peso do usuário e a possibilidade de deflexão do ponto.

Já o assento por estar em contato direto com o corpo do operador é o responsável por garantir que em caso de queda, a maior parte das forças envolvidas sejam distribuídas sobre as partes mais resistentes do corpo humano. O conector com absorvedor de choque ou não é empregado para dispersar a energia cinética durante o período de queda e evitar o contato com o solo.

Entre esses conectores, cita-se os longes rotineiramente empregados nas missões bombeiro militar com risco de quedas (Figura 1). Esse material, quando possui duas extremidades de diferentes tamanhos, no CBMDF, a maior é chamada de “longe longo” ou “longe maior”, e a outra de “longe curto” ou “longe menor”. Tais equipamentos são também conhecidos como talabartes, encordoamentos ou *lounge* na indústria e na construção civil ou de forma global, por herança da espeleologia, de *lanyards* ou *cow's tails*. (PASSARINHO *et al.*, 2017; ABNT, 2016).

Figura 1 – Modelos de longes confeccionados em diferentes materiais.



Fonte: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/3/1107>

Os longes constituem uma das mais importantes ferramentas para prevenção de acidentes usados por bombeiros nas atividades em altura. Baszczyński (2007) relata que são itens projetados para evitar ou reter a queda, com absorvedores de impacto extras ou não, que conectam o usuário ao sistema de ancoragem.

Long, Lyon e Lyon (2001) são mais detalhistas, e sua definição se aproxima melhor daquilo que é usado nas atividades de salvamento, classificando os longes como cordas curtas usadas para conectar o assento a um ponto seguro, de forma que permita ao operador manter dois ou mais pontos de conexão com a ancoragem. Os autores acrescentam que podem ser confeccionados de cordas ou não, desde que um lado fique preso ao assento e a outra extremidade contenha uma alça com um dispositivo seguro de conexão, como um mosquetão, por exemplo.

Na mesma linha de raciocínio para atividades de resgate, Passarinho *et al.* (2017) descrevem o longe como sendo um item confeccionado em corda ou fita de segurança individual que fica acoplado na cadeira do resgatista permitindo a conexão a outros equipamentos e itens de segurança contra quedas. Podendo ele ser aplicado em uma série de técnicas de salvamento em altura ou em progressões em cordas. Na Figura 2 abaixo é possível visualizar, em cordas vermelhas, os longes maior e menor presos ao assento do bombeiro em treinamento.

Figura 2 – Longe preso ao assento de um bombeiro.



Fonte: O autor

Hoje, o mercado consegue oferecer longes confeccionados de diferentes materiais e em diversos modelos, com adaptações específicas para cada

atividade. A seguir, as figuras ilustram diferentes formas de confecção de um mesmo equipamento.

Figura 3 – Modelos de longes comerciais produzidos em cordas dinâmicas.



Fonte: <https://www.derekbristol.com/cowstails-lanyards>

Observe que na Figura 3, todos os modelos possuem alças nas extremidades costuradas, dispensando a necessidade do nó, reduzindo peso e volume da ponta que se conecta ao mosquetão. No entanto, somente os dois modelos da esquerda apresentam dispositivo capaz de regular o tamanho do longe em uma das pontas.

Figura 4 – Modelos de longes artesanais produzidos em cordas dinâmicas.



Fonte: <https://www.derekbristol.com/cowstails-lanyards>

Na Figura 4 encontram-se 3 modelos de longes confeccionados em cordas dinâmicas e finalizados com o nó pescador dobrado para se unir ao mosquetão ou ao assento de segurança. Assim como na Figura 3, os dois equipamentos da esquerda possuem dispositivos de regulagem do tamanho do longe.

Figura 5 – Modelos de longes comerciais produzidos em cordas ou fitas



Fonte: <https://www.derekbristol.com/cowstails-lanyards>

Já na Figura 5, embora os três modelos sejam comerciais, os dois primeiros da esquerda são confeccionados com fitas, mas possuem dispositivo de alongamento das extremidades para melhor dissipação energética durante a queda.

Visto isso, não há que se definir qual o melhor ou o pior dentre os modelos oferecidos uma vez que é a atividade fim o principal fator a se considerar na hora da escolha. No entanto, para as empresas comercializadoras e órgãos certificadores, Carrión *et al.* (2014) orientam que considerem as variáveis biológicas e mecânicas envolvidas no processo de retenção. Além disso, os valores máximos e mínimos de absorção de energia cinética devem ser bem estudados e constantemente atualizados pelos normativos, tendo por base que a interação correspondente é difícil de avaliar, requerendo estudos experimentais a serem realizados em amostras de tamanho real.

2.3. Normas

O processo de certificação desse material, para que seja autorizada sua comercialização, passa pelo crivo de uma ou mais normas nacionais ou estrangeiras. A Portaria MTE nº 11.347 de 6 de maio de 2020 (BRASIL, 2020), que estabelece os procedimentos e os requisitos técnicos para avaliação de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e emissão, renovação ou alteração de certificado de aprovação, prevê que o longe, ou talabarte como é descrito,

deve obedecer aos ensaios previstos nas Normas Técnicas Brasileiras (NBRs).

Além do que, a mesma portaria passou a vigorar em 2020 obrigando a inclusão de sistemas absorvedores de energia em todos os longes produzidos e comercializados independentemente do tamanho do equipamento. Destoando-se da NBR 15834:2010 (ABNT, 2010b), a qual previa a necessidade de dispositivos absorvedores de energia apenas para longes com comprimentos maiores do que 0,90m.

Outrossim, a NBR 14629:2010 (ABNT, 2010a) descreve que os longes podem ser confeccionados com cordas de fibras sintéticas, fitas, cabos metálicos e correntes, mas é uma norma voltada a ensaios dos absorvedores de energia. Já a NBR 15834:2010 (ABNT, 2010b) é específica para métodos de ensaio, requisitos, manual de instrução e embalagem de longes fixos ou reguláveis. Essa última norma ainda classifica os longes em: simples, quando se trata de um elemento de ligação com dois terminais apenas; duplo, quando possuem dois lances de material de um lado, mas ambos ligados a um único terminal; e regulável quando dotados de um dispositivo de regulagem de tamanho permitindo que seja modificado o comprimento de uma ou mais extremidades, sem que este dispositivo seja usado como terminal de conexão.

Ainda segundo a NBR 15834:2010 (ABNT, 2010b), os longes para serem seguros:

- a) Devem possuir terminações adequadas nos dois extremos do equipamento;
- b) Não devem ultrapassar 2m de comprimento total, sejam eles simples, duplos ou reguláveis, medidos dos pontos de contato dos terminais;
- c) Caso possuam absorvedor de energia integrado, o comprimento máximo de 2m é contado com o absorvedor intacto;
- d) Se produzidos com fibras elásticas, o comprimento máximo de 2m é validado com as fibras esticadas;
- e) Se possuírem dispositivos de regulagem de tamanho, é obrigatório

a presença de batente na extremidade;

- f) Devem ser produzidos por cordas de fibra, fitas e fios de costura sintéticas virgens mono ou multifilamentos.

Spinelli (2006) chama a atenção do usuário para se atentar com a prática indevida de alguns fabricantes quanto aos requisitos indicados pela norma, apresentando laudos de laboratórios ao invés de certificados. Esses laudos podem até servir de fonte interessante de informações do produto, mas não o certificam segundo o autor.

Importante destacar que todos os equipamentos de proteção devem ser submetidos a avaliação compulsória do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO) por meio da modalidade de certificação efetuada por Organismos de Certificação de Produtos (OCP) nacionais creditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e também pelo estabelecido na Portaria MTE 11.347 de 6 de maio de 2020 (BRASIL, 2020).

Contudo, os normativos brasileiros, ao que parece, têm atendido de forma adequada as atividades desenvolvidas pela indústria e construção civil. Entretanto, possuem limitações no que diz respeito às atividades esportivas ou de salvamento. Por isso, nessas últimas duas áreas, é constante o amparo em normas internacionais de consenso para especificação e aquisição de equipamentos (CBPMESP, 2006).

De modo oportuno a Portaria MTE nº 11.347, em seu art. 5º (BRASIL, 2020), deixa acesso também para que sejam comercializados no País os produtos certificados nos padrões americanos pela *American National Standards Institute* (ANSI) ou nos moldes europeus como a *European Standards* (EN) e a *International Organization for Standardization* (ISO).

Sendo assim, pode-se adotar também no Brasil umas das normas mais aceitas internacionalmente quanto a teste de longes, a EN 354:2010 (BSI, 2010). Segundo essa norma, entre outros aspectos, são seguros os longes:

- a) Produzidos com material liso, sem bordas afiadas ou rebarbas que

- possam causar ferimentos;
- b) Produzidos com cordas de fibra ou fitas e com linhas de costura de filamento virgem ou fibras sintéticas multifilamento adequadas.
 - c) Quando tiverem dispositivo de ajuste de tamanho, e não permitirem a mudança no comprimento sem a intenção do operador;
 - d) Que possuem um batente na extremidade do longe impedindo de escorregar completamente por dentro do dispositivo de regulagem;
 - e) Dotados de conectores em conformidade com as normas;
 - f) Que possuem nas extremidades formas de conexão tanto com o operador quando com um ponto de ancoragem;
 - g) Se forem dotados de olhais costurados nas extremidades, e o fio da costura com cor chamativa que permita ao usuário identificar facilmente as falhas;
 - h) Dotados de nós nas extremidades, com um mínimo de 10cm de chicote depois do nó ajustado, e com proteção para evitar desfiar.

Avaliando as normas mais a fundo, é possível perceber a semelhança da utilizada na Europa com o normativo brasileiro. A europeia faz parte de um conjunto de padrões para equipamentos de proteção individual e de proteção contra quedas. Ela traz as características, os requisitos necessários para realização dos testes dos longes, bem como os métodos a serem empregados e até as informações que os fabricantes de modelos comerciais devem apresentar nas embalagens (BSI, 2010).

2.4. Comportamento dos longes em teste dinâmico

Observa-se que tanto a EN 354:2010 (BSI, 2010) quanto a NBR 15834:2010 (ABNT, 2010b) transitam sobre pontos em comum ao descreverem as características essenciais dos longes e dos aparatos de teste. Mas fica a cargo da NBR 14629:2010 (ABNT, 2010a) definir como 6 kN, aproximadamente 612 kgf, a força máxima de impacto que deve atingir o usuário do sistema de

retenção para certificação no Brasil. Para isso, adota como padrão de queda uma massa rígida de 100kg que é solta em queda livre conforme ensaio descrito na mesma norma.

A EN 355:2002 (BSI, 2002) utiliza os mesmos valores para a força máxima de impacto, e acrescenta que o teste pode ser realizado tanto com uma carga quanto com um manequim. Cabe ressaltar que tanto a norma brasileira quanto a europeia são bem alinhadas em diversos aspectos, diferenciando-se em partes pontuais e que não alteram as especificidades dos requisitos.

Já de modo paralelo, a norma americana ANSI Z359.6 (ASSP, 2009), menos aplicável aos equipamentos comercializados no Brasil que a norma europeia de mesma finalidade, relata que na realização dos testes dinâmicos com cargas variando entre 59kg e 140kg, toda energia envolvida durante o teste de queda não pode exceder 8 kN, aproximadamente 816 kgf, e permite que, em caso de necessidade, sejam empregados dispositivos de absorção de impacto certificados para adequação do sistema, principalmente para testes com cargas superiores a 140kg.

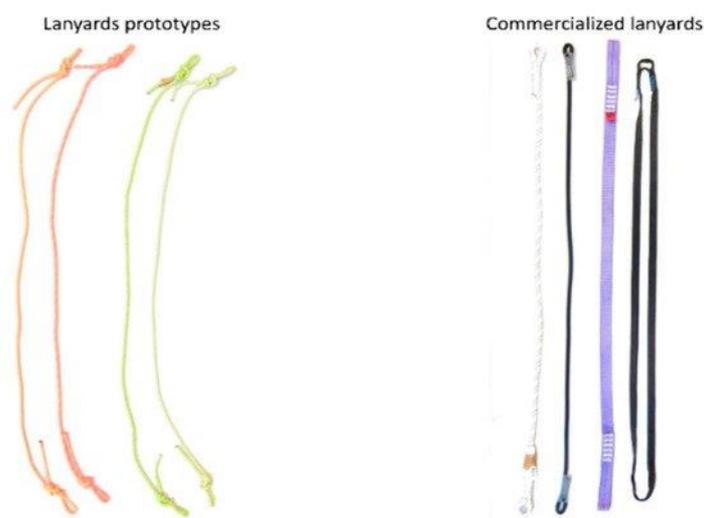
Entretanto, nem mesmo os produtos certificados pelos organismos internacionais mais conceituados estão isentos de falhas. Em um estudo recente voltado a avaliar 10 modelos de longes comercializados internacionalmente e voltados aos setores da indústria e construção civil, Carrión *et al.* (2020) identificaram que algumas das exigências presentes nos normativos podem não estar sendo adotadas pelos fabricantes.

Os mesmos autores relatam que entre todos testados apenas um dos modelos fez uso da capacidade máxima de absorção. O que significa dizer que alguns fabricantes podem estar superdimensionando seu produto. Outros modelos acabam esticando mais do que o declarado. Dois dos modelos não deveriam nem estar no mercado por excederem a força de impacto máxima permitida pela norma, o que pode ocasionar danos sérios à saúde do operador.

Em decorrência do que foi dito, há que se considerar que nem todos os longes empregados nas atividades em altura são certificados, ou se certificados

podem não estar aptos às atividades tão específicas quanto às desempenhadas por bombeiros. Alguns podem até serem substituídos por modelos artesanais confeccionados manualmente com cordas, desde que obedecidos determinados pré-requisitos de segurança. Pomares *et al.* (2020) estudaram protótipos de longes produzidos em cordas dinâmicas com nó de alça na extremidade e compararam com os modelos comerciais de baixa elasticidade produzidos em materiais têxteis, como cordas e fitas (Figura 6).

Figura 6 – Modelos de longes artesanais confeccionados em cordas dinâmicas (esquerda) e longes comerciais (direita).



Fonte: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/3/1107>

No estudo, os autores buscaram averiguar a viabilidade de produzir longes com cordas dinâmicas absorvendo a energia necessária e garantindo uma queda segura ao usuário. Surpreendentemente, os protótipos confeccionados em cordas dinâmicas com nó oito na extremidade apresentaram melhor comportamento do que os modelos comerciais certificados. Os modelos artesanais absorveram melhor a energia do impacto obtendo menores valores de força para a queda e maiores alongamentos para as fibras do material têxtil, explicando assim o melhor comportamento durante a dissipação energética.

Spinelli (2006) complementa essa informação quando relata que estar preso a um cabo de grande resistência não necessariamente implica em segurança, pois ao final da queda, quando o cabo esticar, ele irá cessar abruptamente o movimento e boa parte da força envolvida recairá sobre o corpo

da pessoa podendo ocasionar sérios danos. Portanto, além de resistente a corda tem que ser capaz de amortecer o choque, funcionando como um colchão macio, desacelerando gradativamente de forma a preservar o corpo do operador.

2.5. Cordas, cordeletes e fitas para confecção de longes

As cordas de segurança se dividem basicamente em dois tipos: cordas dinâmicas e cordas semi-estáticas. Mezêncio (2019) relata que as cordas atualmente usadas pelo CBMDF seguem o padrão europeu com certificação EN 1891:1998 (semi-estáticas) ou EN 892:2012 (dinâmicas).

Segundo essas normas as cordas semi-estáticas são classificadas como os cabos produzidos em fibras têxteis com alongamento de no máximo 5% após a aplicação de uma carga de 150kg (BSI, 1998). Elas são indicadas para as atividades de salvamento em altura tendo em vista que permitem uma progressão mais controlada, de forma que o usuário não sofra balanço em virtude da elasticidade da corda durante os trabalhos (PASSARINHO *et al.*, 2017).

Quanto as cordas dinâmicas, elas são projetadas para deter quedas, além do mais, dependendo do diâmetro e do fabricante podem apresentar de 7% a 10% de elasticidade nos testes estáticos, e até 40% nos testes dinâmicos, mas não podem permitir que a força de impacto final seja superior a 12kN sobre o usuário (SPINELLI, 2006; BSI, 2012).

Pela EN 564:2014 (NSAI, 2014), são considerados cordeletes as cordas com diâmetro entre 4mm e 8mm destinadas a suportar forças, mas não a absorver impacto. No CBMDF, os cordeletes em uso variam de 6mm a 8mm de diâmetro e seguem o padrão de construção descrito na mesma norma.

Já as fitas podem ser confeccionadas em poliéster ou poliamida com a finalidade principal de resistência a tração e abrasão, adequadas para superfícies ásperas com quinas não cortantes. Os modelos em atividade no CBMDF compreendem basicamente as fitas tubulares e anéis de fita plana

costurada pelo próprio fabricante. Apesar de suportarem cargas entre 1500kg e 2200kg, são consideradas estáticas e sem o emprego de outros acessórios de absorção de impacto não são ideais como elementos de frenagem (PASSARINHO *et. al*, 2017).

2.6. Fator de queda

Quando se envolve o emprego de cordas com segurança em altura, há que se falar no conceito de fator de queda, o qual pela Norma Regulamentadora número 35 do Ministério do Trabalho e Emprego, publicada por meio da portaria SIT nº 313 de 23 de março de 2012 (BRASIL, 2012, p. 10) é a “razão entre a distância que o trabalhador percorreria na queda e o comprimento do equipamento que irá detê-lo”. Spinelli (2012) relata ser essa uma importante relação que tem influência direta na intensidade do impacto e escreve a mesma afirmação sob o aspecto de equação da seguinte forma:

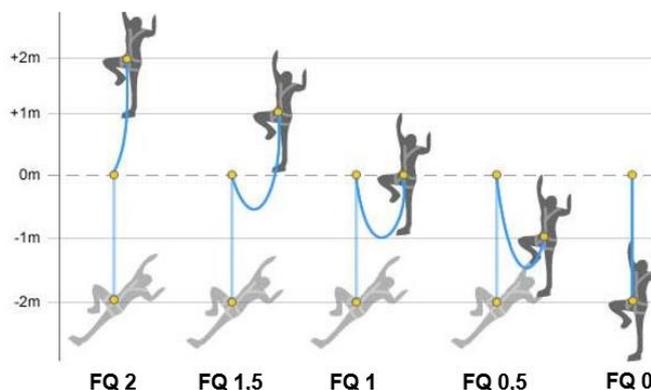
$$\text{Fator de Queda} = \frac{\text{Altura da Queda}}{\text{Comprimento da Corda}}$$

Para facilitar o entendimento, Spinelli (2012) explica que se um colchão é colocado para absorver a queda de 1m de altura sem riscos significativos à saúde da pessoa, para tornar o impacto de uma queda de 10m de altura aceitável, infere-se que seriam necessários 10 colchões com as mesmas características, ou seja, aumentou-se a altura da queda e proporcionalmente a possibilidade de dissipação energética do choque, mantendo-se assim o mesmo fator de queda para ambas situações.

Em termos práticos significa dizer que uma queda de cinco metros com um fator de queda 1 resultará em uma força final de parada muito menor do que uma queda da mesma altura com um fator 2. Assim, sempre que o fator de queda se aproxima de zero, menor é a intensidade do choque sofrida pelo usuário do sistema, o que significa também dizer que a condição é mais segura (COELHO, 2015). Na Figura 7 está ilustrado como cada um dos fatores de quedas mais

comuns estão relacionados com a altura do ponto de ancoragem e a conexão no assento do operador.

Figura 7 – Fatores de quedas de acordo com a diferença de altura em relação a ancoragem



Fonte: Passarinho *et. al.* (2017)

Desta forma, quanto mais longa uma queda, mais o corpo é acelerado pela gravidade e maior é o tempo de ganho energético. Para cessar o movimento, com menor prejuízo, essa energia adquirida deve ser dissipada pela corda ou fita. Isso acontece por conta da fricção interna e alongamento das fibras que fazem parte da constituição do material. Considerando que não há qualquer outro mecanismo de dissipação de energia entre o operador e o ponto de ancoragem, quanto mais corda houver nesse intervalo, maior será a capacidade de dispersão energética e conseqüentemente menor o fator de queda. De modo inverso, cair de grandes alturas e ser retido por pequenos comprimentos de corda conduzem a alto fator de queda (BRITISH MOUNTAINEERING COUNCIL, 2014).

2.7. Força de impacto

É importante não confundir com fator de queda aquilo que é conhecido por força de impacto. Esse último, é definido por Passarinho *et al.* (2017) como a resultante das forças que chegam ao corpo do usuário durante a interrupção do movimento. A NBR 14629:2010 (ABNT, 2010a), apesar de utilizar o termo força de frenagem desde 2010, mantém a mesma ideia e detalha que é a força

máxima medida no ponto da ancoragem durante o período de frenagem da queda. Alguns autores podem ainda utilizar o termo força de choque para se referir ao mesmo conceito (ARAÚJO, [200-?]; CBPMESP, 2006).

Ademais, a norma brasileira estipula que para um corpo caindo a força máxima de frenagem, isso é a força de impacto, não pode exceder 6kN sobre o usuário o que coincide com o descrito no normativo europeu (ABNT, 2010a; BSI, 2002). Já a norma norte americana é um pouco menos rigorosa e limita ao máximo de 8kN para evitar lesões permanentes (POMARES *et. al.*, 2020).

Nesse sentido, enquanto fator de queda nada mais é que uma relação entre a altura da queda e o tamanho da corda que irá absorver o choque, cabe ressaltar que a força de impacto não apresenta relação direta com altura, de tal forma que a queda de 1m pode provocar danos consideráveis à saúde, ao passo que uma queda de 20m pode ser apenas uma brincadeira se utilizados os componentes adequados (SPINELLI, 2012).

Inclusive, quando esses conceitos são aplicados à realidade do bombeiro, Weber (2002) destaca que tão importante quanto saber efetuar um salvamento, é saber as características técnicas do material que é utilizado pelo resgatista. É preciso que ele tenha ideia da força gerada por uma carga em queda sobre uma corda e a mecânica do comportamento do material durante a ação, pois só assim ele conseguirá prever e ajustar às necessidades.

Fato é que os longes ora desenvolvidos para posicionamento, ora para evitar quedas ou o impacto severo com obstáculo por meio da dispersão da energia de queda são adequados para uso como sistema preventivo (SPINELLI, 2015). Por isso, eles devem ser usados em qualquer trabalho envolvendo altura a fim de neutralizar erros operacionais, distrações ou outros tipos de falhas humanas. É importante frisar que a prevenção não se faz somente pelo uso dos equipamentos de proteção, estes são itens complementares. A informação, o treinamento, o conhecimento do material e a rotina de inspeção são importantes aliados nesse processo.

3. METODOLOGIA

Para Prodanov (2013, p. 14), “metodologia é a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observados para construção do conhecimento”. Nesse sentido, os processos em torno da construção deste trabalho são previamente classificados e descritos com base nas propostas de delineamento de pesquisa apresentadas por Gil (2017), assim, é possível desenvolver uma investigação racional e viável do tema.

3.1. Classificação de pesquisa

Por ser um conjunto de etapas e procedimentos, uma pesquisa pode ser classificada segundo diferentes critérios no intuito de apresentar sobre qual foco o trabalho foi desenvolvido.

3.1.1. Classificação quanto à finalidade

Na tentativa de imprimir os meios necessários à busca dos resultados este trabalho é classificado quanto à finalidade em pesquisa aplicada, considerando sua essência para produzir conhecimento voltado ao aproveitamento prático e os consequentes impactos gerados na realidade do bombeiro de salvamento do CBMDF (SILVA; MENEZES, 2005; GIL, 2017).

3.1.2. Classificação quanto aos objetivos

Tomando por base aspectos mais gerais que visam melhorar a familiaridade com o assunto proposto, pode-se classificar essa pesquisa quanto aos objetivos em exploratória (GIL, 2017). Embora seja muito tênue a linha que a separa de uma pesquisa descritiva, aqui as discussões são desenvolvidas baseadas unicamente nos dados obtidos, sem enfoque na descrição detalhada de um, ou vários, fenômenos pela falta de material publicado que relacione a segurança às demais características dos longes para serem empregados na atividade de bombeiro e com os materiais adquiridos pelo CBMDF, mas que, em

pesquisas futuras, poderão surtir na construção de hipóteses a serem confirmadas ou rejeitadas.

3.1.3. Classificação quanto aos procedimentos metodológicos

O procedimento metodológico inicial trata-se de uma pesquisa bibliográfica para verificar a existência de normativos tanto nacionais quanto internacionais que servem de amparo para produção de equipamentos de segurança contra quedas, mesmo que voltados à indústria e construção civil. Segundo Gil (2017), essa fase da produção é importante para colocar o pesquisador dentro do tema investigado e reforçar a base teórica do estudo. Aqui foram investigados os textos de dois normativos: a NBR 14629:2010 (ABNT, 2010a) e a EN 355:2002 (BSI, 2002) a fim de encontrar o que melhor define um longe seguro para trabalho em altura.

Sabe-se que não é possível testar a segurança para todas as formas de confecção de longes utilizadas pelos bombeiros militares do Distrito Federal, portanto, para próxima etapa, considerando as afirmações de Lüdke e André (1986, p.39) de que documentos consistem em uma fonte natural de informação por surgirem em um contexto trazendo informações sobre ele, e ainda que dentro de uma pesquisa exploratória, a abordagem documental pode levantar problemas a serem explorados, foi utilizada a pesquisa documental em manuais disponibilizados no site do CBMDF, nas apostilas dos cursos de especialização em salvamento da corporação e nos registros fotográficos de longes utilizados pelos militares possuidores de especialização em salvamento do CBMDF para definição de quais amostras seriam empregadas.

Feito isso, o procedimento seguinte teve foco no desenvolvimento da pesquisa experimental para estudar as amostras identificadas na pesquisa documental, o que possibilitou aferir a segurança dos longes e avaliar a capacidade do sistema em concordância com o protocolo montado, classificando-os, por suas respostas, em seguro ou não, pelos padrões adotados, para as atividades em altura que são desenvolvidas na corporação.

3.1.4. Classificação quanto à abordagem

Diante do exposto, o trabalho em comento adota à luz da classificação de Gil (2017), uma abordagem de métodos mistos, qualitativa e quantitativa. Na perspectiva de Malhotra (2001 *apud* OLIVEIRA, 2011, p. 26) essa forma de enfoque proporciona tanto uma melhor visão e compreensão do contexto do problema quanto permite quantificar e analisar estatisticamente os dados.

Essas características protocolam nessa pesquisa um primeiro momento de busca por informações e definição de padrões na qual os documentos internos do CBMDF, os pesquisadores e a suas experiências, por estarem inseridos no ambiente de estudo, foram decisivos na escolha dos longes a serem investigadas e na sistematização das normas nacionais e internacionais que se relacionam com o tema (SILVA; MENEZES, 2005).

No segundo momento, já dentro da realidade quantitativa, está a parte experimental do trabalho com a coleta e análise de dados dos testes de quedas. Pretendeu-se nessa etapa, de posse das informações da pesquisa bibliográfica, das amostras escolhidas na pesquisa documental e dos diversos ensaios de quedas avaliar um longe como seguro ou não pelo protocolo definido.

3.2. Procedimentos metodológicos

Antes de avançar é importante detalhar que a pesquisa bibliográfica da forma como é definida por Gil (2017), também foi a metodologia escolhida para identificar quais os padrões de força e definir os parâmetros mínimos necessários a estruturação de um ambiente no qual fosse possível realizar os testes de quedas e obter informações acerca dos longes escolhidos. Assim, embora a NBR 15834:2010 (ABNT, 2010b) seja clara em definir a carga e as dimensões da massa empregada no teste dinâmico de longes para serem comercializados no Brasil, é a NBR 14629:2010 (ABNT, 2010a) onde estão especificados os parâmetros e os procedimentos de ensaio.

Exposto isso, com o objetivo de definir o protocolo de testes dinâmicos dessa pesquisa adotou-se um manequim humano com o mesmo peso de 100kg

estipulado na EN 364:1993 (BSI, 1993), por ser um peso muito aproximado de um bombeiro totalmente equipado para salvamento. No entanto, os parâmetros de centro de gravidade, tamanho dos olhais de conexão e características da superfície não são exatamente os mesmos.

O manequim carga desse projeto possui 1,85m dos pés à cabeça, corpo e membros completos e alguns cintos de carga para atingir o peso alvo, além dos mesmos equipamentos que estão à disposição para serem utilizados pelos bombeiros do CBMDF, tais como, fardamento, capacete, coturnos, cadeirinha de salvamento, longe e mosquetões conforme pode ser visto na Figura 8. Espera-se assim aproximar mais o teste da realidade.

Figura 8 – Manequim de testes com cintos de pesos para atingir a massa alvo.



Fonte: O autor

A preparação do ambiente de testes seguiu adotando no que foi possível o definido pelas normas NBR 15834:2010 (ABNT, 2010b), EN 354:2010 (BSI, 2010) e EN 364:1993 (BSI, 1993), porém ajustando-o à realidade e estrutura do CBMDF. Destaca-se que os principais requisitos da norma, que podem ter influência direta no resultado distorcendo valores do teste e descaracterizando a proposta de estudo foram obedecidos à risca, tais como massa de carga, valor de referência para impacto, distância horizontal entre o ponto de ancoragem e olhal de fixação na cadeirinha de resgate.

O local escolhido para montagem do laboratório foi o vão existente na parte interna entre 5º e o 6º pavimento da Torre Principal, localizada no Centro de Treinamento Operacional, na Área de Treinamento Capitão Bandeira. No teto do 6º pavimento foram criadas ancoragens com chapeletas em “L” de 4mm de espessura, produzidas em aço inox 304 e furo de 12mm capazes, segundo o fabricante USANG®, de suportar 25 kN, para içamento da carga de 100 kg a qual fica presa a um mosquetão de liberação rápida (Figura 9) que permite o início da queda sem acelerar o peso.

Figura 9 – Mosquetão de liberação rápida.



Fonte: O autor

No teto do pavimento imediatamente inferior também foram utilizados os mesmos modelos de chapeletas, porém fixadas com ancoragens químicas de alta resistência da marca Walsywa® e modelo de injeção WQI 44 para suportar o impacto de variados fatores de quedas, e na qual foi afixada o dinamômetro *enforcer LC1* da fabricante Rock Exótica que irá mensurar a força máxima do impacto do sistema. Esse equipamento, visto na Figura 10 a seguir, foi recentemente adquirido pelo CBMDF e com ele é possível registrar e medir alterações de forças em testes de quedas até 20 kN. Ele possui sistema de conexão *bluetooth* integrado que permite transferir os dados e baixar os gráficos direto no aplicativo do equipamento para que sejam analisados posteriormente.

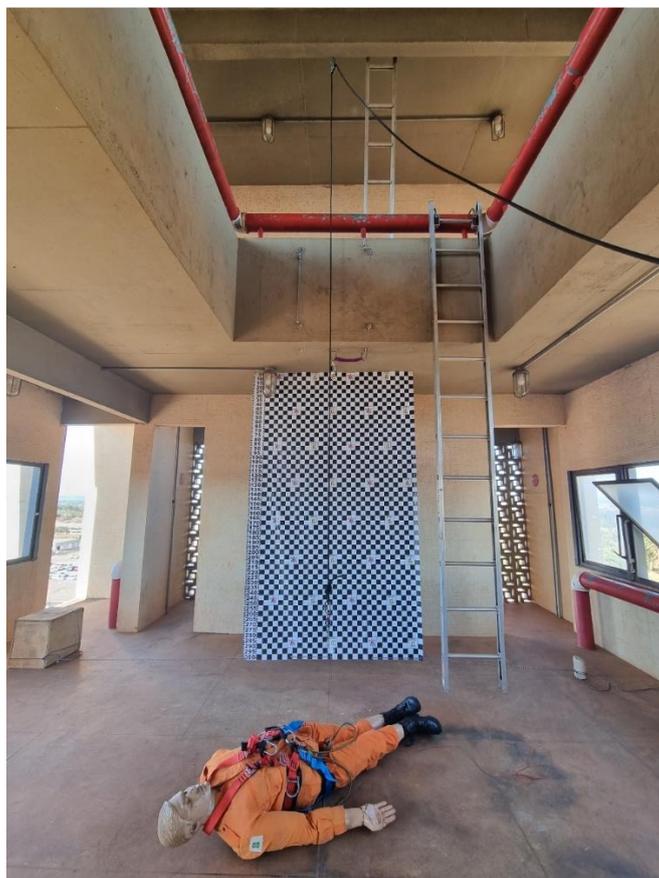
Figura 10 – Dinamômetro utilizado na pesquisa



Fonte: O autor

Além do ponto principal da ancoragem onde foram realizados os testes, optou-se por preparar outros dois pontos com distanciamento de 40cm entre eles, para o caso de falha do ponto principal e para que pudesse ser montado um sistema de segurança do equipamento de medição.

Figura 11 – Estrutura montada para realização dos testes.



Fonte: O autor

No teto do 5º pavimento, logo atrás dos pontos de ancoragem foi estendido um painel de 1,79m de largura por 3m de altura, possuindo quadrados de 5cmx5cm para melhorar a qualidade visual e análise dos testes realizados, como pode ser visto na Figura 11.

No parapeito interno entre o 6º e 5º pavimentos do mesmo local foram preparados ainda 4 pontos de ancoragem nos mesmos moldes de alta resistência dos três citados anteriormente. No entanto, aqui eles foram interligados dois a dois com um cabo de aço de 4mm formando uma espécie de trilho para simulações de queda com fator de impacto maior que 2. No entanto esse tipo de teste está fora dos objetivos deste artigo, mas foi uma ação de oportunidade para construção de um laboratório de testes dinâmicos que servirá de base para trabalhos futuros.

Em obediência a EN 364:1993 (BSI, 1993), na qual consta que a distância horizontal entre o ponto de ancoragem e o ponto de soltura não deve ultrapassar 30cm, neste experimento o valor adotado foi de 27cm. Ainda seguindo os requisitos desta norma, à exceção dos modelos de longes testados e da movimentação natural que a cadeirinha de salvamento realiza no manequim, todos demais itens como mosquetões, chapeletas e cabos de aço não possuem alteração de comprimento que possa influenciar no resultado significativamente.

No que diz respeito ao tamanho dos longes, considerando a altura do pé direito do local de testes de 3m, o descrito por Passarinho *et. al.* (2017) e o modelo de longe comercial comprado pelo CBMDF, o tamanho padrão para os elementos confeccionados com cordas, medido de uma extremidade interna a outra, foi de 60cm desconsiderando o tamanho dos mosquetões e com auxílio de um molde rígido (Figura 12). Todos os nós foram elaborados pelo mesmo operador com aperto manual e um mínimo de 10cm de chicote, à luz de como são produzidos pelos militares da corporação.

Figura 12 – Molde para confecção dos elementos de teste.



Fonte: O autor

Para definição da altura de queda, foi considerado apenas o comprimento do longe, não entrando na soma o espaço ocupado pelo dinamômetro e demais acessórios de conexão do sistema conforme sugere a EN 354:2010 (BSI, 2010). Desta forma, para o fator queda igual a 1 a altura das duas extremidades do longe era igualada antes da liberação da carga. Já para o fator de queda 2 o manequim era içado até que as duas extremidades do longe ficassem o mais distante possível uma da outra sem movimentar o sistema de mensuração da força.

Considerando que a EN 1891:1998 (BSI, 1998) e a EN 892:2012 (BSI, 2012) exigem que para uma corda ser considerada segura ao trabalho em altura ela deve suportar um mínimo de 5 quedas com uma carga de 100kg, adotou-se no protocolo aqui desenvolvido 5 quedas consecutivas com intervalo aproximado de 5 minutos entre uma e outra sem desfazer o nó em cada longe testado.

De modo geral, cada um dos elementos foi içado ao ponto desejado por um sistema 5x1 com antirretorno e solto sob efeito apenas da aceleração da gravidade até que o longe fosse completamente esticado permitindo a tração do dinamômetro que mensurou a força de impacto sofrida pelo manequim durante a frenagem. Após finalizado o movimento, o tamanho do longe era mensurado e, se necessário, o procedimento repetido. A Figura 13 mostra o momento inicial e final de um dos testes realizados.

Figura 13 – Momento inicial (esquerda) e final (direita) do experimento de aferição da força de impacto.



Fonte: O autor

3.3. Universo e amostra

Considerando a quantidade de variáveis que podem ser alteradas na constituição dos longes, torna-se inviável utilizar todos os modelos para os equipamentos existentes comercial ou artesanalmente produzidos. A simples modificação do nó utilizado, composição e tamanho do longe já pode alterar o resultado do teste, e ressaltam a característica não probabilística da amostra desse estudo, pois os dados levantados não podem ser generalizados de qualquer forma.

Nesse sentido, o universo dessa pesquisa é de difícil mensuração, mas a amostra estudada é composta por 13 elementos diferentes que foram definidos considerando a disponibilidade do material para experimento destrutivo e as limitações do laboratório de testes somadas a pelo menos um dos seguintes critérios:

- a) Modelo descrito por Araújo ([200-?]) no Manual de Instruções Técnico Profissional para Bombeiros adotado pelo CBMDF;
- b) Presença do modelo na apostila de equipamentos utilizada pelo Curso de Especialização em Salvamento em Altura do CBMDF e desenvolvida por Passarinho *et. al.* (2017);
- c) Equipamento comprado pelo CBMDF e distribuído para operações de salvamento;
- d) Registros fotográficos arquivados pelos autores deste artigo.

Da escolha, pode-se ainda subdividir a amostra em três grupos. No primeiro sendo agrupados os 7 longes produzidos em cordas dinâmicas com nó 8, botão duplo ou triplo com ou sem regulador de tamanho. No segundo, estão organizados os 3 elementos confeccionados com cordas semi-estáticas e nó 8, e no terceiro os 3 longes produzidos em fitas estáticas e nó boca de lobo com ou sem absorvedor de impacto. Todos esses elementos estão caracterizados na Tabela 1 seguinte:

Tabela 1 – Dados dos elementos da amostra.

Grupo	Elemento	Nó	Tipo	Diâmetro (mm)	Tamanho (cm)	Regulador de tamanho
1	1	Nó oito	Dinâmica	10,2	60	Não
	2	Nó oito	Dinâmica	11	60	Não
	3	Nó oito	Dinâmica	8,6	60	Não
	4	Nó oito	Dinâmica	11	60	Metálico
	5	Nó oito	Dinâmica	11	60	Cordelete
	6	Botão duplo	Dinâmica	11	60	Não
	7	Botão triplo	Dinâmica	11	60	Não
2	8	Nó oito	Semi-estática	11	60	Não
	9	Nó oito	Semi-estática	8	60	Não
	10	Nó oito	Semi-estática	6	60	Não
3	11	Boca de lobo	Estática (com absorvedor de impacto)	16	65	Não
	12	Boca de lobo	Estática	19	75	Não
	13	Boca de lobo	Estática	26	65	Não

Fonte: O autor

A exceção do elemento 13 indicado na Tabela 1, que possui poliéster como material de fabricação, todos os outros são produzidos com fibras de poliamida. As cordas dos elementos 2 a 8 e 10, bem como a fita tubular do elemento 13 são da fabricante francesa Cousin Trestec, enquanto a corda do elemento 9 é da fabricante Gleistein e do elemento 1 da marca Beal.

O elemento 11 trata-se de um longe produzido em fita com sistema de descostura consecutiva para redução do fator de impacto conhecido por *ypsilon* da fabricante Climbing Technology adquirido pelo CBMDF por licitação. E o elemento 12 da fabricante Lambin Ravau é confeccionado com anel de fita costurada distribuído também pela corporação às suas unidades. Todos esses longes podem ser visualizados na Figura 14 mantendo-se a codificação dada pela Tabela 1.

Figura 14 – Longes testados e numerados de acordo com a Tabela 1.



Fonte: O autor

Observe ainda na Figura 14 que dois dos elementos possuem dispositivos de regulagem de tamanho. Para o elemento 4 foi empregado um dispositivo de regulagem de tamanho da fabricante Xinda®, modelo H-Q9730 produzido em duralumínio. Já no de número 5 foi empregado um cordelete de 6mm da Cousin

Trestec com nó *prussik* em 6 voltas como ajustador de comprimento. Ambos foram ainda marcados conforme ilustrado na Figura 15, a fim de que pudessem ser avaliados algum escorregamento da corda naquele local.

Figura 15 – Destaque da marcação nos longes com comprimento ajustável.



Fonte: O autor

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados quantitativos aqui apresentados foram coletados com base no protocolo de testes descrito em detalhes na seção anterior. Para avaliar quais modelos de longes são seguros às atividades de salvamento em altura desenvolvidas pelo CBMDF foram realizados um total de 72 experimentos dos quais 56 foram executados em fator de queda 1 e 16 com fator de queda 2. Sendo ainda, 51 experimentos com cordas dinâmicas, 12 com cordas semi-estáticas e 9 com fitas estáticas. As características construtivas de cada um dos elementos podem ser obtidas na Tabela 1.

4.1. Testes realizados com cordas dinâmicas

Na Tabela 2 a seguir estão descritos os valores das forças de impactos durante cada uma das quedas de fator 1 com cordas dinâmicas.

Tabela 2 – Força de impacto obtida nos testes de fator de queda 1 com cordas dinâmicas caracterizadas na Tabela 1.

Elemento	1ª queda (kgf)	2ª queda (kgf)	3ª queda (kgf)	4ª queda (kgf)	5ª queda (kgf)
1	426	458	642	682	700
2	440	577	660	680	708
3	468	662	752	800	844
4	554	666	726	728	754
5	478	652	664	696	698
6	476	662	760	780	784
7	436	606	692	738	760

Fonte: O autor

Observa-se que na primeira queda todos os elementos obtiveram valores abaixo dos 612kgf indicado pela NBR 14629:2010 (ABNT, 2010a) e EN 355:2002 (BSI, 2002) que serviram de base para confecção do protocolo de teste dinâmico desde trabalho. Com destaque para o longe confeccionado com a corda de 10.2mm e nó 8 na extremidade (elemento 1) e os longes confeccionados em cordas de 11mm com nó botão triplo (elemento 7) e nó oito (elemento 2) que indicaram os menores fatores de impacto ao corpo do manequim.

Na segunda queda, sem desfazer os nós, os longes 1, 2 e 7 se mantiveram dentro dos limites normativos para força de impacto. Interessante observar que, dentre esses, o longe número 7 com nó botão triplo, apesar do bom resultado demonstrado na primeira queda foi o que apresentou maior salto na força, mas ainda mantendo no segundo teste o valor um pouco abaixo do máximo permitido. Da terceira queda em diante, 100% dos longes confeccionados artesanalmente com cordas dinâmicas trouxeram resultados acima dos limites máximos indicados na norma adotada.

É perceptível ainda pela Tabela 2 que existe uma tendência em todos os modelos testados de aumentar o fator de impacto a cada queda sofrida, mas dentro dos parâmetros empregados todos os modelos suportaram as 5 quedas indicadas na metodologia. O longe número 5 foi o único a exibir forte tensão sobre a capa da corda no ponto de agarra do nó *prussik*, e mesmo assim não houve qualquer dano visível ao material em inspeção realizada após a 5ª queda. A maior força de impacto foi identificada com o longe dinâmico de menor diâmetro testado (elemento 3), chegando a 844kgf, o que é muito acima do valor de 571kgf indicado como máximo para este material pela fabricante Cousin Trestec.

Tabela 3 – Comprimento dos longes confeccionados com cordas dinâmicas antes e depois de cada experimento com fator de queda 1.

Elemento	inicial (cm)	1ª queda (cm)	2ª queda (cm)	3ª queda (cm)	4ª queda (cm)	5ª queda (cm)
1	60	94	103	106	108	110
2	60	95	98	101	102	103
3	60	103	109	111	113	114
4 ⁽¹⁾	60	81	84	85	86	88
5 ⁽¹⁾	60	106	110	116	119	120
6	60	102	107	110	111	111
7	60	101	108	111	113	115

Fonte: O autor

Notas: Não foram feitos reajustes entre uma queda e outra.

(1) Os valores apresentados após cada uma das quedas para esses elementos estão somados à quantidade de corda que deslizou dentro do dispositivo de regulagem de tamanho.

Na Tabela 3, estão organizados os dados de comprimentos iniciais e finais de cada um dos elementos testados em fator de queda 1. Quando se analisa em paralelo essas informações é possível identificar um grande aumento após o término da primeira queda principalmente devido ao tensionamento do nó, o que pode ser relacionado ainda com os resultados mais baixos para as forças de impacto neste experimento, com indicativo da importância dos nós na distribuição energética das forças envolvidas além da elasticidade da corda.

Os dois longes dotados de dispositivos de regulagem de tamanho apresentaram incremento de 21cm no elemento 4 e 46cm no elemento 5. O emprego do dispositivo metálico de regulagem garantiu pouco deslize da corda na frenagem e ainda manteve a força de impacto dentro dos limites esperados. Já o uso de cordelete de 6mm semi-estático acabou permitindo maior escorregamento e este longe chegou a dobrar de tamanho após a 5ª queda, mas com tamanho ainda bem inferior ao máximo de 2m para um longe intacto indicado na EN 354:2010 (BSI, 2010). Os valores de escorregamento da corda desses dois dispositivos estão indicados na Tabela 4.

Tabela 4 – Deslizamento da corda nos longes com dispositivo de regulagem de tamanho após cada uma das quedas de fator 1.

Elemento	1ª queda (cm)	2ª queda (cm)	3ª queda (cm)	4ª queda (cm)	5ª queda (cm)
4	0	0,8	0	0,5	1,2
5	3,5	2,1	1,9	0,3	0,6

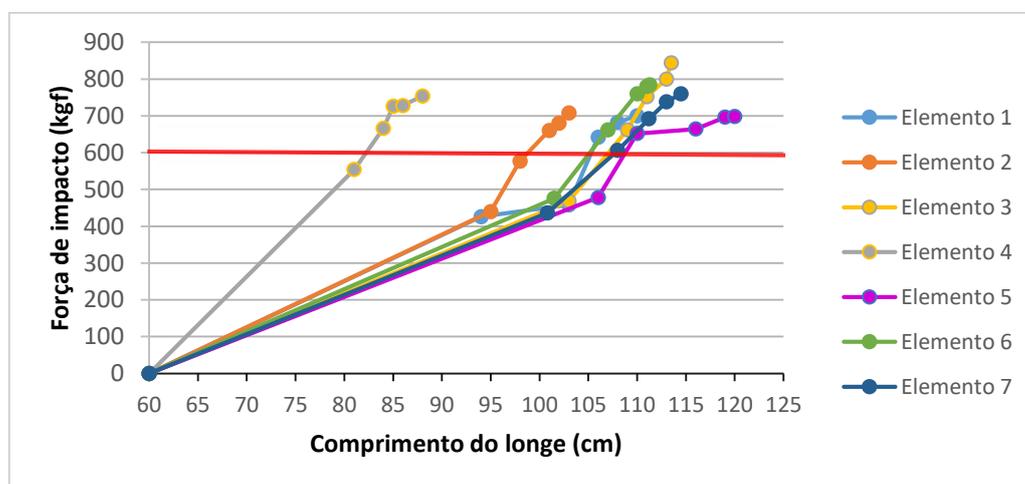
Fonte: O autor

Comparando ao comprimento final após cada experimento, pode se inferir que o escorregamento da corda não afetou de maneira significativa a segurança dos equipamentos, mas provavelmente teve influência da absorção do impacto e conseqüentemente no valor indicado das forças. Há que se ressaltar, que o elemento 4 não apresentou escorregamento de corda na primeira queda pelo dispositivo de regulagem, conforme exige a EN 354:2010, e também foi o de menor extensão do longe no mesmo teste, porém dentre todos os elementos com cordas dinâmicas ele foi o que transferiu maior força de impacto ao manequim no primeiro experimento.

Pomares *et. al.* (2020) já haviam ressaltado algumas características dos longes confeccionados com nó de alça. E da mesma forma que os autores, os dados aqui coletados mostraram influência dos nós escolhidos tanto no comprimento do equipamento quando na distribuição das forças. Observe na Tabela 1 que os elementos 2, 6 e 7 diferenciam-se apenas pelo tipo de nó em sua extremidade. Na Tabela 2 os valores de impacto para esses mesmos longes apesar de próximos é possível perceber que quando o nó gasta mais corda na sua confecção a variação na força após cada experimento é mais sutil, talvez pelo fato de que o nó também demora um pouco mais para encontrar sua pressão final distribuindo melhor a energia do movimento.

Quanto ao comprimento, de acordo com que o nó vai sendo tensionado a distância entre os nós também vai aumentando e alongando o longe para o experimento seguinte. Apesar de o fator de queda manter-se igual a 1 em todos os experimentos como se propõe esta pesquisa, a altura da queda acaba não sendo a mesma e a corda por já estar esticada não se movimenta como na 1ª queda. Ademais, usar o mesmo material em testes consecutivos neste trabalho tem como objetivo verificar apenas se ele suporta os cinco impactos indicados na EN 892:2012 (BSI, 2012) e, em caso positivo, se conseguem atender os limites de força da NBR 14629:2010 (ABNT, 2010a). Como ato secundário pôde-se avaliar o comprimento de cada elemento da segunda queda em diante.

Gráfico 1 – Relação entre a força de impacto e o comprimento do longe com cordas dinâmicas após quedas de fator 1.



Fonte: O autor

No Gráfico 1, é possível identificar como todos os longes produzidos com cordas dinâmicas possuem pelo menos um teste com valores para força de impacto abaixo do limite de 612kgf estipulado na norma adotada.

Fato é que os 7 longes testados com cordas dinâmicas sejam eles com dispositivos de regulagem de tamanho ou não e com os três tipos de nós utilizados se mostraram seguros para a primeira queda de fator 1 com cargas de até 100kg, tanto no quesito absorção de força de impacto quanto nos quesitos segurança contra rompimento da corda e tamanho final do longe menor que 2m.

Por estarem aprovados para o primeiro fator de queda, 6 dos 7 elementos foram submetidos aos experimentos de fator de queda 2. O único modelo produzido com corda dinâmica que não foi testado nesse novo fator foi o elemento 1, produzido com a corda dinâmica da Beal de 10,2mm, pois não havia mais desta corda em condições de realizar o procedimento, garantindo que os resultados pudessem ser considerados válidos.

No entanto, a falta desse item não enfraquece a análise do trabalho haja vista terem sido testados em fator de queda 2 um elemento com diâmetro menor (elemento 2) e outro com diâmetro maior (elemento 3) do que o elemento 1 que foi confeccionado com a corda dinâmica de 10,2mm. Assim, os dados levantados com os experimentos em fator de queda 2 estão reservados na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5 – Força de impacto obtida nos testes de fator de queda 2 com cordas dinâmicas caracterizadas na Tabela 1 e consideradas seguras para quedas de fator 1.

Elemento	1ª queda (kgf)	2ª queda (kgf)	3ª queda (kgf)	4ª queda (kgf)	5ª queda (kgf)
2	609	826	-	-	-
3	606	742	-	-	-
4	686	884	964	980	-
5	588	776	-	-	-
6	604	808	882	-	-
7	580	826	-	-	-

Fonte: O autor

Observe na Tabela 5 que nenhum dos elementos foi testado em uma 5ª queda, bem como para outros não foram captados os dados da 3ª ou 4ª quedas uma vez que devido a elasticidade da corda o manequim tocou o solo invalidando a força de impacto obtida no dinamômetro. Nesse caso, o estudo cessou a coleta de dados da sequência por não existir altura suficiente no ambiente montado.

Da análise, o melhor resultado foi obtido para o elemento 7, confeccionado com a corda dinâmica de 11mm e nó botão triplo, que apresentou valor de 580kgf na primeira queda. O elemento 6, diferencia-se dele apenas pelo nó, pois foi adotado o botão duplo e nesse caso a força de impacto obtida foi de 604kgf, o que é um forte indicativo da participação do nó na absorção da energia de queda. Ambos os valores abaixo dos 612kgf indicados pela NBR 14629:2010 (ABNT, 2010a) e EN 355:2002 (BSI, 2002) tornam os dois elementos seguros para as missões de bombeiro que envolvem quedas de fator até 2.

De todos os elementos experimentados na Tabela 5, apenas o elemento 4 apresentou valor acima do exigido na norma já na primeira queda. O valor de 686kgf desclassifica esse item para emprego nas atividades com risco de queda fator 2, muito embora ele ainda seja considerado seguro para emprego naquelas atividades de salvamento nas quais o risco máximo de queda é de fator 1.

O valor de 588kgf obtido com o elemento 5, dotado de nó *prussik* como dispositivo de regulagem, garantiu uma força de impacto dentro do estabelecido nos normativos mesmo no fator de queda 2, no entanto, é importante considerar que na avaliação visual realizada após cada queda, percebeu-se que no ponto de pressão do cordelete com a capa da corda dinâmica houve formação de pontos de cristalização por atrito devido ao escorregamento de 7cm do nó *prussik* na primeira queda. O detalhe do dano pode ser percebido na Figura 16 a seguir.

Figura 16 – Detalhe da capa da corda cristalizada após teste de queda com fator 2 realizado no elemento 5.



Fonte: O autor

Apesar do aviso, cabe relatar que o elemento 5 se mostrou seguro para testes de queda fator 2, com a observação de que o longe deve ser descartado após uma queda. Na execução da segunda queda, muito embora fosse esperado o rompimento da capa, o fato não aconteceu. E por limitação da estrutura não foi possível realizar os 5 testes. Desta forma, dos dois modelos com dispositivo de regulagem de tamanho apenas o elemento 4 não se mostrou seguro para quedas com fator maior que 1, por isso o seu uso como elemento retentor de quedas deve ser limitado.

Da análise do comprimento de cada um dos longes testados em fator de queda 2, montou-se a Tabela 6 na qual é possível perceber a ausência de alguns dados em função da limitação de altura do laboratório. Ainda assim é possível perceber que mesmo as 5 amostras consideradas seguras para fator de queda 2 (elementos 2, 3, 5, 6 e 7) já na primeira queda aumentaram cerca de 70% a 80% do seu tamanho inicial.

Tabela 6 – Comprimento dos longes confeccionados com cordas dinâmicas antes e depois de cada experimento em fator de queda 2.

Elemento	inicial (cm)	1ª queda (cm)	2ª queda (cm)	3ª queda (cm)	4ª queda (cm)	5ª queda (cm)
2	60	103	108	-	-	-
3	60	109	116	-	-	-
4 ⁽¹⁾	60	91	94	97	99	-
5 ⁽¹⁾	60	107	114	-	-	-
6	60	108	114	115	-	-
7	60	109	113	-	-	-

Fonte: O autor

Notas: Não foram feitos reajustes entre uma queda e outra.

(1) Os valores apresentados após cada uma das quedas para esses elementos estão somados à quantidade de corda que deslizou dentro do dispositivo de regulagem de tamanho.

Acrescenta-se que na 5ª queda do elemento 4, muito embora ele já havia sido considerado inseguro na primeira queda, houve rompimento da capa no exato ponto de pressão entre o dispositivo de regulagem de tamanho e a corda. Esses dados não foram incluídos nas Tabela 5 e Tabela 6 pelo fato de o manequim ter tocado o solo com elasticidade do movimento e invalidado o teste. A Figura 17 detalha o dano causado pelo dispositivo de regulagem ao longe.

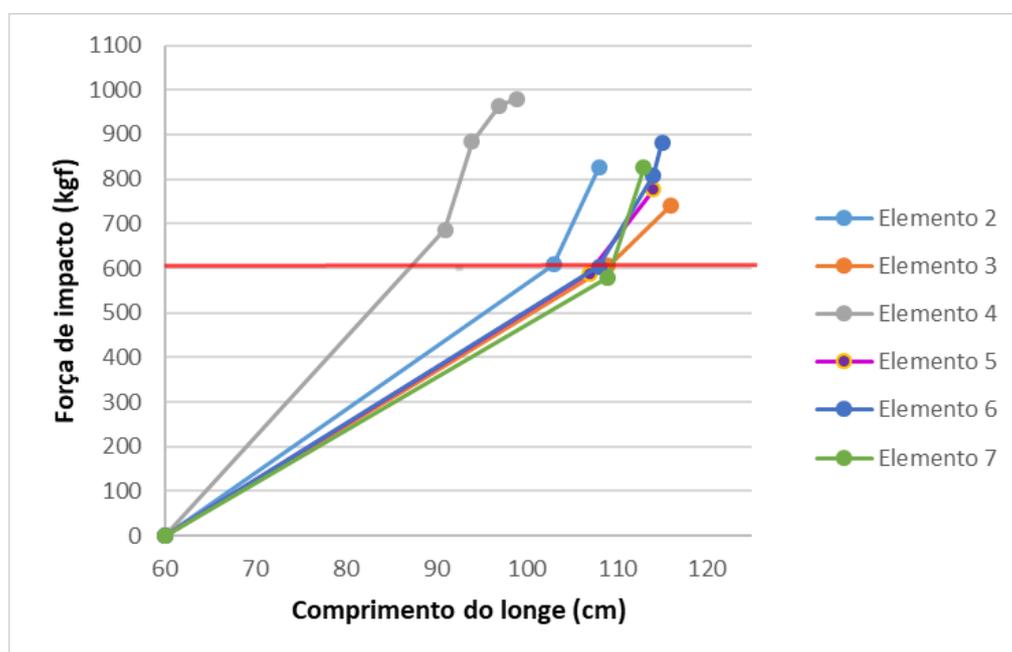
Figura 17 – Detalhe da capa do elemento 4 durante teste de queda fator 2.



Fonte: O autor

No Gráfico 2 logo adiante é possível perceber a relação entre a absorção do impacto para os longes submetidos ao fator de queda 2 e o seu comprimento. De todos os elementos testados apenas 1 não indicou nenhum ponto abaixo da linha dos 612kgf considerados seguros pela norma. Todos os outros 5 elementos apesar de muito próximos do limite máximo podem ser considerados seguros para as atividades de bombeiro em fator de queda 2.

Gráfico 2 – Relação entre a força de impacto e o comprimento dos longes com cordas dinâmicas submetidos ao fator de queda 2.



Fonte: O autor

É de se atentar ainda que o único reprovado no teste foi aquele que apresentou o menor comprimento. Isso pelo fato do dispositivo de regulagem de tamanho não ter permitido o deslizamento da corda na frenagem, uma vez que foi produzido também com esse propósito, outrossim, possui apenas um nó para ajuste e dissipação energética provocado pelo movimento de queda, enquanto todos os outros possuem um em cada extremidade.

4.2. Testes realizados com cordas semi-estáticas.

Neste grupo foram avaliados os longes produzidos com cordas semi-estáticas de diâmetros diferentes. Também foi mantido fator de queda igual a 1

em todos os testes e os elementos numerados por 8, 9 e 10 estão caracterizados na Tabela 1. Na Tabela 7 abaixo estão apresentados os valores das forças de impacto para cada um dos elementos citados.

Tabela 7 – Força de impacto obtida em cada teste de fator de queda 1 com cordas semi-estáticas.

Elemento	1ª queda (kgf)	2ª queda (kgf)	3ª queda (kgf)	4ª queda (kgf)	5ª queda (kgf)
8	632	829	874	884	921
9	616	828	882	918	950
10	634	720	-	-	-

Fonte: O autor

Percebe-se na Tabela 7 que o elemento 10 confeccionado com corda de 6mm não apresenta valores do terceiro impacto em diante, uma vez que se rompeu durante a realização da segunda queda ao atingir a força de 720kgf. Embora o valor indicado de ruptura do material pela fabricante seja de aproximadamente 918kgf, Mezêncio (2019) relatou que a simples confecção de um nó 8 pode reduzir a resistência da corda em cerca de 29,6%, o que provocaria o rompimento por volta de 646kgf. Valor este muito próximo do encontrado já na primeira queda. Mostrando-se nesse caso que esse material não é seguro para o emprego como longe, e pode expor o usuário a acidente grave.

O longe de número 8 foi produzido com a corda mais resistente entre todas os elementos testados (corda de 11mm semi-estática), capaz de suportar cargas de até 3290kg. No entanto, apesar de todas as forças de impacto chegarem a no máximo 28% desse valor, esse longe não apresenta as características de distribuição das forças adequadas ao trabalho em altura o que pode ser visto pela força de 632kgf já no primeiro impacto, acima dos 612kgf descritos na norma. Dados esses que complementam as informações levantadas por Spinelli (2006) de que alta resistência não está intimamente ligada a segurança quando se trata de cordas, pois ao final da queda, quando a corda estica, o movimento é cessado abruptamente e a energia é transferida diretamente ao assento do resgatista.

O elemento 9, confeccionado com a corda de 8mm semi-estática, apesar de apresentar o melhor resultado para frenagem após a primeira queda dos três que pertencem ao mesmo grupo, ainda assim não é seguro para trabalho em altura, haja vista estar acima dos limites da norma. E era de se esperar, como relatado por Mezêncio (2019), que todos os longes confeccionados com cordas semi-estáticas obtivessem pouca variação do seu comprimento em relação aos longes de cordas dinâmicas apesar do emprego dos mesmos nós.

Os valores de comprimento desse grupo estão organizados na Tabela 8 e podem ser relacionados por oportunidade com os dados apresentados na Tabela 7 para avaliar a influência do nó na absorção do impacto em testes dinâmicos.

Tabela 8 – Comprimento inicial e final após cada uma das quedas de fator 1 para os longes com cordas semi-estáticas.

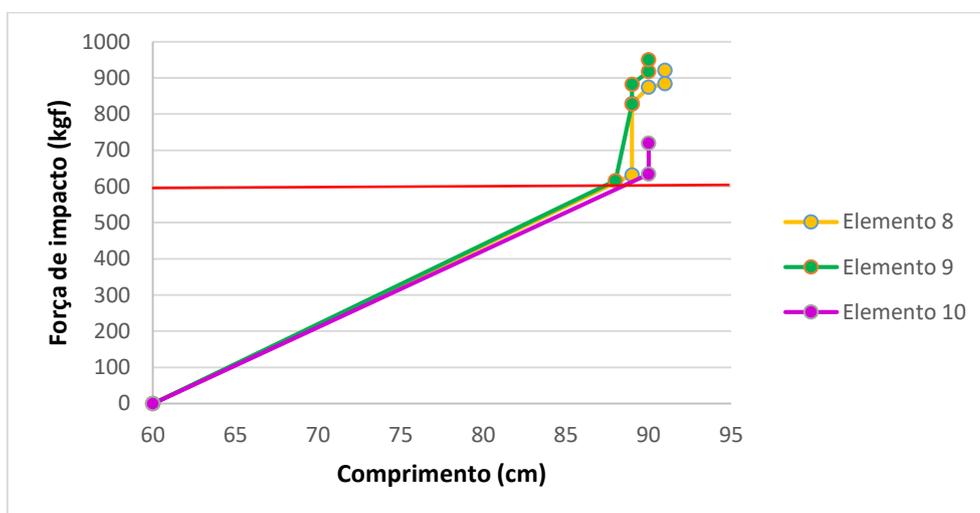
Elemento	inicial (cm)	1ª queda (cm)	2ª queda (cm)	3ª queda (cm)	4ª queda (cm)	5ª queda (cm)
8	60	89	89	90	91	91
9	60	88	89	89	90	90
10	60	90	-	-	-	-

Fonte: O autor

Observe que na primeira queda houve um aumento entre 28cm e 30cm no comprimento do longe. Como a EN 1891:1998 (BSI, 1998), a qual todos os modelos testados são submetidos, exige um alongamento máximo para cordas semi-estáticas de 5% quando empregada uma carga de 150kg, considerando o extremo da situação, apenas 3 cm do tamanho do longe são devido a características da corda, todo o restante é devido ao ajuste do nó 8 utilizado nas pontas do elemento.

Da segunda queda em diante, já não existe a mesma margem para ajuste do nó e dissipação da energia. Por isso é perceptível o salto de aproximadamente 200kgf para os elementos 8 e 9 e o rompimento do elemento 10.

Gráfico 3 – Relação entre a força de impacto e o comprimento do longe com cordas semi-estáticas nos testes de fator de queda 1.



Fonte: O autor

O Gráfico 3 acima ressalta a inclinação brusca após ajuste dos nós na primeira queda além de advertir que mesmo no primeiro experimento todos os elementos estão acima da linha de 612kgf indicados pelos normativos para força de impacto. E desta forma, nenhum dos elementos testados reúne as condições mínimas para serem considerados seguros para atividade em altura desempenhada pelo bombeiro.

4.3. Testes realizados com fitas

Foram separados e testados três modelos de fitas denominadas por elementos 11, 12 e 13 na Tabela 1. Neste grupo todos os longes foram submetidos também ao fator de queda 1 e os dados obtidos estão catalogados na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Força de impacto obtida em cada teste de fator de queda 1 com fitas.

Elemento	1ª queda (kgf)	2ª queda (kgf)	3ª queda (kgf)	4ª queda (kgf)	5ª queda (kgf)
11	756	-	-	-	-
12	870	956	972	926	952
13	900	1136	1152	-	-

Fonte: O autor

O longe de uso comercial indicado como elemento 11 (*ypsilon*) não apresenta valores da segunda queda em diante, pois foi desenvolvido para estender soltando sua costura interna quando a força de impacto ultrapassar 612kgf atuando em um processo de frenagem até sua parada total, e por assim ter acontecido o equipamento tornou-se inutilizado não permitindo a realização de novas quedas. Já o elemento 13 não obteve valores para 4ª e 5ª quedas por ter rompido durante a realização do terceiro experimento.

Os valores menores de força para as quedas 4 e 5 do elemento 12, quando comparados aos três primeiros experimentos, não eram esperados diante do que os demais testes vinham levantando. No entanto, pode ser consequência de algum desalinhamento operacional não identificado ou por se tratar de uma fita plana bastante resistente, porém de baixa absorção de impacto, toda a força da frenagem ao ser transferida para o assento de resgate do manequim pode ter se rearranjado no corpo do boneco de formas diferentes em cada uma das quedas.

Nenhuma das fitas apresentou forças de impacto menores que 612kgf na primeira queda. Até mesmo o *ypsilon* (elemento 11), de uso comercial e distribuído para uso do bombeiro no CBMDF, apesar de ter sido o de melhor desempenho entre as fitas testadas não obteve valores inferiores aos de referência. Cabe advertir que no manual de instruções de uso do material, a fabricante não proíbe o uso para atividades com risco de queda em fatores igual a 1, ela garante adequação às normas para fator de queda menor que 1, quando o ponto de ancoragem está acima do ponto de conexão do resgatista, e proíbe apenas para fatores de queda maiores ou iguais a 2, quando o ponto de ancoragem está abaixo.

Passarinho *et. al.* (2017) ressaltam que as fitas são elementos resistentes, flexíveis e estáticas e por isso não apresentam grande participação na absorção do choque. Bem como não apresentam alongamento para dispersão da carga como visto na análise da Tabela 10 dos dados de comprimento de cada elemento após as quedas.

Tabela 10 – Comprimento inicial e após as quedas de fator 1 dos longes feitos com fitas.

Elemento	inicial (cm)	1ª queda (cm)	2ª queda (cm)	3ª queda (cm)	4ª queda (cm)	5ª queda (cm)
11	65	94	-	-	-	-
12	75	75	75	75	75	75
13	65	66	66	-	-	-

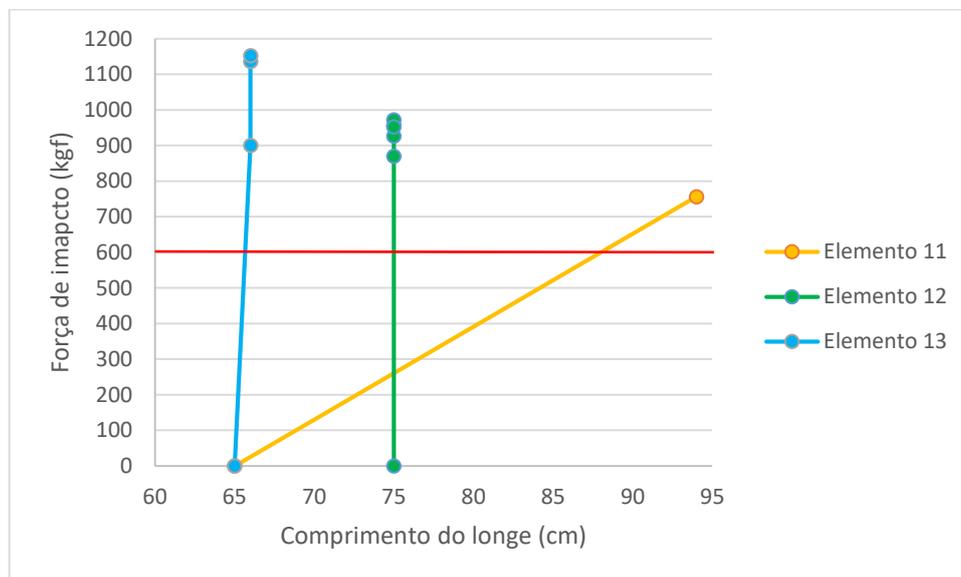
Fonte: O autor

O *ypsilon* (elemento 11) apesar de ter rompido durante a primeira queda e não ser possível realizar as demais, pôde ter seu tamanho mensurado por destruir apenas a parte de absorção do choque. A parte de retenção externa do material permaneceu intacta. O mesmo não foi possível de fazer com o longe 13 que se rompeu durante a execução do terceiro experimento ao atingir a força de 1152kgf soltando o boneco para impacto com o solo.

O elemento 13 de fita tubular além de ter as extremidades unidas por um nó de fita, foi ainda preso ao mosquetão e ao assento do manequim por meio do nó boca de lobo que durante a primeira queda pode ter sofrido pequeno ajuste na pressão ocasionando o aumentado em aproximadamente 1cm no tamanho do longe. Da mesma forma, o elemento 12 com anel de fita costurada foi preso ao assento por um nó boca de lobo, mas não precisou de nó para unir as extremidades e assim manteve-se o mesmo comprimento inicial e final.

Veja no Gráfico 4 como se comportaram de forma bem ascendente os longes durante a sequência de testes efetuada. Lembrando que por se tratar de material estático, quanto maior a inclinação ascendente, menor é a absorção de impacto por meio dos mecanismos de ajuste do nó e alongamento das fibras têxteis e distensão permanente do material.

Gráfico 4 – Relação entre a força de impacto e o comprimento dos longes de fitas após quedas de fator 1.



Fonte: O autor

Nesse sentido, os três elementos desse grupo não são considerados seguros aos trabalhos com altura. Todos logo na primeira queda já ultrapassam a linha dos 612kgf de segurança. Com destaque negativo para longe de número 13 produzido com fita tubular que conduziu ao corpo do manequim uma carga acima de 1 tonelada em força, por meio da queda de aproximadamente 66cm.

Em síntese, os experimentos mostraram que dos 13 elementos testados apenas 7 deles obtiveram valores abaixo de 612kgf, não se romperam durante as cinco quedas consecutivas e ainda passaram na inspeção visual à luz dos requisitos da NBR14629:2010, NBR 15834:2010 e EN 354:2010, discutidos na subseção 2.3, após conclusão dos testes. Da terceira queda em diante nenhum dos longes apresentou forças abaixo do limite máximo indicado pelas normas.

O longe *ypsilon* (elemento 11) comprado pela corporação, mostrou-se inadequado para atividades de bombeiro que propiciam manejo em ambientes não necessariamente planejados para trabalho em altura. Ao encontro das discussões de Carrion *et. al.* (2020) de que mesmo itens comercializados para atividades em altura devem ser testados, atualizados e usados com atenção, o *ypsilon* rompeu seu sistema de absorção de impacto com a queda de fator 1 e

não conseguiu atender aos requisitos da norma. Aponta-se que somente em ambientes preparados seria possível permanecer o tempo inteiro suscetível a quedas de fator menor que 1, como indicado pelo fabricante para o equipamento.

Já os longes produzidos artesanalmente, mesmo não certificados, mas em cordas dinâmicas certificadas, com diâmetros entre 8,6mm e 11mm e com os nós 8, botão duplo ou botão triplo conseguiram garantir segurança em quedas de fator 1, alguns modelos até mesmo de fator 2, ao usuário e se mostraram as melhores opções dentro da amostra testada para atividade desempenhada por bombeiros. A ressalva a ser feita é quanto ao grande aumento de tamanho do item logo na primeira queda, podendo chegar ao implemento de mais de 80% do tamanho inicial, exigindo atenção ao modelo escolhido e ao local empregado.

Os elementos testados com nó botão duplo e botão triplo não puderam ser folgados para retirada do mosquetão devido ao ajuste das voltas e tiveram que ser cortados para recuperação do material. Naqueles confeccionados com nó oito, é visível o quanto esse foi tensionado durante as quedas, entretanto o mosquetão foi liberado sem necessidade de aliviar o nó. Mezêncio (2019) estudou o quanto de resistência da corda é perdida pela presença do nó, mas pelos dados aqui encontrados ele é importante na confecção dos longes e possui influência direta na distribuição energética de uma queda. Na Figura 18 a seguir estão apresentados os longes após a realização do experimento.

Figura 18 – Longes após execução dos testes



Fonte: O autor

Apesar dos experimentos até aqui realizados terem ressaltado importantes características dos principais longes utilizados pelos militares de salvamento, sabe-se que os fatores de quedas 1 e 2 empregados nesse protocolo, embora tenham contribuído para produção de conhecimento, não atende a todos os ambientes de trabalho envolvendo altura aos quais os bombeiros estão suscetíveis.

Por isso, a falta de experimentos com fator de queda 3 deixam um vazio em algumas zonas de discussões, ficando como sugestão para trabalhos futuros aproveitando-se das possibilidades já existentes no laboratório montado. Além disso, não foram também realizados testes desfazendo-se o nó, aguardando um período maior e repetindo-se o protocolo, o que poderia trazer informações sobre a possibilidade de reutilização do material após uma queda ou seu obrigatório descarte.

Contudo, os resultados destacaram que os elementos de 1 a 7 produzidos com cordas dinâmicas são seguros aos trabalhos no máximo em fator de queda 1. Desses, o elemento 4 com dispositivo metálico de ajuste de tamanho não se comportou com segurança para quedas em fator 2. Já os elementos produzidos com fitas ou cordas semi-estáticas não apresentaram sucesso nos testes e não devem ser utilizados sem o emprego de complemento para absorção de impacto.

Não cabe nos objetivos deste artigo discutir qual o melhor ou pior entre eles, apenas ressaltar se atendem, ou não, em uma queda aos requisitos normativos levantados. Oferecendo, na prática, um rol de possibilidades às quais o usuário poderá recorrer com a garantia de que não estará colocando em risco sua saúde. Bem como ainda pode servir de referência à atualização de manuais e apostilas utilizados nos cursos da corporação e despertar a atenção dos militares que adotam em suas atividades um dos 6 modelos de longes reprovados nesta pesquisa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença dos longes como elementos de restrição de quedas nos assentos de resgate dos bombeiros com o passar dos anos se tornou uma prática comum. Considerando as inúmeras possibilidades de confecção desses equipamentos, muito se evoluiu aumentando a segurança, entretanto algumas práticas visando conforto, agilidade e economia, ou até mesmo desconhecimento, despertaram a atenção para possíveis fragilidades.

Neste trabalho, o tema em questão foi investigado primeiramente por uma pesquisa bibliográfica através da qual estruturou-se um protocolo de teste dinâmico adaptado às estruturas do CBMDF e válido para comparação dos dados da fase experimental com os parâmetros dos normativos vigentes. Ainda nesse foco, os 13 modelos de longes empregados nas atividades de salvamento em altura da corporação, após submetidos às quedas de fator 1, e nos casos em que se testou sob fator de queda 2, despertaram a atenção para o fato de que nem todos os exemplares atualmente em uso oferecem a segurança mínima necessária ao bombeiro.

Apesar de todos os longes atenderem aos critérios normativos de confecção, apenas os 7 modelos artesanais produzidos com cordas dinâmicas de diâmetros entre 8,6mm e 11mm, com nó oito, botão duplo ou botão triplo garantiram um fator de impacto abaixo de 612 kgf para a primeira queda. É importante destacar que nem mesmo o modelo *ypsilon*, da fabricante Climbing Technology, adquirido pelo CBMDF por licitação conseguiu garantir um fator de impacto dentro do limite da norma para quedas de fator 1.

Nesse ponto, um legado do trabalho em comento é o laboratório para teste dinâmico que ficou disponível no Centro de Treinamento Operacional, e na possibilidade de compras futuras o equipamento poderá ser testado antes da aquisição evitando desperdício de dinheiro público. Além disso, os dados aqui levantados ressaltam a importância de extinguir das atividades de salvamento aqueles longes produzidos com cordeletes, cordas semi-estáticas ou fitas que não sejam dotados de sistemas absorvedores de impacto adicional.

Os dados ainda mostraram que duas das três menores forças de impacto foram obtidas por longes produzidos com cordas dinâmicas disponibilizados pelo CBMDF às suas unidades, não se fazendo necessárias aquisições extras por parte dos militares. Entretanto, para garantir a segurança é importante que o conhecimento sobre a confecção e as limitações de uso estejam sempre atualizadas.

Por outra ótica, há que se mencionar também que dentro dos 7 modelos de longes considerados seguros, 6 deles após a primeira queda de fator 1 aumentaram em mais de 50% o seu tamanho, apenas pelo ajuste do nó e pelo alongamento das fibras da corda dinâmica. Por isso, é importante que o seu usuário considere esse valor na análise de risco para evitar impacto com anteparos na provável linha de queda.

Como este trabalho, por seu enfoque exploratório, não apresenta propósito de descrever e definir um ou outro modelo a ser utilizado pelos bombeiros de salvamento, o objetivo principal foi alcançado ao tabelar e discutir as características e valores para força de impacto de cada um dos modelos testados, permitindo assim que o bombeiro possa avaliar e escolher entre os 7 modelos aprovados para fator de queda 1, ou entre os 6 modelos aprovados para fator de queda 2, qual modelo atende a sua necessidade de serviço garantindo um mínimo de segurança.

Ademais, os dados levantados serviram para subsidiar a elaboração de um Boletim de Informação Técnico-Profissional conforme instituído no CBMDF pela Portaria nº 21 de 28 de maio de 2002 publicada no Boletim Geral nº 101, de 29 de maio de 2002 (CBMDF, 2002), de forma a permitir que os bombeiros tenham ao seu alcance a informação necessária para reavaliação dos seus itens de segurança, atualização de manuais e apostilas difundidas nos cursos da instituição.

O apêndice A ao final desse artigo apresenta a especificação do produto resultante dessa pesquisa, contudo, estudos posteriores podem ainda ampliar a série de informações levantadas até o momento, construindo pontos de alta

resistência em locais mais altos para testar amarrações com elementos de corda maiores. Esse procedimento também corrigiria a principal limitação dessa pesquisa no quesito estrutural, uma vez que da forma em que o laboratório está montado não é possível testar modelos como nó da vida ou nó de segurança rápida tão comuns na corporação.

Com a estrutura atual, recomenda-se no futuro avaliar o comportamento de materiais, novos ou usados, sob testes dinâmicos ou estáticos, e até mesmo com fatores de queda maiores do que 2. Sugere-se também a execução de testes com outras variações de longes, buscando a real influência do nó na dispersão da força de impacto.

Cabe ainda ressaltar que os longes são apenas parte dos equipamentos de segurança individual de salvamento em altura. E pouco é publicado pelo CBMDF sobre as características e finalidades dos itens que a corporação distribui como: cordas, fitas, mosquetões, equipamentos blocantes e descensores. Com a posse de tais informações, o militar bem preparado pode escolher o conjunto de itens que melhor atenderá sua necessidade de serviço.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Francisco. **Manual de Instruções Técnico-Profissional:** Salvamento. Brasília, [200-?]. Disponível em: <https://www.cbm.df.gov.br/downloads/edocman/legislacoes/manuaisoperacionais/manual%20de%20salvamento.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- AMERICAN SOCIETY OF SAFETY PROFESSIONALS – **ASSP. ANSI Z359.6:** Specifications and Design Requirements for Active Fall Protection Systems. Illinois, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 14629:** Equipamento de proteção individual contra queda de altura – Absorvedor de energia. Rio de Janeiro, 2010a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 15595:** Acesso por corda – Procedimento para aplicação do método. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 15834:** Acesso por corda – Talabarte de segurança. Rio de Janeiro, 2010b.
- BAPTISTA, Tiago Fetzer. **Aspectos de segurança no trabalho em altura com acesso por cordas.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2016. Disponível em: http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6128/Tiago+Fetzer+Baptista_.pdf?sequence=1. Acesso em: 15 mar. 2021.
- BASZCZYNSKI, Krzysztof. Dynamic Strength Tests for Low Elongation Lanyards. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, London, v.13, n.1, p. 39-48, fev. 2007. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10803548.2007.11076707>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- BASZCZYNSKI, Krzysztof. Effects of full body harness design on fall arrest performance. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, London, v. 26, n. 1, p. 1-8, set. 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10803548.2020.1807720>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- BRASIL. **Portaria nº 11.347, de 6 de maio de 2020.** Estabelece os procedimentos e os requisitos técnicos para avaliação de Equipamentos de Proteção Individual - EPI e emissão, renovação ou alteração de Certificado de Aprovação - CA e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-11.347-de-6-de-maio-de-2020-255941711>. Acesso em: 24 abr. 2021.

BRASIL. **Portaria nº 313, de 23 de março de 2012**. Aprova a Norma Regulamentadora n.º 35 – Trabalho em altura. Brasília: Secretaria de Inspeção do Trabalho, 2012. Disponível em:

http://www.anamt.org.br/site/upload_arquivos/legislacao_-_leis_2012_171220131650415795186.pdf. Acesso em: 24 abr. 2021.

BRITISH MOUNTAINEERING COUNCIL. **Ropes: a new guide for climbers and mountaineers**, 2014. Disponível em: <https://www.thebmc.co.uk/ropes--a-guide-for-climbers-and-mountaineers>. Acesso em: 01 jun. 2021.

BRITISH STANDARD INSTITUTION – **BSI. EN 1891**: Personal fall protection equipment for the prevention of falls from a height — Low stretch kernmantel ropes. Londres, 1998.

BRITISH STANDARD INSTITUTION – **BSI. EN 354**: Personal fall protection equipment — Lanyards. Londres, 2010.

BRITISH STANDARD INSTITUTION – **BSI. EN 355**: Personal protective equipment against falls from a height — Energy absorbers. Londres, 2002.

BRITISH STANDARD INSTITUTION – **BSI. EN 364**: Personal protective equipment against falls from a height — Test methods. Londres, 1993.

BRITISH STANDARD INSTITUTION – **BSI. EN 892**: Mountaineering equipment – Dynamic mountaineering ropes – Safety requirements and test methods. Londres, 2012.

CARRIÓN, E. A.; IRLES, R.; POMARES, J. C.; SEGOVIA, E. G.; FERRER, M. B. Soft Retention In Height Fall Safety Devices. **WIT Transactions on The Built Environment**, Southampton, v. 141, n. 5, p. 405-416, jun. 2014. Disponível em: <https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-the-built-environment/141/26407>. Acesso em: 14 abr. 2021.

CARRIÓN, E. A.; SAEZ, P. I.; POMARES, J. C.; GONZALEZ, A. Average Force of Deployment and Maximum Arrest Force of Energy Absorbers Lanyards. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v.17, n.20, p. 1-22, out. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/20/7647>. Acesso em: 14 abr. 2021

COELHO, Jessica Olga dos Reis. **Avaliação e prevenção de acidentes no trabalho em altura na construção civil**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015. Disponível em: http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_JESSICA%20OLGA%20DOS%20REIS%20COELHO.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Manual do aluno** – Apostila de salvamento. Material utilizado no CFP. 1 ed. Brasília, 2018.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Portaria nº 11, de 11 de abril de 2017. Aprova e publica o Plano Estratégico do CBMDF, ciclo 2017-2024. **Boletim Geral nº 72, de 13 de abr. de 2017**, Brasília, 2017.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Portaria nº 21, de 28 de maio de 2002. Cria o Boletim de Informação Técnico-Profissional da forma que especifica. **Boletim Geral nº 101, de 29 de maio de 2002**, Brasília, 2002.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Coletânea de manuais técnicos de bombeiros: Salvamento em altura**. 1ª ed. São Paulo, 2006. Disponível em: https://www.cbm.ro.gov.br/images/2020/-editais/CFS_2020/MTB-26SALVAMENTO_EM_ALTURA-compactado.pdf. Acesso em: 02 set. 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 6ª. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2017.

LONG, A.; LYON, G.; LYON, M. **Industrial rope access: investigation into items of personal protective equipment**. 1 ed. Norwich: Health & Safety Executive, 2001.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso de. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 1ª ed. São Paulo: Ed. EPU, 1986. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4091392/mod_resource/content/1/Lud_And_cap3.pdf. Acesso em: 27 out. 2021.

MACHADO, Renata Dantas. **Proposta de implantação de materiais infláveis no salvamento em altura no Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/handle/123456789/139>. Acesso em: 23 fev. 2021.

MELO, Luís Fernando de Lima. **Trabalho em altura: Estudo de caso com base na nr 35**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Centro Universitário de Lavras, Lavras, MG, 2021. Disponível em: <http://200.216.214.230/bitstream/123456789/656/1/Artigo%20Lu%c3%ads%20Fernando%20de%20Lima%20e%20Melo.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2021.

MEZÊNCIO, André Luís Silva. **Carga de ruptura estática dos nós utilizados nas atividades de salvamento em altura do CBMDF**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/handle/123456789/62>. Acesso em: 23 fev. 2021.

NATIONAL STANDARDS AUTHORITY OF IRELAND – **NSAI. EN 564:** Mountaineering equipment – Accessory cord – Safety Requirements and test methods. Dublin, 2014.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **Metodologia científica:** um manual para realização de pesquisas em administração. 1ª ed. Catalão: UFG, 2011. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. Acesso em: 27 out. 2021.

PASSARINHO, Estevão Lamartine Nogueira *et al.* **Salvamento em altura:** manual de equipamentos. 1 ed. Brasília, 2017.

POMARES, J. C.; CARRIÓN, E. A.; GONZÁLEZ, A.; SAEZ, P. I. Optimization on Personal Fall Arrest Systems: Experimental Dynamic Studies on Lanyard Prototypes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v.17, n.3, p. 1-15, fev. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32050543/>. Acesso em: 14 abr. 2021.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani César De. **Metodologia do trabalho científico:** métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/institucional/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico---2-edicao>. Acesso em: 27 out. 2021.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 4ª ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/312125489_Metodologia_da_Pesquisa_e_Elaboracao_de_Dissertacao. Acesso em: 28 out. 2021.

SPINELLI, Luiz Eduardo. **Artigos Técnicos:** Informativo técnico número 2. 2006. Disponível em: http://www.spinelli.blog.br/indice_artigos.htm. Acesso em: 27 mar. 2021.

SPINELLI, Luiz Eduardo. **Artigos Técnicos:** Informativo técnico número 6. 2012. Disponível em: http://www.spinelli.blog.br/indice_artigos.htm. Acesso em: 27 mar. 2021.

SPINELLI, Luiz Eduardo. **Artigos Técnicos:** Informativo técnico número 11. 2015. Disponível em: http://www.spinelli.blog.br/indice_artigos.htm. Acesso em: 27 mar. 2021.

WEBER, C.; ATTAWAY, S. Predicting Rope Impact Forces Using a Non-linear Force Deflection. **International Technical Rescue Symposium**, Denver, p. 1-12, nov. 2002. Disponível em: http://web.mit.edu/sp255/www/reference_vault/second_order_rope_fit.pdf Acesso em: 01 jun. 2021.

APÊNDICE A – ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO

1. **Aluno:** Cadete BM/2 **Diego** de **Sousa** Alves.
2. **Nome:** Boletim de Informação Técnico-Profissional (BITP) da análise de segurança das variações de longes aplicáveis ao CBMDF.
3. **Descrição:** Este produto, além de uma fundamentação teórica e um protocolo de teste dinâmico adaptado à realidade da corporação, apresenta os resultados dos testes de queda em fator 1 para elementos confeccionados com cordas dinâmicas, semi-estáticas ou fitas, e em fator 2 para as cordas dinâmicas aprovados no primeiro fator. O trabalho foi realizado no Centro de Treinamento Operacional do CBMDF utilizando como amostra 13 modelos de longes atualmente empregados pelos militares nas atividades de salvamento. Aqui não é o foco definir um ou outro modelo a ser utilizado pelos bombeiros de salvamento, o aspecto exploratório e os procedimentos metodológicos foram escolhidos para subsidiar a elaboração de um Boletim de Informação Técnico-Profissional, com alguns modelos que possam ser empregados nas atividades de altura que a corporação desenvolve, informando as características relacionadas à segurança encontradas em cada um dos longes testados no estudo.
4. **Finalidade:** Avaliar quais modelos de longes, dentre os escolhidos, são seguros para as atividades de salvamento em altura do CBMDF.
5. **A quem se destina:** Militares do CBMDF envolvidos em atividades com risco de queda de altura.
6. **Funcionalidades:** Não se aplica.
7. **Especificações técnicas:**
Material textual: Com foco na proposta da 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 (CBMDF, 2002), este produto foi confeccionado no processador de texto *Word*, desenvolvido pela Microsoft®. Possui 29 páginas que podem ser divulgadas na forma impressa ou digital. Para a versão digital está salvo no formato .pdf (*Portable Document Format*). Para impressão, é desejável que seja em papel sulfite de tamanho A4, nas medidas 297x210mm, sem comprometimento da qualidade das imagens.
8. **Instruções de uso:** Sugere-se que o conteúdo deste boletim, além da divulgação nos meios de comunicação internos do CBMDF, esteja disponível a todos os interessados por meio da intranet da corporação.
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 000/2022-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2022

ASSUNTO: LONGES PARA SALVAMENTO EM ALTURA

1. OBJETIVO

O presente Boletim de Informação Técnico-Profissional visa avaliar quais modelos de longes são seguros para as atividades de salvamento em altura do CBMDF com base em pesquisa experimental realizada no Centro de Treinamento Operacional (CETOP).

2. INTRODUÇÃO / FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Um equipamento que ficou conhecido no Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) como longe, acabou ganhando diferentes formas de confecções artesanais e comerciais. Em outros ramos de atuação esse equipamento é chamado de talabarte, encordoamento, *lounge*, ou por suas origens na espeleologia batizado internacionalmente por *lanyards* ou *cow's tails*.

Independentemente de como são denominados, os longes são cordas de ancoragem que servem para auxiliar no posicionamento em ambientes elevados ou, se utilizados como elemento de restrição, para diminuir a movimentação daqueles que trabalham próximo a bordas (SPINELLI, 2015, p. 4). Na mesma linha de raciocínio para atividades de resgate, Passarinho *et al.* (2017) descrevem o longe como sendo um item confeccionado em corda ou fita de segurança individual que fica acoplado na cadeira do resgatista permitindo a conexão a outros equipamentos e itens de segurança contra quedas. Podendo ele ser aplicado em uma série de técnicas de salvamento em altura ou em progressões em cordas. Na Figura 1 abaixo é possível visualizar, em cordas vermelhas, os longes maior e menor presos ao assento do bombeiro em treinamento.

Figura 1 – Longe preso ao assento do bombeiro.



Fonte: O autor

Até o presente estudo não havia levantamento sobre a segurança dos modelos atualmente em uso nas atividades de salvamentos desenvolvidas na corporação. Assim como não há publicações

informando sobre a segurança do modelo comercial adquirido pelo CBMDF para as missões de bombeiro, nem tampouco se os materiais oferecidos pela instituição são adequados para confecção dos modelos artesanais atendendo as legislações em vigor.

Devido a essa lacuna de conhecimento e considerando a estrutura da corporação, a importância dos longes aos bombeiros que exercem atividades em altura e a recente aquisição de equipamentos que podem aferir forças de itens operacionais, este boletim focou-se no seguinte problema: quais modelos de longes apresentam a segurança necessária às atividades de salvamento em altura do CBMDF?

Logo, o trabalho em comento vem incrementado informações e fortalecendo as estruturas que integram as diferentes áreas do salvamento no CBMDF, em especial a de salvamento em altura. Inclusive ofertando a essas, material adequado para revisão futura de procedimentos que podem estar oferecendo maior risco do que o previsto em tempos anteriores.

Salienta-se ainda que os resultados aqui destacados podem auxiliar não somente às demandas do CBMDF, mas também a todas as corporações que desempenham atividades de salvamento, fundamentando discussões além dos limites do Distrito Federal e permitindo melhorar a qualidade dos serviços prestados ao cidadão.

2.1. Cordas, cordeletes e fitas para confecção de longes.

As cordas de segurança se dividem basicamente em dois tipos: cordas dinâmicas e cordas semi-estáticas. Mezêncio (2019) relata que as cordas atualmente usadas pelo CBMDF seguem o padrão europeu com certificação EN 1891:1998 (semi-estáticas) ou EN 892:2012 (dinâmicas).

Segundo essas normas, as cordas semi-estáticas são classificadas como os cabos produzidos em fibras têxteis com alongamento de no máximo 5% após a aplicação de uma carga de 150kg (BSI, 1998). Elas são indicadas para as atividades de salvamento em altura tendo em vista que permitem uma progressão mais controlada, de forma que o usuário não sofra balanço em virtude da elasticidade da corda durante os trabalhos (PASSARINHO *et al.*, 2017).

Quanto as cordas dinâmicas, elas são projetadas para deter quedas, além do mais, dependendo do diâmetro e do fabricante podem apresentar de 7% a 10% de elasticidade nos testes estáticos, e até 40% nos testes dinâmicos, mas não podem permitir que a força de impacto final seja superior a 12kN sobre o usuário (SPINELLI, 2006; BSI, 2012).

Pela EN 564:2014 (NSAI, 2014), são considerados cordeletes as cordas com diâmetro entre 4mm e 8mm destinadas a suportar forças, mas não a absorver impacto. No CBMDF, os cordeletes em uso variam de 6mm a 8mm de diâmetro e seguem o padrão de construção descrito na mesma norma.

Já as fitas podem ser confeccionadas em poliéster ou poliamida com a finalidade principal de resistência a tração e abrasão, adequadas para superfícies ásperas com quinas não cortantes. Os modelos em atividade no CBMDF compreendem basicamente as fitas tubulares e anéis de fita plana costurada pelo próprio fabricante. Apesar de suportarem cargas entre 1500kg e 2200kg, são consideradas estáticas e sem o emprego de outros acessórios de absorção de impacto não são ideais como elementos de frenagem (PASSARINHO *et. al*, 2017).

2.2. Fator de queda

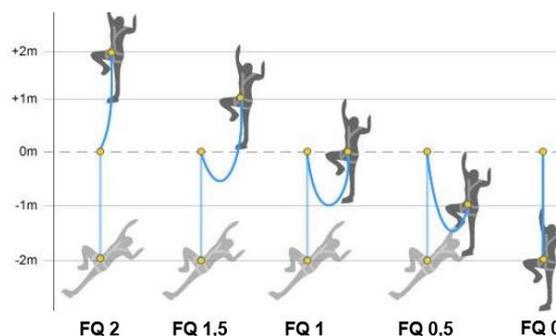
Quando se envolve o emprego de cordas com segurança em altura, há que se falar no conceito de fator de queda, o qual pela Norma Regulamentadora número 35 do Ministério do Trabalho e Emprego, publicada por meio da portaria SIT nº 313 de 23 de março de 2012 (BRASIL, 2012, p. 10) é a “razão entre a distância que o trabalhador percorreria na queda e o comprimento do equipamento que irá detê-lo”. Spinelli (2012) relata ser essa uma importante relação que tem influência direta na intensidade do impacto e escreve a mesma afirmação sob o aspecto de equação da seguinte forma:

$$\text{Fator de Queda} = \frac{\text{Altura da Queda}}{\text{Comprimento da Corda}}$$

Para facilitar o entendimento, Spinelli (2012) explica que se um colchão é colocado para absorver a queda de 1m de altura sem riscos significativos à saúde da pessoa, para tornar o impacto de uma queda de 10m de altura aceitável, infere-se que seriam necessários 10 colchões com as mesmas características, ou seja, aumentou-se a altura da queda e proporcionalmente a possibilidade de dissipação energética do choque, mantendo-se assim o mesmo fator de queda para ambas situações.

Em termos práticos significa dizer que uma queda de cinco metros com um fator de queda 1 resultará em uma força final de parada muito menor do que uma queda da mesma altura com um fator 2. Assim, sempre que o fator de queda se aproxima de zero, menor é a intensidade do choque sofrida pelo usuário do sistema, o que significa também dizer que a condição é mais segura (COELHO, 2015). Na Figura 2 está ilustrado como cada um dos fatores de quedas mais comuns estão relacionados com a altura do ponto de ancoragem e a conexão no assento do operador.

Figura 2 – Fatores de quedas de acordo com a diferença de altura em relação a ancoragem



Fonte: Passarinho *et. al.* (2017)

Desta forma, quanto mais longa uma queda, mais o corpo é acelerado pela gravidade e maior é o tempo de ganho energético. Para cessar o movimento, com menor prejuízo, essa energia adquirida deve ser dissipada pela corda ou fita. Isso acontece por conta da fricção interna e alongamento das fibras que fazem parte da constituição do material. Considerando que não há qualquer outro mecanismo de dissipação de energia entre o operador e o ponto de ancoragem, quanto mais corda houver nesse intervalo, maior será a capacidade de dispersão energética e conseqüentemente menor o fator de queda. De modo inverso, cair de grandes alturas e ser retido por pequenos comprimentos

de corda conduzem a alto fator de queda (BRITISH MOUNTAINEERING COUNCIL, 2014).

2.3. Força de impacto

É importante não confundir com fator de queda aquilo que é conhecido por força de impacto. Esse último, é definido por Passarinho *et al.* (2017) como a resultante das forças que chegam ao corpo do usuário durante a interrupção do movimento. A NBR 14629:2010 (ABNT, 2010a), apesar de utilizar o termo força de frenagem desde 2010, mantém a mesma ideia e detalha que é a força máxima medida no ponto da ancoragem durante o período de frenagem da queda. Alguns autores podem ainda utilizar o termo força de choque para se referir ao mesmo conceito (ARAÚJO, [200-?]; CBPMESP, 2006).

Ademais, a norma brasileira estipula que para um corpo caindo a força máxima de frenagem, isso é a força de impacto, não pode exceder 6kN, ou 612kgf, sobre o usuário o que coincide com o descrito no normativo europeu (ABNT, 2010a; BSI, 2002). Já a norma norte americana é um pouco menos rigorosa e limita ao máximo de 8kN, ou 816kgf, para evitar lesões permanentes (POMARES *et al.*, 2020).

Nesse sentido, enquanto fator de queda nada mais é que uma relação entre a altura da queda e o tamanho da corda que irá absorver o choque, cabe ressaltar que a força de impacto não apresenta relação direta com altura, de tal forma que a queda de 1m pode provocar danos consideráveis à saúde, ao passo que uma queda de 20m pode ser apenas uma brincadeira se utilizados os componentes adequados (SPINELLI, 2012).

Inclusive, quando esses conceitos são aplicados à realidade do bombeiro, Weber (2002) destaca que tão importante quanto saber efetuar um salvamento, é saber as características técnicas do material que é utilizado pelo resgatista. É preciso que ele tenha ideia da força gerada por uma carga em queda sobre uma corda e a mecânica do comportamento do material durante a ação, pois só assim ele conseguirá prever e ajustar às necessidades.

2.4. Normas

A Portaria MTE nº 11.347 de 6 de maio de 2020 (BRASIL, 2020), que estabelece os procedimentos e os requisitos técnicos para avaliação de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e emissão, renovação ou alteração de certificado de aprovação, prevê que o longe, ou talabarte como é descrito, deve obedecer aos ensaios previstos nas Normas Técnicas Brasileiras (NBRs).

Além do que, a mesma portaria passou a vigorar em 2020 obrigando a inclusão de sistemas absorvedores de energia em todos os longes produzidos e comercializados independentemente do tamanho do equipamento, destoando-se da NBR 15834:2010 (ABNT, 2010b), a qual previa a necessidade de dispositivos absorvedores de energia apenas para longes comerciais com comprimentos maiores do que 0,90m.

Outrossim, a NBR 14629:2010 (ABNT, 2010a) descreve que os longes podem ser confeccionados com cordas de fibras sintéticas, fitas, cabos metálicos e correntes, mas é uma norma voltada a ensaios dos absorvedores de energia. Já a NBR 15834:2010 (ABNT, 2010b) é específica para métodos de ensaio, requisitos, manual de instrução e embalagem de longes fixos ou reguláveis. Essa última norma ainda classifica os longes em: simples, quando se trata de um elemento de ligação com

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

Nº 000/2022-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2022

Página 5 de 29

ASSUNTO: LONGES PARA SALVAMENTO EM ALTURA

dois terminais apenas; duplo, quando possuem dois lances de material de um lado, mas ambos ligados a um único terminal; e regulável quando dotados de um dispositivo de regulação de tamanho permitindo que seja modificado o comprimento de uma ou mais extremidades, sem que este dispositivo seja usado como terminal de conexão.

Ainda segundo a NBR 15834:2010 (ABNT, 2010b), entre vários pontos os longes para serem seguros:

- a) Devem possuir terminações adequadas nos dois extremos do equipamento;
- b) Não devem ultrapassar 2m de comprimento total, sejam eles simples, duplos ou reguláveis, medidos dos pontos de contato dos terminais;
- c) Caso possuam absorvedor de energia integrado, o comprimento máximo de 2m é contado com o absorvedor intacto;
- d) Se produzidos com fibras elásticas, o comprimento máximo de 2m é validado com as fibras esticadas;
- e) Se possuírem dispositivos de regulação de tamanho, é obrigatório a presença de batente na extremidade;
- f) Devem ser produzidos por cordas de fibra, fitas e fios de costura sintéticas virgens mono ou multifilamentos.

Contudo, os normativos brasileiros, ao que parece, têm atendido de forma adequada as atividades desenvolvidas pela indústria e construção civil. Entretanto, possuem limitações no que diz respeito às atividades esportivas ou de salvamento. Por isso, nessas últimas duas áreas, é constante o amparo em normas internacionais de consenso para especificação e aquisição de equipamentos (CBPMESP, 2006).

De modo oportuno pode-se adotar também no Brasil umas das normas mais aceitas internacionalmente quanto a teste de longes, a EN 354:2010 (BSI, 2010). Segundo essa norma, além do que já foi dito para o normativo brasileiro e outros pontos, os longes são seguros quando:

- a) Produzidos com material liso, sem bordas afiadas ou rebarbas que possam causar ferimentos;
- b) Tiverem dispositivo de ajuste de tamanho, e não permitirem a mudança no comprimento sem a intenção do operador;
- c) Possuem nas extremidades formas de conexão tanto com o operador quando com um ponto de ancoragem;
- d) Dotados de nós nas extremidades, com um mínimo de 10cm de chicote depois do nó ajustado, e com proteção para evitar desfiar.

Fato é que os longes ora desenvolvidos para posicionamento, ora para evitar quedas ou o impacto severo com obstáculo por meio da dispersão da energia de queda, são adequados para uso como sistema preventivo (SPINELLI, 2015). Por isso, eles devem ser usados em qualquer trabalho envolvendo altura a fim de neutralizar erros operacionais, distrações ou outros tipos de falhas humanas. É importante frisar que a prevenção não se faz somente pelo uso dos equipamentos de proteção, estes são itens complementares. A informação, o treinamento, o conhecimento do material e a rotina de inspeção são importantes aliados nesse processo.

Por fim, destaca-se que esta peça foi sustentada em uma revisão de literatura que serviu como referência para definição final dos parâmetros de avaliação da segurança dos longes e preparação do laboratório no qual os testes foram realizados. Uma pesquisa documental para definição das amostras que foram estudadas e a fase experimental de coleta de dados por meio de protocolo de teste que levou em consideração a estrutura atual do CBMDF. Por fim, são apresentados os resultados e discussões da parte experimental do estudo seguido das principais conclusões.

3. METODOLOGIA

Para o protocolo de testes dinâmicos dessa pesquisa adotou-se um manequim humano com o mesmo peso de 100kg estipulado na EN 364:1993 (BSI, 1993), por ser um peso muito aproximado de um bombeiro totalmente equipado para salvamento. No entanto, os parâmetros de centro de gravidade, tamanho dos olhais de conexão e características da superfície não são exatamente os mesmos. O manequim carga desse projeto possui 1,85m dos pés à cabeça, corpo e membros completos e alguns cintos de carga para atingir o peso alvo, além dos mesmos equipamentos que estão à disposição para serem utilizados pelos bombeiros do CBMDF, tais como, fardamento, capacete, coturnos, cadeirinha de salvamento, longe e mosquetões conforme pode ser visto na Figura 3. Espere assim, aproximar mais o teste da realidade.

Figura 3 – Manequim de testes com cintos de pesos para atingir a massa alvo.



Fonte: O autor

A preparação do ambiente de testes seguiu adotando no que foi possível o definido pelas normas NBR 15834:2010 (ABNT, 2010b), EN 354:2010 (BSI, 2010) e EN 364:1993 (BSI, 1993), porém ajustando-o à realidade e estrutura do CBMDF. Destaca-se que os principais requisitos da norma, que podem ter influência direta no resultado distorcendo valores do teste e descaracterizando a proposta de estudo foram obedecidos à risca, tais como massa de carga, valor de referência para impacto, distância horizontal entre o ponto de ancoragem e olhal de fixação na cadeirinha de resgate.

O local escolhido para a montagem do laboratório foi o vão existente na parte interna entre 5º e o 6º pavimento da Torre Principal, localizada no Centro de Treinamento Operacional, na Área de Treinamento Capitão Bandeira. No teto do 6º pavimento foram criadas ancoragens com chapeletas em “L” de 4mm de espessura, produzidas em aço inox 304 e furo de 12mm capazes, segundo o

fabricante USANG®, de suportar 25 kN, para içamento da carga de 100 kg a qual fica presa a um mosquetão de liberação rápida (Figura 4) que permite o início da queda sem acelerar o peso.

Figura 4 – Mosquetão de liberação rápida.



Fonte: O autor

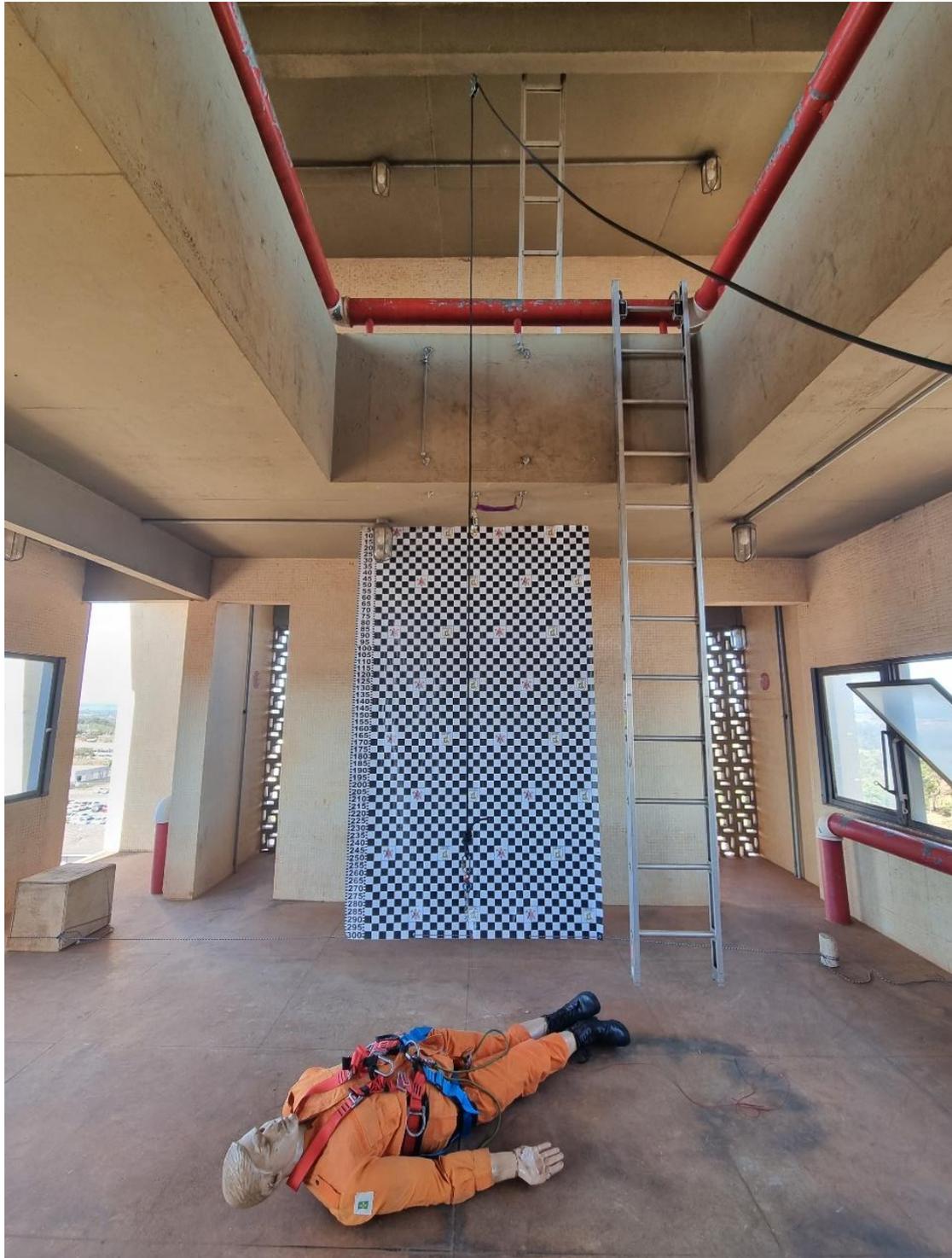
No teto do pavimento imediatamente inferior também foram utilizados os mesmos modelos de chapeletas, porém fixadas com ancoragens químicas de alta resistência da marca Walsywa® e modelo de injeção WQI 44 para suportar o impacto de variados fatores de quedas, e na qual estará afixada o dinamômetro *enforcer LC1* da fabricante Rock Exótica que irá mensurar a força máxima do impacto do sistema. Esse equipamento, visto na Figura 5 a seguir, foi recentemente adquirido pelo CBMDF e com ele é possível registrar e medir alterações de forças em testes de quedas até 20 kN. Ele possui sistema de conexão *bluetooth* integrado que permite transferir os dados e baixar os gráficos direto no aplicativo do equipamento para que sejam analisados posteriormente.

Figura 5 – Dinamômetro utilizado na pesquisa



Fonte: O autor

Além do ponto principal da ancoragem onde foram realizados os testes, optou-se por preparar outros dois pontos com distanciamento de 40cm entre eles, para o caso de falha do ponto principal e para que pudesse ser montado um sistema de segurança do equipamento de medição.

Figura 6 – Estrutura montada para realização dos testes.

Fonte: O autor

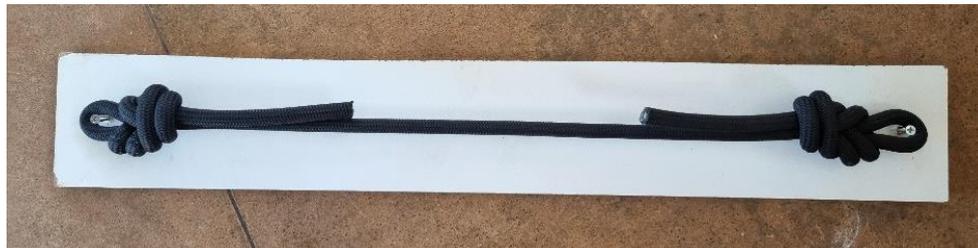
No teto do 5º pavimento, logo atrás dos pontos de ancoragem foi estendido um painel de 1,79m de largura por 3m de altura, possuindo quadrados de 5cmx5cm para melhorar a qualidade visual e análise dos testes realizados, como pode ser visto na Figura 6.

No parapeito interno entre o 6º e 5º pavimentos do mesmo local foram preparados ainda 4 pontos de ancoragem nos mesmos moldes de alta resistência dos três citados anteriormente. No entanto aqui, eles foram interligados dois a dois com um cabo de aço de 4mm formando uma espécie de trilho para simulações de queda com fator de impacto maior que 2. No entanto, esse tipo de teste está fora dos objetivos deste boletim, mas foi uma ação de oportunidade para construção de um laboratório de testes dinâmicos que servirá de base para trabalhos futuros.

Em obediência a EN 364:1993 (BSI, 1993), na qual consta que a distância horizontal entre o ponto de ancoragem e o ponto de soltura não deve ultrapassar 30cm, neste experimento o valor adotado foi de 27cm. Ainda seguindo os requisitos desta norma, à exceção dos modelos de longes testados e da movimentação natural que a cadeirinha de salvamento realiza no manequim, todos demais itens como mosquetões, chapeletas e cabos de aço não possuem alteração de comprimento que possa influenciar no resultado significativamente.

No que diz respeito ao tamanho dos longes, considerando a altura do pé direito do local de testes de 3m, o descrito por Passarinho *et. al.* (2017) e o modelo de longe comercial comprado pelo CBMDF, o tamanho padrão para os elementos confeccionados com cordas, medido de uma extremidade interna a outra, foi de 60cm desconsiderando o tamanho dos mosquetões e com auxílio de um molde rígido (Figura 7). Todos os nós foram elaborados pelo mesmo operador com aperto manual e um mínimo de 10cm de chicote, à luz de como são produzidos pelos militares da corporação.

Figura 7 – Molde para confecção dos elementos de teste.



Fonte: O autor

Para definição da altura de queda, foi considerado apenas o comprimento do longe, não entrando na soma o espaço ocupado pelo dinamômetro e demais acessórios de conexão do sistema conforme sugere a EN 354:2010 (BSI, 2010). Desta forma, para o fator queda igual a 1 a altura das duas extremidades do longe era igualada antes da liberação da carga. Já para o fator de queda 2 o manequim era içado até que as duas extremidades do longe ficassem o mais distante possível uma da outra sem movimentar o sistema de mensuração da força.

Considerando que a EN 1891:1998 (BSI, 1998) e a EN 892:2012 (BSI, 2012) exigem que para uma corda ser considerada segura ao trabalho em altura ela deve suportar um mínimo de 5 quedas com uma carga de 100kg, adotou-se no protocolo aqui desenvolvido 5 quedas consecutivas com intervalo aproximado de 5 minutos entre uma e outra sem desfazer o nó em cada longe testado.

De modo geral, cada um dos elementos foi içado ao ponto desejado por um sistema 5x1 com antirretorno e solto sob efeito apenas da aceleração da gravidade até que o longe fosse completamente esticado permitindo a tração do dinamômetro que mensurou a força de impacto sofrida pelo manequim durante a frenagem. Após finalizado o movimento, o tamanho do longe era mensurado e, se necessário, o procedimento repetido. A Figura 8 mostra o momento inicial e final de um dos testes realizados.

Figura 8 - Momento inicial (esquerda) e final (direita) do experimento de aferição da força de impacto.

Fonte: O autor

3.1. Universo e amostra

Considerando a quantidade de variáveis que podem ser alteradas na constituição dos longes, torna-se inviável utilizar todos os modelos para os equipamentos existentes comercial ou artesanalmente produzidos. A simples modificação do nó utilizado, composição e tamanho do longe já pode alterar o resultado do teste, e ressaltam a característica não probabilística da amostra desse estudo, pois os dados levantados não podem ser generalizados de qualquer forma.

Nesse sentido, o universo dessa pesquisa é de difícil mensuração, mas a amostra estudada é composta por 13 elementos diferentes que foram definidos considerando a disponibilidade do material para experimento destrutivo e as limitações do laboratório de testes somadas a pelo menos um dos seguintes critérios:

- a) Modelo descrito por Araújo ([200-?]) no Manual de Instruções Técnico Profissional para Bombeiros adotado pelo CBMDF;

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

N° 000/2022-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2022

Página 11 de
29**ASSUNTO: LONGES PARA SALVAMENTO EM ALTURA**

- b) Presença do modelo na apostila de equipamentos utilizada pelo Curso de Especialização em Salvamento em Altura do CBMDF e desenvolvida por Passarinho *et. al.* (2017);
- c) Equipamento comprado pelo CBMDF e distribuído para operações de salvamento;
- d) Registros fotográficos arquivados pelos autores deste artigo.

Da escolha, pode-se ainda subdividir a amostra em três grupos. No primeiro, estão agrupados os 7 longes produzidos em cordas dinâmicas com nó 8, botão duplo ou triplo com ou sem regulador de tamanho. No segundo, estão organizados os 3 elementos confeccionados com cordas semi-estáticas e nó 8, e no terceiro os 3 longes produzidos em fitas estáticas e nó boca de lobo com ou sem absorvedor de impacto. Todos esses elementos estão caracterizados na Tabela 1 seguinte:

Tabela 1 – Dados dos elementos da amostra.

Grupo	Elemento	Nó	Tipo	Diâmetro (mm)	Tamanho (cm)	Regulador de tamanho
1	1	Nó oito	Dinâmica	10,2	60	Não
	2	Nó oito	Dinâmica	11	60	Não
	3	Nó oito	Dinâmica	8,6	60	Não
	4	Nó oito	Dinâmica	11	60	Metálico
	5	Nó oito	Dinâmica	11	60	Cordelete
	6	Botão duplo	Dinâmica	11	60	Não
	7	Botão triplo	Dinâmica	11	60	Não
2	8	Nó oito	Semi-estática	11	60	Não
	9	Nó oito	Semi-estática	8	60	Não
	10	Nó oito	Semi-estática	6	60	Não
3	11	Boca de lobo	Estática (com absorvedor de impacto)	16	65	Não
	12	Boca de lobo	Estática	19	75	Não
	13	Boca de lobo	Estática	26	65	Não

Fonte: O autor

À exceção do elemento 13 indicado na Tabela 1, que possui poliéster como material de fabricação, todos os outros são produzidos com fibras de poliamida. As cordas dos elementos 2 a 8 e 10, bem como a fita tubular do elemento 13 são da fabricante francesa Cousin Trestec, enquanto a corda do elemento 9 é da fabricante Gleistein e do elemento 1 da marca Beal.

O elemento 11 trata-se de um longe produzido em fita com sistema de descostura consecutiva para redução do fator de impacto conhecido por *ypsilon* da fabricante Climbing Technology adquirido pelo CBMDF por licitação. O elemento 12 da fabricante Lambin Ravau é confeccionado com anel de fita costurada distribuído também pela corporação às suas unidades. Todos esses longes podem ser visualizados na Figura 9 mantendo-se a codificação dada pela Tabela 1.

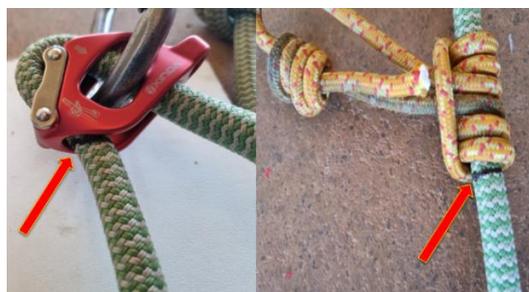
Figura 9 – Longes testados e numerados de acordo com a Tabela 1.



Fonte: O autor

Observe ainda na Figura 9 que dois dos elementos possuem dispositivos de regulação de tamanho. Para o elemento 4 foi empregado um dispositivo de regulação de tamanho da fabricante Xinda®, modelo H-Q9730 produzido em duralumínio. Já no de número 5 foi empregado um cordelete de 6mm da Cousin Trestec com nó *prussik* em 6 voltas como ajustador de comprimento. Ambos foram ainda marcados conforme ilustrado na Figura 10, a fim de que pudessem ser avaliados algum escorregamento da corda naquele local.

Figura 10 – Destaque da marcação nos longes com comprimento ajustável.



Fonte: O autor

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados quantitativos aqui apresentados foram coletados com base no protocolo de testes descrito na seção anterior. Para avaliar quais modelos de longes são seguros às atividades de

salvamento em altura desenvolvidas pelo CBMDF foram realizados um total de 72 experimentos dos quais 56 foram executados em fator de queda 1 e 16 com fator de queda 2. Sendo ainda, 51 experimentos com cordas dinâmicas, 12 com cordas semi-estáticas e 9 com fitas estáticas. As características construtivas de cada um dos elementos podem ser obtidas na Tabela 1.

4.1. Testes realizados com cordas dinâmicas

Na Tabela 2 a seguir estão descritos os valores das forças de impactos transferidas ao manequim de teste durante cada uma das quedas.

Tabela 2 – Força de impacto obtida nos testes de fator de queda 1 com cordas dinâmicas caracterizadas na Tabela 1.

Elemento	1ª queda (kgf)	2ª queda (kgf)	3ª queda (kgf)	4ª queda (kgf)	5ª queda (kgf)
1	426	458	642	682	700
2	440	577	660	680	708
3	468	662	752	800	844
4	554	666	726	728	754
5	478	652	664	696	698
6	476	662	760	780	784
7	436	606	692	738	760

Fonte: O autor

Observa-se que na primeira queda todos os elementos obtiveram valores abaixo dos 612kgf indicado pela NBR 14629:2010 (ABNT, 2010a) e EN 355:2002 (BSI, 2002) que serviram de base para confecção do protocolo de teste dinâmico deste trabalho. Com destaque para o longe confeccionado com a corda de 10.2mm e nó 8 na extremidade (elemento 1) e os longes confeccionados em cordas de 11mm com nó botão triplo (elemento 7) e nó oito (elemento 2) que indicaram os menores fatores de impacto ao corpo do manequim.

Na segunda queda, sem desfazer os nós, os longes 1, 2 e 7 se mantiveram dentro dos limites normativos para força de impacto. Interessante observar que, dentre esses, o longe número 7 com nó botão triplo, apesar do bom resultado demonstrado na primeira queda foi o que apresentou maior salto na força, mas ainda mantendo no segundo teste o valor um pouco abaixo do máximo permitido. Da terceira queda em diante, 100% dos longes confeccionados artesanalmente com cordas dinâmicas trouxeram resultados acima dos limites máximos indicados na norma adotada.

É perceptível ainda pela Tabela 2 que existe uma tendência em todos os modelos testados de aumentar o fator de impacto a cada queda sofrida, mas dentro dos parâmetros empregados todos os modelos suportaram as 5 quedas indicadas na metodologia. O longe número 5 foi o único a exibir forte tensão sobre a capa da corda no ponto de agarra do nó *prussik*, e mesmo assim não houve qualquer dano visível ao material em inspeção realizada após a 5ª queda. A maior força de impacto foi identificada com o longe dinâmico de menor diâmetro testado (elemento 3), chegando a 844kgf, o que

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

Nº 000/2022-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2022

Página 14 de
29**ASSUNTO: LONGES PARA SALVAMENTO EM ALTURA**

é muito acima do valor de 571kgf indicado como máximo a este material pela fabricante Cousin Trestec.

Os dados de comprimentos iniciais e finais de cada um dos elementos testados também foram organizados e seguem conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Comprimento dos longes confeccionados com cordas dinâmicas antes e depois de cada experimento com fator de queda 1.

Elemento	inicial (cm)	1ª queda (cm)	2ª queda (cm)	3ª queda (cm)	4ª queda (cm)	5ª queda (cm)
1	60	94	103	106	108	110
2	60	95	98	101	102	103
3	60	103	109	111	113	114
4 ⁽¹⁾	60	81	84	85	86	88
5 ⁽¹⁾	60	106	110	116	119	120
6	60	102	107	110	111	111
7	60	101	108	111	113	115

Fonte: O autor

Notas: Não foram feitos reajustes entre uma queda e outra.

(1) Os valores apresentados após cada uma das quedas para esses elementos estão somados à quantidade de corda que deslizou dentro do dispositivo de regulagem de tamanho.

Quando se analisa em paralelo o comprimento de longes confeccionados com cordas dinâmicas é possível identificar um grande aumento após o término da primeira queda principalmente devido ao tensionamento do nó. O que pode ser relacionado ainda com os resultados mais baixos para as forças de impacto neste experimento, com indicativo da importância dos nós na distribuição energética das forças envolvidas além da elasticidade da corda.

Os dois longes dotados de dispositivos de regulagem de tamanho apresentaram implemento de 21cm no elemento 4 e 46cm no elemento 5. O emprego do dispositivo metálico de regulagem garantiu pouco deslizamento da corda na frenagem e ainda manteve a força de impacto dentro dos limites esperados. Já o uso de cordelete de 6mm semi-estático acabou permitindo maior escorregamento e este longe chegou a dobrar de tamanho após a 5ª queda, mas com tamanho ainda bem inferior ao máximo de 2m para um longe intacto indicado na EN 354:2010 (BSI, 2010). Os valores de escorregamento da corda desses dois dispositivos estão indicados na Tabela 4.

Tabela 4 - Deslizamento da corda nos longes com dispositivo de regulagem de tamanho após cada uma das quedas de fator 1.

Elemento	1ª queda (cm)	2ª queda (cm)	3ª queda (cm)	4ª queda (cm)	5ª queda (cm)
4	0	0,8	0	0,5	1,2
5	3,5	2,1	1,9	0,3	0,6

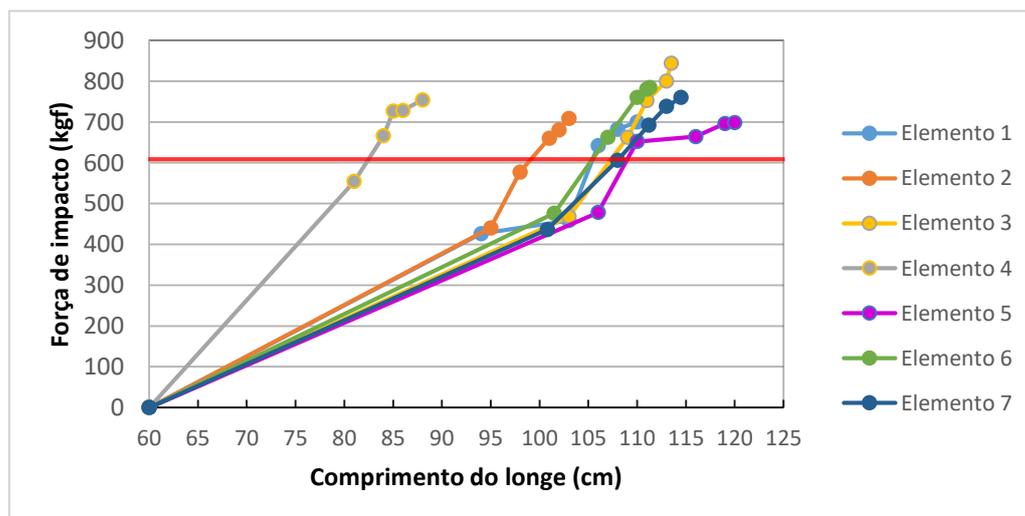
Fonte: O autor

Comparando ao comprimento final após cada experimento, pode se inferir que o escorregamento da corda não afetou de maneira significativa a segurança dos equipamentos, mas provavelmente teve influência da absorção do impacto e consequentemente no valor indicado das forças. Há que se ressaltar que o elemento 4 não apresentou escorregamento de corda na primeira queda pelo dispositivo de regulagem, conforme exige a EN 354:2010, e também foi o de menor extensão do longe no mesmo teste, porém dentre todos os elementos com cordas dinâmicas ele foi o que transferiu maior força de impacto ao manequim no primeiro experimento.

Pomares *et. al.* (2020) já haviam ressaltado algumas características dos longes confeccionados com nó de alça. E da mesma forma que os autores, os dados aqui coletados mostraram influência dos nós escolhidos tanto no comprimento do equipamento quanto na distribuição das forças. Observe na Tabela 1 que os elementos 2, 6 e 7 diferenciam-se apenas pelo tipo de nó em sua extremidade. Na Tabela 2, os valores de impacto para esses mesmos longes apesar de próximos é possível perceber que quando o nó gasta mais corda na sua confecção a variação na força após cada experimento é mais sutil, talvez pelo fato de que o nó também demora um pouco mais para encontrar sua pressão final distribuindo melhor a energia do movimento.

Quanto ao comprimento, de acordo com que o nó vai sendo tensionado a distância entre os nós também vai aumentando e alongando o longe para o experimento seguinte. Apesar de o fator de queda manter-se igual a 1 em todos os experimentos como se propõe esta pesquisa, a altura da queda acaba não sendo a mesma e a corda por já estar esticada não se movimenta como na 1ª queda. Ademais, usar o mesmo material em testes consecutivos neste trabalho tem como objetivo verificar apenas se ele suporta os cinco impactos indicados na EN 892:2012 (BSI, 2012) e, em caso positivo, se conseguem atender os limites de força da NBR 14629:2010 (ABNT, 2010a). Como ato secundário, pôde-se avaliar o comprimento de cada elemento da segunda queda em diante.

Gráfico 1 – Relação entre a força de impacto e o comprimento do longe com cordas dinâmicas após quedas de fator 1.



Fonte: O autor

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

N° 000/2022-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2022

Página 16 de
29**ASSUNTO: LONGES PARA SALVAMENTO EM ALTURA**

No Gráfico 1, é possível identificar como todos os longes produzidos com cordas dinâmicas possuem pelo menos um teste com valores para força de impacto abaixo do limite de 612kgf estipulado na norma adotada.

Fato é que os 7 longes testados com cordas dinâmicas sejam eles com dispositivos de regulação de tamanho ou não e com os três tipos de nós utilizados se mostraram seguros para a primeira queda de fator 1 com cargas de até 100kg, tanto no quesito absorção de força de impacto quanto nos quesitos segurança contra rompimento da corda e tamanho final do longe menor que 2m.

Por estarem aprovados para o primeiro fator de queda, 6 dos 7 elementos foram submetidos aos experimentos de fator de queda 2. O único modelo produzido com corda dinâmica que não foi testado nesse novo fator foi o elemento 1, produzido com a corda dinâmica da Beal de 10,2mm, pois não havia mais desta corda em condições de realizar o procedimento, garantindo que os resultados pudessem ser considerados válidos.

No entanto, a falta desse item não enfraquece a análise do trabalho haja vista terem sido testados em fator de queda 2 um elemento com diâmetro menor (elemento 2) e outro com diâmetro maior (elemento 3) do que o elemento 1, todos confeccionados com cordas dinâmicas. Assim, os dados levantados com os experimentos em fator de queda 2 estão reservados na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5 – Força de impacto obtida nos testes de fator de queda 2 com cordas dinâmicas caracterizadas na Tabela 1 e consideradas seguras para quedas de fator 1.

Elemento	1ª queda (kgf)	2ª queda (kgf)	3ª queda (kgf)	4ª queda (kgf)	5ª queda (kgf)
2	609	826	-	-	-
3	606	742	-	-	-
4	686	884	964	980	-
5	588	776	-	-	-
6	604	808	882	-	-
7	580	826	-	-	-

Fonte: O autor

Observe na Tabela 5 que nenhum dos elementos foi testado em uma 5ª queda, bem como para outros não foram captados os dados da 3ª ou 4ª quedas uma vez que devido a elasticidade da corda o manequim tocou o solo invalidando a força de impacto obtida no dinamômetro. Nesse caso, o estudo cessou a coleta de dados da sequência por não existir altura suficiente no ambiente montado.

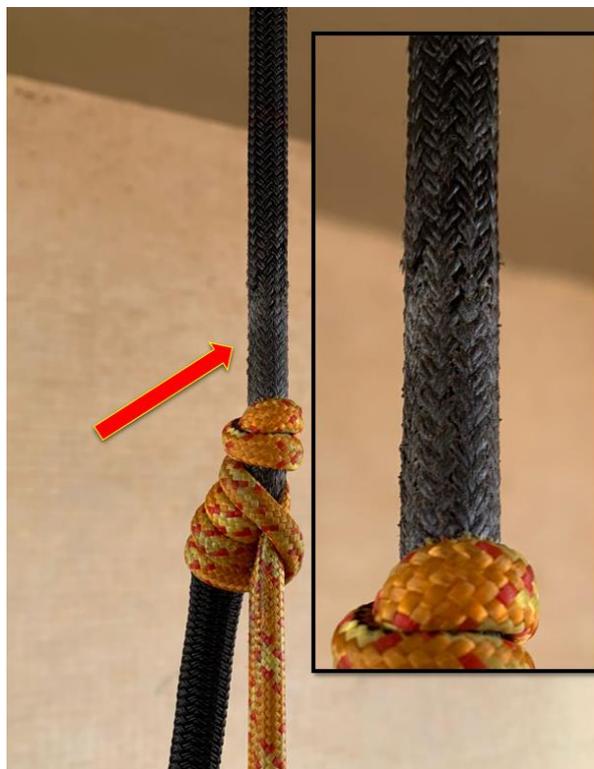
Da análise, o melhor resultado foi obtido para o elemento 7, confeccionado com a corda dinâmica de 11mm e nó botão triplo, que apresentou valor de 580kgf na primeira queda. O elemento 6, diferencia-se dele apenas pelo nó, pois foi adotado o botão duplo e nesse caso a força de impacto obtida foi de 604kgf, o que é um forte indicativo da participação do nó na absorção da energia de queda. Ambos os valores abaixo dos 612kgf indicados pela NBR 14629:2010 (ABNT, 2010a) e EN 355:2002 (BSI, 2002) tornam os dois elementos seguros para as missões de bombeiro que envolvem quedas de fator até 2.

De todos os elementos experimentados na Tabela 5, apenas o elemento 4 apresentou valor acima do exigido na norma já na primeira queda. O valor de 686kgf desclassifica esse item para

emprego nas atividades com risco de queda fator 2, muito embora ele ainda seja considerado seguro para emprego naquelas atividades de salvamento nas quais o risco máximo de queda é de fator 1.

O valor de 588kgf obtido com o elemento 5, dotado de nó *prussik* como dispositivo de regulagem, garantiu uma força de impacto dentro do estabelecido nos normativos mesmo no fator de queda 2. No entanto, é importante considerar que na avaliação visual realizada após cada queda, percebeu-se que no ponto de pressão do cordelete com a capa da corda dinâmica houve formação de pontos de cristalização por atrito devido ao escorregamento de 7cm do nó *prussik* na primeira queda. O detalhe do dano pode ser percebido na Figura 11 a seguir.

Figura 11 – Detalhe da capa da corda cristalizada após teste de queda com fator 2 realizado no elemento 5.



Fonte: O autor

Apesar do aviso, cabe relatar que o elemento 5 se mostrou seguro para testes de queda fator 2, com a observação de que o longe deve ser descartado após uma queda. Na execução da segunda queda, muito embora fosse esperado o rompimento da capa, o fato não aconteceu. E por limitação da estrutura não foi possível realizar os 5 testes. Desta forma, dos dois modelos com dispositivo de regulagem de tamanho apenas o elemento 4 não se mostrou seguro para quedas com fator maior que 1, por isso o seu uso como elemento retentor de quedas deve ser limitado.

Da análise do comprimento de cada um dos longes testados em fator de queda 2, montou-se a Tabela 6 na qual é possível perceber a ausência de alguns dados em função da limitação de altura do laboratório. Ainda assim é possível perceber que mesmo as 5 amostras consideradas seguras para fator de queda 2 (elementos 2, 3, 5, 6 e 7) já na primeira queda aumentaram cerca de 70% a 80% do seu tamanho inicial.

Tabela 6 – Comprimento dos longes confeccionados com cordas dinâmicas antes e depois de cada experimento em fator de queda 2.

Elemento	inicial (cm)	1ª queda (cm)	2ª queda (cm)	3ª queda (cm)	4ª queda (cm)	5ª queda (cm)
2	60	103	108	-	-	-
3	60	109	116	-	-	-
4 ⁽¹⁾	60	91	94	97	99	-
5 ⁽¹⁾	60	107	114	-	-	-
6	60	108	114	115	-	-
7	60	109	113	-	-	-

Fonte: O autor

Notas: Não foram feitos reajustes entre uma queda e outra.

- (1) Os valores apresentados após cada uma das quedas para esses elementos estão somados à quantidade de corda que deslizou dentro do dispositivo de regulação de tamanho.

Acrescenta-se que na 5ª queda do elemento 4, muito embora ele já havia sido considerado inseguro na primeira queda, houve rompimento da capa no exato ponto de pressão entre o dispositivo de regulação de tamanho e a corda. Esses dados não foram incluídos nas Tabela 5 e Tabela 6 pelo fato de o manequim ter tocado o solo com elasticidade do movimento e invalidado o teste. A Figura 12 detalha o dano causado pelo dispositivo de regulação ao longe.

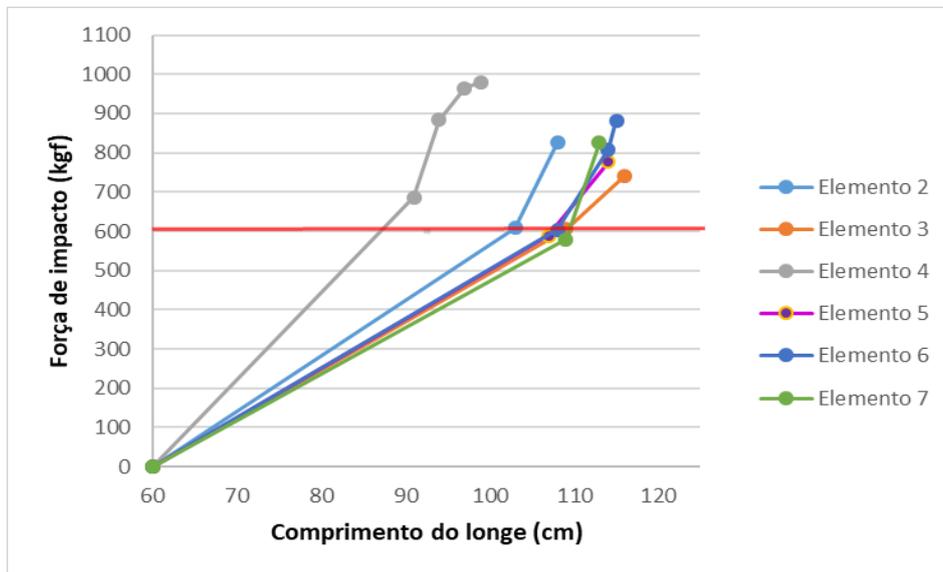
Figura 12 – Detalhe da capa do elemento 4 durante teste de queda fator 2.

Fonte: O autor

No Gráfico 2 logo adiante é possível perceber a relação entre a absorção do impacto para os longes submetidos ao fator de queda 2 e o seu comprimento. De todos os elementos testados apenas 1 não indicou nenhum ponto abaixo da linha dos 612kgf considerado seguro pela norma. Todos os

outros 5 elementos apesar de muito próximos do limite máximo podem ser considerados seguros para as atividades de bombeiro em fator de queda 2.

Gráfico 2 – Relação entre a força de impacto e o comprimento dos longes com cordas dinâmicas submetidos ao fator de queda 2.



Fonte: O autor

É de se atentar ainda que o único reprovado no teste foi aquele que apresentou o menor comprimento. Isso pelo fato do dispositivo de regulagem de tamanho não ter permitido o deslizamento da corda na frenagem, uma vez que foi produzido também com esse propósito, outrossim, possui apenas um nó para ajuste e dissipação energética provocado pelo movimento de queda, enquanto todos os outros possuem um em cada extremidade.

4.2. Testes realizados com cordas semi-estáticas.

Neste grupo, foram avaliados os longes produzidos com cordas semi-estáticas de diâmetros diferentes. Também foi mantido fator de queda igual a 1 em todos os testes e os elementos numerados por 8, 9 e 10 estão caracterizados na Tabela 1. Na Tabela 7 abaixo estão apresentados os valores das forças de impacto para cada um dos elementos citados.

Tabela 7 – Força de impacto obtida em cada teste com cordas semi-estáticas.

Elemento	1ª queda (kgf)	2ª queda (kgf)	3ª queda (kgf)	4ª queda (kgf)	5ª queda (kgf)
8	632	829	874	884	921
9	616	828	882	918	950
10	634	720	-	-	-

Fonte: O autor

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

N° 000/2022-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2022

Página 20 de
29**ASSUNTO: LONGES PARA SALVAMENTO EM ALTURA**

Percebe-se na Tabela 7 que o elemento 10 confeccionado com corda de 6mm não apresenta valores do terceiro impacto em diante, uma vez que se rompeu durante a realização da segunda queda ao atingir a força de 720kgf. Embora o valor indicado de ruptura do material pela fabricante seja de aproximadamente 918kgf, Mezêncio (2019) relatou que a simples confecção de um nó 8 pode reduzir a resistência da corda em cerca de 29,6%, o que provocaria o rompimento por volta de 646kgf. Valor este muito próximo do encontrado já na primeira queda. Mostrando-se nesse caso que esse material não é seguro para o emprego como longe, e pode expor o usuário a acidente grave.

O longe de número 8 foi produzido com a corda mais resistente entre todas os elementos testados (corda de 11mm semi-estática), capaz de suportar cargas de até 3290kg. No entanto, apesar de todas as forças de impacto chegarem a no máximo 28% desse valor, esse longe não apresenta as características de distribuição das forças adequadas ao trabalho em altura o que pode ser visto pela força de 632kgf já no primeiro impacto, acima dos 612kgf descritos na norma. Dados esses que complementam as informações levantadas por Spinelli (2006) de que alta resistência não está intimamente ligada a segurança quando se trata de cordas, pois ao final da queda, quando a corda estica, o movimento é cessado abruptamente e a energia é transferida diretamente ao assento do resgatista.

O elemento 9, confeccionado com a corda de 8mm semi-estática, apesar de apresentar o melhor resultado para frenagem após a primeira queda dos três que pertencem ao mesmo grupo, ainda assim não é seguro para trabalho em altura haja vista estar acima dos limites da norma. E era de se esperar, como relatado por Mezêncio (2019), que todos os longes confeccionados com cordas semi-estáticas obtivessem pouca variação do seu comprimento em relação aos longes de cordas dinâmicas apesar do emprego dos mesmos nós.

Os valores de comprimento desse grupo estão organizados na Tabela 8 e podem ser relacionados por oportunidade com os dados apresentados na Tabela 7 para avaliar a influência do nó na absorção do impacto em testes dinâmicos.

Tabela 8 - Comprimento inicial e após cada uma das quedas de fator 1 para os longes com cordas semi-estáticas.

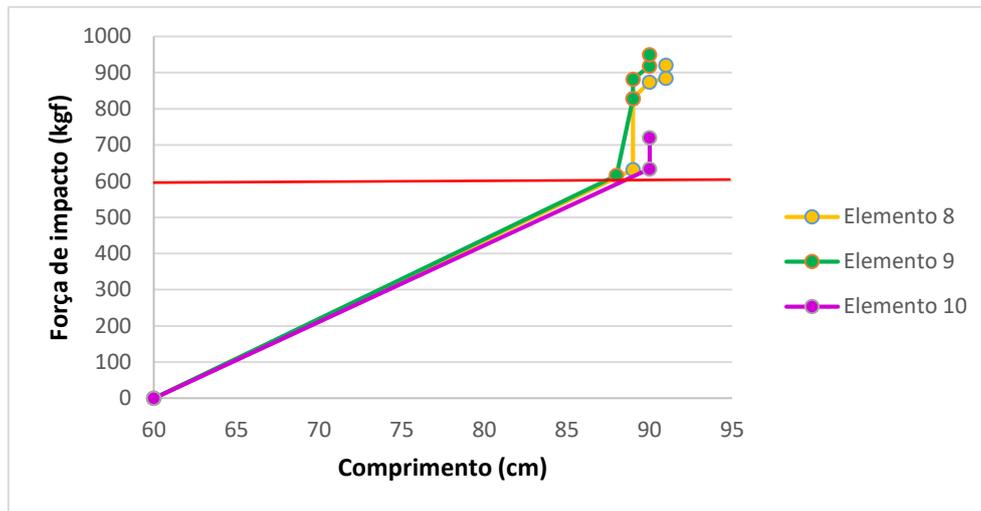
Elemento	inicial (cm)	1ª queda (cm)	2ª queda (cm)	3ª queda (cm)	4ª queda (cm)	5ª queda (cm)
8	60	89	89	90	91	91
9	60	88	89	89	90	90
10	60	90	-	-	-	-

Fonte: O autor

Observe que na primeira queda houve um aumento entre 28cm e 30cm no comprimento do longe. Como a EN 1891:1998 (BSI, 1998), a qual todos os modelos testados são submetidos, exige um alongamento máximo para cordas semi-estáticas de 5% quando empregada uma carga de 150kg, considerando o extremo da situação, apenas 3 cm do tamanho do longe são devido a características da corda, todo o restante é devido ao ajuste do nó 8 utilizado nas pontas do elemento.

Da segunda queda em diante, já não existe a mesma margem para ajuste do nó e dissipação da energia. Por isso, é perceptível o salto de aproximadamente 200kgf para os elementos 8 e 9 e o rompimento do elemento 10.

Gráfico 3 – Relação entre a força de impacto e o comprimento dos longes com cordas semi-estáticas nos testes de fator de queda 1.



Fonte: O autor

O Gráfico 3 acima ressalta a inclinação brusca após ajuste dos nós na primeira queda além de advertir que mesmo no primeiro experimento todos os elementos estão acima da linha de 612kgf indicados pelos normativos para força de impacto. E desta forma, nenhum dos elementos testados reúne as condições mínimas para ser considerado seguro para atividade em altura desempenhada pelo bombeiro.

4.3. Testes realizados com fitas

Foram separados e testados três modelos de fitas denominadas por elementos 11, 12 e 13 na Tabela 1. Neste grupo todos os longes foram submetidos também ao fator de queda 1 e os dados obtidos estão catalogados na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9 - Força de impacto obtida em cada teste de fator de queda 1 com fitas

Elemento	1ª queda (kgf)	2ª queda (kgf)	3ª queda (kgf)	4ª queda (kgf)	5ª queda (kgf)
11	756	-	-	-	-
12	870	956	972	926	952
13	900	1136	1152	-	-

Fonte: O autor

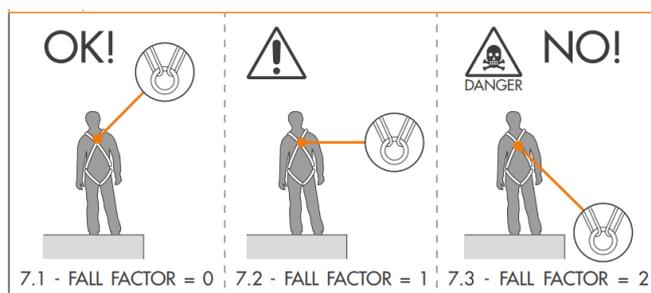
O longe de uso comercial indicado como elemento 11 (*ypsilon*) não apresenta valores da segunda queda em diante, pois foi desenvolvido para estender soltando sua costura interna quando a força de impacto ultrapassar 612kgf atuando em um processo de frenagem até sua parada total, e por assim ter acontecido o equipamento tornou-se inutilizado não permitindo a realização de novas

quedas. Já o elemento 13 confeccionado com fita tubular não obteve valores para 4ª e 5ª quedas por ter rompido durante a realização do terceiro experimento.

Os valores menores de força para as quedas 4 e 5 do elemento 12, quando comparados aos três primeiros experimentos, não eram esperados diante do que os demais testes vinham levantando. No entanto pode ser consequência de algum desalinhamento operacional não identificado ou por se tratar de uma fita plana bastante resistente, porém de baixa absorção de impacto, toda a força da frenagem ao ser transferida para o assento de resgate do manequim pode ter se rearranjado no corpo do boneco de formas diferentes em cada uma das quedas.

Nenhuma das fitas apresentou forças de impacto menores que 612kgf na primeira queda. Até mesmo o *ypsilon* (elemento 11), de uso comercial e distribuído para uso do bombeiro no CBMDF, apesar de ter sido o de melhor desempenho entre as fitas testadas, não obteve valores inferiores aos de referência. Cabe advertir que no manual de instruções de uso do material a fabricante não proíbe o uso para atividades com risco de queda em fatores igual a 1, ela garante a adequação as normas para fator de queda menor que 1, quando o ponto de ancoragem está acima do ponto de conexão do resgatista, e proíbe apenas para fatores de queda maiores ou iguais a 2, quando o ponto de ancoragem está abaixo conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13 - Imagem apresentada no manual do *ypsilon* (elemento 11).



Fonte: Climbing Technology (2021)

Passarinho *et. al.* (2017) ressaltam que as fitas são elementos resistentes, flexíveis e estáticos e por isso não apresentam grande participação na absorção do choque. Bem como não apresentam alongamento para dispersão da carga como visto na análise da Tabela 10 dos dados de comprimento de cada elemento após as quedas.

Tabela 10 – Comprimento inicial e após as quedas dos longes feitos com fitas.

Elemento	inicial (cm)	1ª queda (cm)	2ª queda (cm)	3ª queda (cm)	4ª queda (cm)	5ª queda (cm)
11	65	94	-	-	-	-
12	75	75	75	75	75	75
13	65	66	66	-	-	-

Fonte: O autor

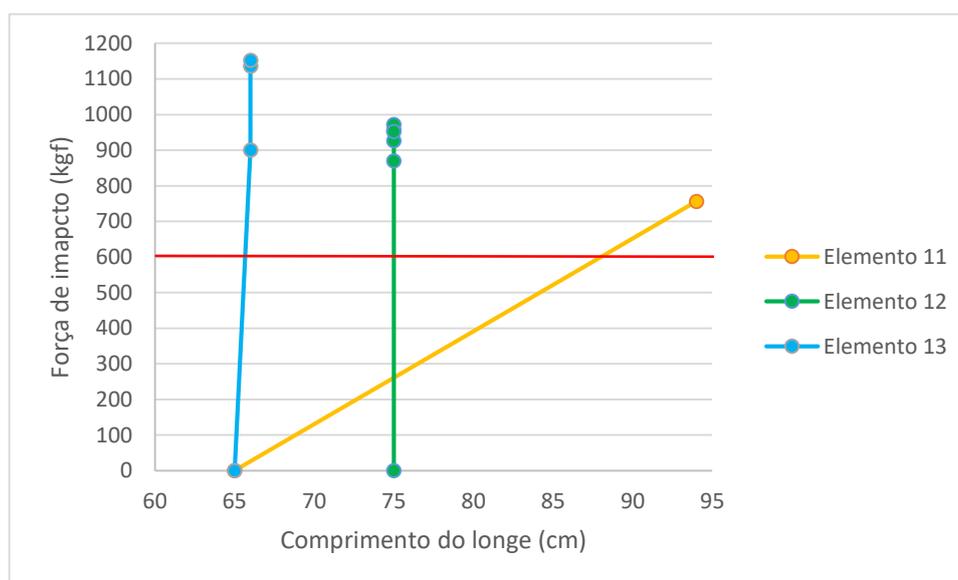
O *ypsilon* (elemento 11), apesar de ter rompido durante a primeira queda e não ser possível realizar as demais, pôde ter seu tamanho mensurado por destruir apenas a parte de absorção do choque.

A parte de retenção externa do material permaneceu intacta. O mesmo não foi possível de fazer com o longe 13 que se rompeu durante a execução do terceiro experimento ao atingir a força de 1152kgf soltando o boneco para impacto com o solo.

O elemento 13 de fita tubular além de ter suas extremidades unidas por um nó de fita, foi ainda preso ao mosquetão e ao assento do manequim por meio do nó boca de lobo que durante a primeira queda pode ter sofrido pequeno ajuste na pressão ocasionando o aumento em aproximadamente 1cm no tamanho do longe. Da mesma forma o elemento 12 com anel de fita costurada foi preso ao assento por um nó boca de lobo, mas não precisou de nó para unir suas extremidades e assim manteve-se o mesmo comprimento inicial e final.

Veja no Gráfico 4 como se comportaram de forma bem ascendente longes durante a sequência de testes efetuada. Lembrando que por se tratar de material estático, quanto maior a inclinação ascendente, menor é a absorção de impacto por meio dos mecanismos de ajuste do nó e alongamento das fibras têxteis e distensão permanente do material.

Gráfico 4 - Relação entre a força de impacto e o comprimento do longe de fitas.



Fonte: O autor

Nesse sentido, os três elementos desse grupo não são considerados seguros aos trabalhos com altura. Todos logo na primeira queda já ultrapassam a linha dos 612kgf de segurança. Com destaque negativo para longe de número 13 produzido com fita tubular que conduziu ao corpo do manequim uma carga acima de 1 tonelada em força, por meio da queda de aproximadamente 66cm.

Em síntese, os experimentos mostraram que dos 13 elementos testados apenas 7 deles obtiveram valores abaixo de 612kgf, não se romperam durante as cinco quedas consecutivas e ainda passaram na inspeção visual à luz dos requisitos da NBR14629:2010, NBR 15834:2010 e EN 354:2010, discutidos na subseção 2.3, após conclusão dos testes. Da terceira queda em diante nenhum dos longes apresentou forças abaixo do limite máximo indicado pelas normas.

O longe *ypsilon* (elemento 11) comprado pela corporação, mostrou-se inadequado para atividades de bombeiro que propiciam manejo em ambientes não necessariamente planejados para

trabalho em altura. Ao encontro das discussões de Carrion *et. al.* (2020) de que mesmo itens comercializados para atividades em altura devem ser testados, atualizados e usados com atenção, o *ypsilon* rompeu seu sistema de absorção de impacto com a queda de fator 1 e não conseguiu atender aos requisitos da norma. Aponta-se que somente em ambientes preparados seria possível permanecer o tempo inteiro suscetível a quedas de fator menor que 1, como indicado pelo fabricante para o equipamento.

Já os longes produzidos artesanalmente, mesmo não certificados, mas em cordas dinâmicas certificadas, com diâmetros entre 8,6mm e 11mm e com os nós 8, botão duplo ou botão triplo conseguiram garantir segurança em quedas de fator 1, alguns modelos até mesmo de fator 2, ao usuário e se mostraram as melhores opções dentro da amostra testada para atividade desempenhada por bombeiros. A ressalva a ser feita é quanto ao grande aumento de tamanho do item logo na primeira queda, podendo chegar ao implemento de mais de 80% do tamanho inicial, exigindo atenção ao modelo escolhido e ao local empregado.

Os elementos testados com nó botão duplo e botão triplo não puderam ser folgados para retirada do mosquetão devido ao ajuste das voltas e tiveram que ser cortados para recuperação do material. Naqueles confeccionados com nó oito, é visível o quanto esse foi tensionado durante as quedas, entretanto o mosquetão foi liberado sem necessidade de aliviar o nó. Mezêncio (2019) estudou o quando de resistência da corda é perdida pela presença do nó, mas pelos dados aqui encontrados ele é importante na confecção dos longes e possui influência direta na distribuição energética de uma queda. Na Figura 14 a seguir estão apresentados os longes após a realização do experimento.

Figura 14 – Longes após execução dos testes



Fonte: O autor

Apesar dos experimentos até aqui realizados terem ressaltado importantes características dos principais longes utilizados pelos militares de salvamento, sabe-se que os fatores de quedas 1 e 2 empregados nesse protocolo, embora tenham contribuído para produção de conhecimento, não atendem a todos os ambientes de trabalho envolvendo altura aos quais os bombeiros estão suscetíveis.

Por isso, a falta de experimentos com fator de queda 3 deixa um vazio em algumas zonas de discussões e fica como sugestão para trabalhos futuros aproveitando-se das possibilidades já existentes no laboratório montado. Além disso, não foram também realizados testes desfazendo-se o nó, aguardando um período maior e repetindo-se o protocolo, o que poderia trazer informações sobre a possibilidade de reutilização do material após uma queda ou seu obrigatório descarte.

Contudo, os resultados destacaram que os elementos de 1 a 7 produzidos com cordas dinâmicas são seguros aos trabalhos com fator de queda máximo de 1. Desses, o elemento 4 com dispositivo metálico de ajuste de tamanho não se comportou com segurança para quedas em fator 2. Já os elementos produzidos com fitas ou cordas semi-estáticas não apresentaram sucesso nos testes e não devem ser utilizados sem o emprego de complemento para absorção de impacto.

Não cabe nos objetivos deste boletim discutir qual o melhor ou pior entre eles, apenas ressaltar se atendem, ou não, em uma queda aos requisitos normativos levantados. Oferecendo, na prática, um rol de possibilidades às quais o usuário poderá recorrer com a garantia de que não estará colocando em risco sua saúde, bem como ainda pode servir de referência à atualização de manuais e apostilas utilizados nos cursos da corporação e despertar a atenção dos militares que adotam em suas atividades um dos 6 modelos de longes reprovados nesta pesquisa.

5. CONCLUSÃO

Deste BITP, pode-se depreender algumas conclusões:

- Os modelos artesanais de longes confeccionados com cordas dinâmicas (elementos 1 a 7) de diâmetros entre 8,6mm e 11mm, com nó oito, botão duplo ou botão triplo são seguros para quedas de fator 1 em uma única queda;

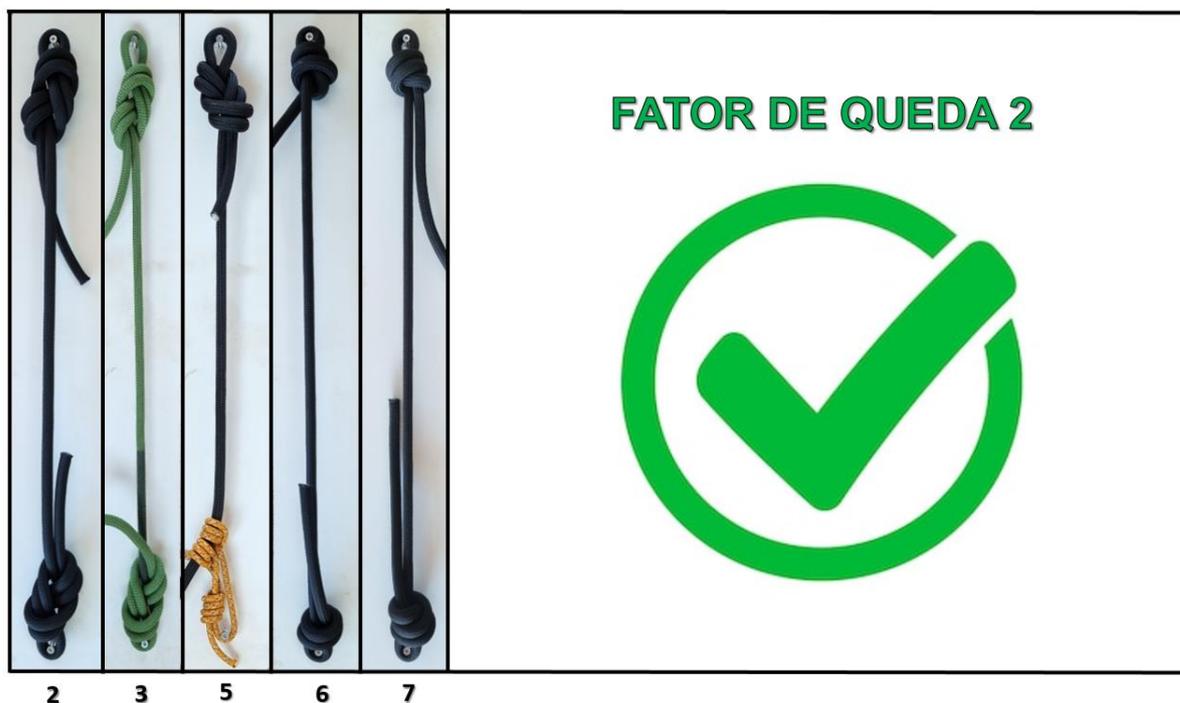
Figura 15 – Modelos de longes considerados seguros para risco de quedas de fator 1.



Fonte: O autor

- Na Figura 15 estão destacados os modelos considerados seguros para fator 1 de quedas e confeccionados à luz das normas vigentes;
- O nó tem importância na distribuição do impacto que chega ao usuário, quanto mais corda se utiliza na confecção do nó, menor é a força de impacto recebida, porém esses valores são mais evidentes da segunda queda em diante aplicada ao mesmo longe;
- Sugere-se a avaliação constante do nó com vistas ao refazimento nos casos em que for identificado aperto excessivo pelo uso constante;
- Após uma queda, sugere-se a substituição do longe usado pelo bombeiro e o descarte do item;
- Nem todos os longes utilizados para risco de quedas de fator 1 devem ser empregados para risco de quedas de fator 2.
- Segue ilustrado na Figura 16 os modelos considerados seguros para fator 2 de quedas:

Figura 16 - Modelos de longes considerados seguros para risco de quedas de fator 2.



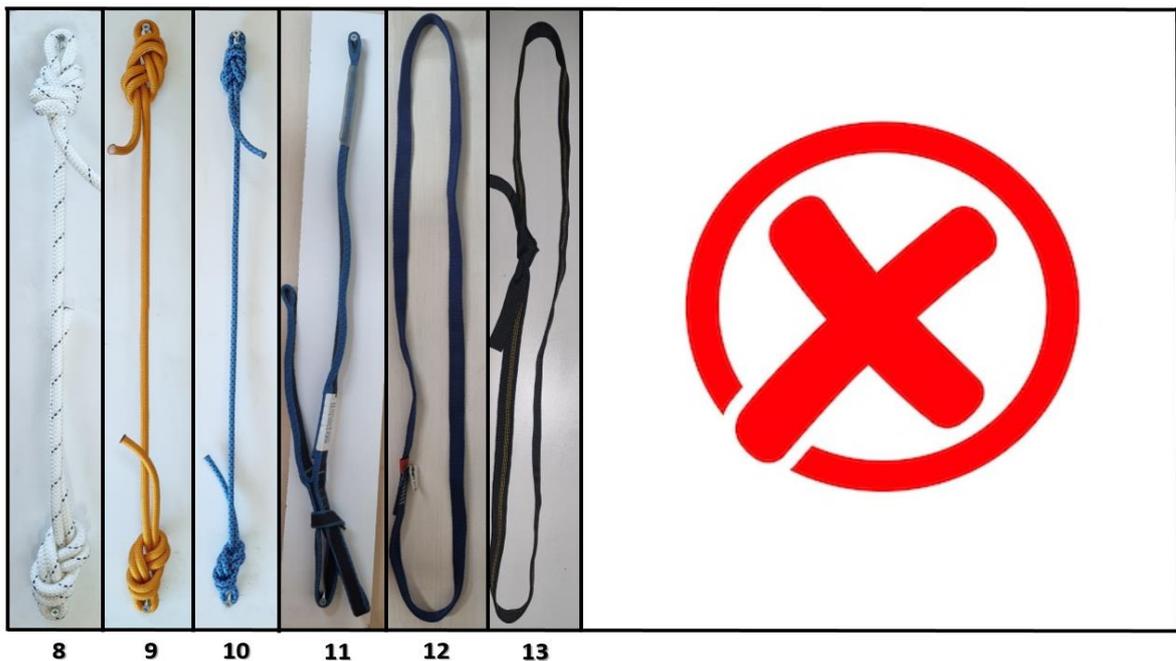
Fonte: O autor

- Deve-se considerar o prolongamento dos longes produzidos com cordas dinâmicas para evitar impacto com o solo ou outros obstáculos presentes na linha de queda, uma vez que quase todos testados aumentaram em mais de 50% do seu tamanho inicial;
- O diâmetro das cordas dinâmicas testadas (entre 8,6mm e 11mm) não tiveram influência significativa nos resultados de impacto tanto para quedas de fator 1 quanto para aquelas de fator 2;
- Não se deve empregar cordas semi-estáticas (elementos 8 a 10) para confecção de longes, pois a força transferida ao usuário pode resultar em danos à saúde;

ASSUNTO: LONGES PARA SALVAMENTO EM ALTURA

- Não se deve usar cordeletes de 6mm (elemento 10) ou fitas tubulares de 26mm (elemento 13) para confecção de longes, uma vez que estes elementos nos testes se romperam, o que provocaria traumas severos em uma atividade real;
- As fitas costuradas de 19mm (elemento 12) distribuídas pela corporação às suas unidades, não devem ser empregadas como longes;
- Os dois modelos de longes com dispositivo de regulagem de tamanho (elementos 4 e 5) testados nesse trabalho atendem aos requisitos da norma para fator de queda 1 e são considerados seguros se empregados com cordas dinâmicas;
- O modelo *ypsilon* da fabricante Climbing Technology (elemento 11) distribuído pelo CBMDF não deve ser empregado quando o risco de queda tiver fator 1 ou maior. A fabricante garante adequação das normas para fatores de queda menor do que 1 e proíbe o seu emprego para fatores de que maior do que 1;
- Na Figura 17 a seguir estão catalogados os modelos de longes que apesar de confeccionados sob os critérios da norma, não obedecem ao máximo estipulado para força de impacto do código;

Figura 17 – Modelos de longes produzidos com cordas semi-estáticas ou fitas considerados inseguros.



Fonte: O autor

- É necessária por parte das cadeiras de instrução de salvamento, e daqueles militares usuários de longes nas atividades da corporação, a revisão e adequação dos modelos adotados com a atenção voltada aos dados que foram apresentados nesse boletim;
- Os longes são apenas parte dos equipamentos de segurança individual de salvamento em altura, mesmo o modelo seguro precisa ser acompanhado dos demais acessórios adequados.

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

Nº 000/2022-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2022

Página 28 de
29

ASSUNTO: LONGES PARA SALVAMENTO EM ALTURA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, Francisco. **Manual de Instruções Técnico-Profissional: Salvamento**. Brasília, [200-?]. Disponível em: <https://www.cbm.df.gov.br/downloads/edocman/legislacoes/manuaisoperacionais/manual%20de%20salvamento.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 14629**: Equipamento de proteção individual contra queda de altura – Absorvedor de energia. Rio de Janeiro, 2010a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 15834**: Acesso por corda – Talabarte de segurança. Rio de Janeiro, 2010b.
- BRASIL. **Portaria nº 11.347, de 6 de maio de 2020**. Estabelece os procedimentos e os requisitos técnicos para avaliação de Equipamentos de Proteção Individual - EPI e emissão, renovação ou alteração de Certificado de Aprovação - CA e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-11.347-de-6-de-maio-de-2020-255941711>. Acesso em: 24 abr. 2021.
- BRASIL. **Portaria nº 313, de 23 de março de 2012**. Aprova a Norma Regulamentadora n.º 35 – Trabalho em altura. Brasília: Secretaria de Inspeção do Trabalho, 2012. Disponível em: http://www.anamt.org.br/site/upload_arquivos/legislacao_-_leis_2012_171220131650415795186.pdf. Acesso em: 24 abr. 2021.
- BRITISH MOUNTAINEERING COUNCIL. **Ropes: a new guide for climbers and mountaineers**, 2014. Disponível em: <https://www.thebmc.co.uk/ropes--a-guide-for-climbers-and-mountaineers>. Acesso em: 01 jun. 2021.
- BRITISH STANDARD INSTITUTION – **BSI. EN 1891**: Personal fall protection equipment for the prevention of falls from a height — Low stretch kernmantel ropes. Londres, 1998.
- BRITISH STANDARD INSTITUTION – **BSI. EN 354**: Personal fall protection equipment — Lanyards. Londres, 2010.
- BRITISH STANDARD INSTITUTION – **BSI. EN 355**: Personal protective equipment against falls from a height — Energy absorbers. Londres, 2002.
- BRITISH STANDARD INSTITUTION – **BSI. EN 364**: Personal protective equipment against falls from a height — Test methods. Londres, 1993.
- BRITISH STANDARD INSTITUTION – **BSI. EN 892**: Mountaineering equipment – Dynamic mountaineering ropes – Safety requirements and test methods. Londres, 2012.
- CLIMBING TECHNOLOGY. **Ypsilon**: cordão Y para trabalho em altura e alpinismo. Cisano Bergamasco, Itália: Aludensing, 2021. Manual do equipamento. Disponível em: https://www.climbingtechnology.com/wp-content/uploads/2015/06/IST52-YPLONCTS_rev-0_12-21.pdf. Acesso em: 21 abr. 2022.
- COELHO, Jessica Olga dos Reis. **Avaliação e prevenção de acidentes no trabalho em altura na construção civil**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015. Disponível em: http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_JESSICA%20OLGA%20DOS%20REIS%20COELHO.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.

BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL

Nº 000/2022-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: OUTUBRO/2022

Página 29 de
29**ASSUNTO: LONGES PARA SALVAMENTO EM ALTURA**

- CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Coletânea de manuais técnicos de bombeiros: Salvamento em altura**. 1ª ed. São Paulo, 2006. Disponível em: https://www.cbm.ro.gov.br/images/2020/-editais/CFS_2020/MTB-26SALVAMENTO_EM_ALTURA-compactado.pdf. Acesso em: 02 set. 2021.
- MEZÊNCIO, André Luís Silva. **Carga de ruptura estática dos nós utilizados nas atividades de salvamento em altura do CBMDF**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/handle/123456789/62>. Acesso em: 23 fev. 2021.
- NATIONAL STANDARDS AUTHORITY OF IRELAND – **NSAI. EN 564: Mountaineering equipment – Accessory cord – Safety Requirements and test methods**. Dublin, 2014.
- PASSARINHO, Estevão Lamartine Nogueira et al. **Salvamento em altura: manual de equipamentos**. 1 ed. Brasília, 2017.
- POMARES, J. C.; CARRIÓN, E. A.; GONZÁLEZ, A.; SAEZ, P. I. Optimization on Personal Fall Arrest Systems: Experimental Dynamic Studies on Lanyard Prototypes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v.17, n.3, p. 1-15, fev. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32050543/>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- SPINELLI, Luiz Eduardo. **Artigos Técnicos: Informativo técnico número 2**. 2006. Disponível em: http://www.spinelli.blog.br/indice_artigos.htm. Acesso em: 27 mar. 2021.
- SPINELLI, Luiz Eduardo. **Artigos Técnicos: Informativo técnico número 6**. 2012. Disponível em: http://www.spinelli.blog.br/indice_artigos.htm. Acesso em: 27 mar. 2021.
- SPINELLI, Luiz Eduardo. **Artigos Técnicos: Informativo técnico número 11**. 2015. Disponível em: http://www.spinelli.blog.br/indice_artigos.htm. Acesso em: 27 mar. 2021.
- WEBER, C.; ATTAWAY, S. Predicting Rope Impact Forces Using a Non-linear Force Deflection. **International Technical Rescue Symposium**, Denver, p. 1-12, nov. 2002. Disponível em: http://web.mit.edu/sp255/www/reference_vault/second_order_rope_fit.pdf Acesso em: 01 jun. 2021.

EQUIPE RESPONSÁVEL**Elaboração:**

- Maj. QOBM/Comb. ESTEVÃO LAMARTINE NOGUEIRA **PASSARINHO** (orientador da pesquisa)
- Cad. QOBM/Comb. **DIEGO DE SOUSA ALVES** (autor da pesquisa)