

**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 **NICOLAS** VIEIRA DIAS DOS SANTOS



**AS CORDAS USADAS NAS ATIVIDADES DE SALVAMENTO EM
ALTURA: ANÁLISE ACERCA DAS CONSEQUÊNCIAS
DECORRENTES DE DESGASTES SOFRIDOS POR CORDAS DE
SALVAMENTO**

BRASÍLIA
2025

Cadete BM/2 **NICOLAS** VIEIRA DIAS DOS SANTOS

**AS CORDAS USADAS NAS ATIVIDADES DE SALVAMENTO EM
ALTURA: ANÁLISE ACERCA DAS CONSEQUÊNCIAS
DECORRENTES DE DESGASTES SOFRIDOS POR CORDAS DE
SALVAMENTO**

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: Ten-Cel. QOBM/Comb. ESTEVÃO LAMARTINE NOGUEIRA
PASSARINHO

BRASÍLIA
2025

Cadete BM/2 **NICOLAS** VIEIRA DIAS DOS SANTOS

**AS CORDAS USADAS NAS ATIVIDADES DE SALVAMENTO EM
ALTURA: ANÁLISE ACERCA DAS CONSEQUÊNCIAS
DECORRENTES DE DESGASTES SOFRIDOS POR CORDAS DE
SALVAMENTO**

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: 15/06/2025.

BANCA EXAMINADORA

NILSA ANTÔNIA DE OLIVEIRA – Tem-Cel. QOBM/Comb.
Presidente

RAFAEL COSTA GUIMARÃES – Cap. QOBM/Compl.
Membro

JORGE HAMILTON HEINE E SILVA – Cap. QOBM/Comb.
Membro

ESTEVÃO LAMARTINE NOGUEIRA PASSARINHO – Ten-Cel. QOBM/Comb.
Orientador

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar os principais contaminantes e os efeitos dos desgastes físicos e químicos nas cordas utilizadas em atividades de salvamento em altura pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). A pesquisa tem caráter tanto experimental quanto descritiva e adota uma abordagem bibliográfica documental e experimental, incluindo testes práticos para analisar a resistência das cordas após exposição a substâncias químicas como combustíveis, lubrificantes e ácidos. O procedimento experimental utilizou cordas de poliamida padrão do CBMDF, submetidas a 15 agentes químicos distintos, com medição da resistência por meio de um ensaio destrutivo de tração com dinamômetro. Os resultados indicaram que a umidade e substâncias como gasolina e detergentes reduzem a resistência das cordas em níveis moderados, enquanto o ácido sulfúrico provocou a maior degradação, comprometendo sua integridade estrutural e fazendo com que elas ficassem inadequadas para uso operacional, conforme os limites estabelecidos pela EN 1891. Constatou-se que óleos lubrificantes e tintas causam impactos mínimos, preservando a resistência da corda. A pesquisa conclui que a exposição a contaminantes pode comprometer a segurança operacional, tornando essencial a inspeção frequente, a adoção de medidas preventivas e o descarte adequado de cordas expostas a substâncias altamente degradantes. Como contribuição prática, este estudo resultou na elaboração de um Boletim de Informação Técnico-Profissional (BITP), fornecendo recomendações para a conservação e o uso seguro das cordas nas atividades de resgate em altura.

Palavras-chave: Salvamento em altura; cordas; degradação química; segurança operacional.

ROPES USED IN HIGH-ALTITUDE RESCUE ACTIVITIES: ANALYSIS OF THE CONSEQUENCES RESULTING FROM DEGRADATION ON RESCUE ROPES

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the primary contaminants and the effects of physical and chemical wear on ropes used in high-angle rescue operations by the Military Fire Department of the Federal District (CBMDF). The research is both experimental and descriptive in nature, adopting a bibliographic, documentary, and experimental approach. It included practical tests to analyze the strength of ropes after exposure to chemical substances such as fuels, lubricants, and acids. The experimental procedure used standard polyamide ropes from CBMDF, subjected to 15 different chemical agents. The strength was measured through a destructive tensile test using a dynamometer. The results indicated that moisture and substances such as gasoline and detergents moderately reduced the rope's strength. Sulfuric acid caused the highest degradation, compromising structural integrity and rendering the ropes unsuitable for operational use according to the limits established by EN 1891. The results showed that lubricating oils and paints have minimal impact, preserving the rope's strength. The study concluded that exposure to contaminants can compromise operational safety. Therefore, it is important to conduct frequent inspections, preventive measures, and proper disposal of ropes exposed to highly degrading substances. As a practical contribution, this study resulted in a Technical-Professional Information Bulletin (BITP), providing recommendations for the conservation and safe use of ropes in high-angle rescue activities.

Keywords: *High-altitude rescue; ropes; chemical degradation; operational safety.*

1. INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF), conforme o artigo 140 da Lei n.º 12.086 (Brasil, 2009), tem como atribuições essenciais atuar em operações de busca e salvamento, prestar atendimento pré-hospitalar, oferecer socorro em situações de sinistros, inundações, desabamentos, catástrofes, calamidades públicas e outras ocorrências que demandem a proteção da vida e do patrimônio, além de realizar perícias, prevenir e combater incêndios.

As operações de busca e salvamento consistem, basicamente, na remoção de pessoas, animais e/ou bens dos mais variados sinistros, com o propósito de proteger a saúde tanto física quanto mental das pessoas envolvidas, isso torna o serviço altamente especializado. Isso requer dos profissionais do CBMDF um vasto conhecimento profissional devido à variedade de atividades e materiais utilizados nesse contexto.

A corda é o principal material utilizado nas atividades de salvamento; ela é empregada taticamente na sustentação e na segurança das diversas atividades, conforme informa o Manual de Salvamento em Altura: Equipamentos (CBMDF, 2017). Segundo tal documento, ela pode ser definida como um conjunto de fibras torcidas ou trançadas entre si, dentro ou não de uma capa, que formam um feixe longitudinal e flexível.

Segundo Spinelli (2019), o uso de cordas em atividades de salvamento, independentemente de seu formato ou material, leva a uma deterioração natural, seja pelo esforço a que eles eventualmente sejam submetidos, aos agentes presentes no ambiente de trabalho como a luz do sol (raios ultravioletas), as substâncias químicas, as fontes de calor, aos objetos ou as superfícies cortantes ou abrasivas.

As cordas, como já foi mencionado, são usadas em diferentes casos e técnicas de salvamento. Isto posto, questiona-se a importância de se conhecer a melhor forma de preservá-las. Por isso, parte-se da ideia de que a contaminação das cordas pode afetar a segurança do trabalho dos bombeiros e, portanto, pretende-se, com este trabalho, responder a seguinte pergunta: **Quais os principais contaminantes para as cordas usadas nas atividades de salvamento em altura e quais as**

consequências dos desgastes sofridos pelas cordas usados em operações de salvamento em altura?

Essa pergunta serve como problema de pesquisa que será a base para entender o funcionamento desses materiais. Dessa forma, justifica-se este trabalho como uma forma de expandir os estudos sobre esse instrumento de trabalho usado nas operações de salvamento, além de contribuir para uma melhor compreensão da importância de se manter os padrões de segurança e seguir as normas que versam sobre a temática.

Entende-se que é fundamental para a atividade de bombeiro o estudo sobre as cordas, uma vez que com o estudo dessa área de conhecimento, está de acordo com o objetivo estratégico presente no Plano Estratégico do CBMDF 2025-2030 de “promover a expertise para a realização das atividades bombeiro militar por meio da educação corporativa, da gestão do conhecimento e da inovação” (CBMDF, 2024b). Assim, o CBMDF terá a capacidade científica para definir a melhor forma de preservar e manter os equipamentos em boas condições de uso, garantindo a segurança dos militares nas operações de salvamento em altura e, conseqüentemente, prestando um serviço eficiente à sociedade do Distrito Federal.

Ante ao exposto, **o objetivo geral é avaliar os principais contaminantes e os efeitos que os desgastes físicos e químicos causam nas cordas usadas nas atividades de salvamento em altura.**

Como objetivos específicos, espera-se:

a) verificar quais os tipos de comprometimento do material das cordas quando expostas a diferentes tipos de desgastes.

b) demonstrar por meio dos resultados obtidos quais contaminantes interferem mais ou menos no desgaste das cordas.

c) produzir um Boletim de Informação Técnico-Profissional (BITP).

Para a realização deste trabalho, foram adotados procedimentos metodológicos que incluíram pesquisa bibliográfica e documental sobre o uso de cordas em operações de salvamento, bem como uma análise dos principais contaminantes que afetam a durabilidade e a eficiência das cordas. Além disso, foi

realizado um teste prático em que foi analisado a perda de resistência que as cordas sofrem quando expostas a diversos desgastes químicos e físicos.

Primeiramente, foram consultadas normas técnicas e manuais operacionais, como a Norma Regulamentadora 35 (NR 35), Norma Brasileira 15986 (NBR 15986) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e a EN 1891:1998 do Comité Europeu de Normalização (CEN, 1998), para compreender as especificações e padrões exigidos para as cordas. Os dados empíricos foram coletados por meio da realização de testes de tensão das cordas contaminadas, permitindo avaliar na prática os efeitos dos contaminantes e desgastes nas cordas. Por fim, os resultados obtidos foram analisados e comparados com os dados da literatura, visando a elaboração de recomendações para a preservação e o uso seguro das cordas nas atividades de salvamento em altura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Definição de cordas e normas regulamentadoras

Conforme a Norma Regulamentadora 35 (NR 35), a norma brasileira para a fabricação de cordas é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15986: Cordas de alma e capa de baixo coeficiente de alongamento para Acesso por Corda (ABNT, 2011).

A Norma ABNT NBR 15986 abarca os mesmos requisitos da Norma Europeia EN 1891 promovendo assim uma maior padronização. Segundo essa norma reguladora, a escolha adequada da corda para uma determinada tarefa deve levar em conta os seguintes parâmetros:

resistência da corda, desgaste, abrasão, reação a produtos químicos, radiação UV, sujeira e contaminantes; desempenho da corda em condições de umidade, temperatura, condições climáticas e sujidades; resistência à torção e rigidez; facilidade para a realização de nós; e compatibilidade da corda com todos os dispositivos que precisam interagir com ela, em especial seu diâmetro (ABNT, 2011, p. 12).

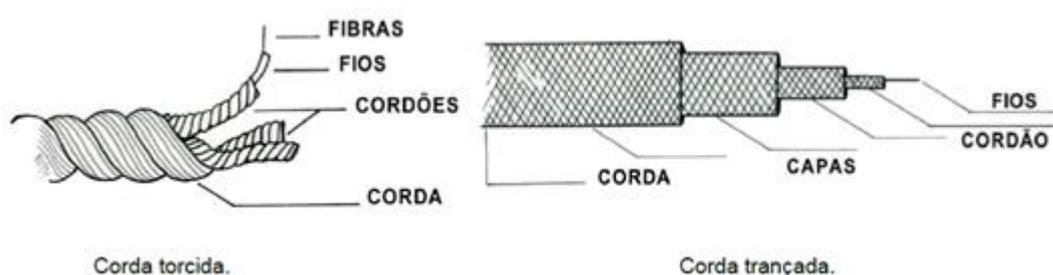
A NBR 15986 (ABNT, 2011) também informa que “as cordas utilizadas em acesso por corda, ascensão, descensão, deslocamento horizontal, resgate e espeleologia são empregadas de forma análoga, portanto devem ter as mesmas características”. Isto é, entende-se que as cordas, como instrumentos de trabalho nas buscas e salvamentos, devem ter características padronizadas.

As cordas são constituídas, basicamente, por fibras (unidade básica da constituição da corda), que são unidas de forma torcida ou trançada em fios. Estes, por sua vez, são novamente torcidos ou trançados, formando os cordões. A corda é o conjunto destas fibras, fios e cordões, torcidos ou trançados entre si, que podem estar ou não dentro de uma capa, formando um único corpo flexível e resistente (CBMDF, 2024a, p. 3).

As cordas são produzidas a partir de fibras naturais, como algodão, juta, cânhamo, sisal, entre outras, ou fibras sintéticas. Devido às características das fibras naturais, como a baixa resistência mecânica, a sensibilidade a fungos, propensão ao mofo, a falta de uniformidade na qualidade e uma relação desfavorável entre peso, volume e resistência, recomenda-se o uso exclusivo de cordas feitas de fibras sintéticas em serviços de salvamento (CBMDF, 2017).

Na produção de uma corda, as fibras podem ser organizadas de diferentes maneiras, como torção, trançado ou em uma estrutura de capa e alma (Figura 1). No caso das cordas empregadas em operações de salvamento, é comum que sejam formadas por esses dois componentes. A alma, constituída por milhares de fibras, é responsável por cerca de 80% da resistência total da corda. Já a capa, que envolve e protege a alma contra abrasão e outros fatores externos, contribui com os 20% restantes da resistência (CBMDF, 2022).

Figura 1 - Partes da corda



Fonte: CBMDF (2022).

Os materiais utilizados na fabricação das cordas de alma e capa trançada de baixo coeficiente de alongamento deve ser constituídos por fibras virgens, multifilamentos e contínuas. Os materiais utilizados para a construção de alma e da capa devem ter o ponto de fusão $> 195\text{ }^{\circ}\text{C}$ (CEN 1891, 1998).

As cordas de fibras sintéticas são cabos formados por substâncias derivadas do petróleo ou carvão. Estas cordas são compostas por fibras longas, podendo atingir o comprimento total da corda, sendo as variedades mais comuns incluindo polipropileno, poliamida, poliéster, polietileno e aramida. Essas cordas são frequentemente empregadas em atividades de resgate devido à sua resistência à tração e ao atrito, sua impermeabilidade e, como resultado, sua considerável durabilidade (CBMDF, 2017).

As cordas de poliamida são produzidas a partir de um polímero termoplástico leve e flexível. Este material apresenta excelente resistência à tração e à umidade. Devido à sua elasticidade, é amplamente utilizado na fabricação de cordas, graças à sua resistência e capacidade de absorver impactos. O ponto de fusão da poliamida é de aproximadamente 215°C , sendo propenso à cristalização com certos freios descensos durante descidas rápidas ou prolongadas. Contudo, uma desvantagem

significativa é a sua susceptibilidade à degradação quando exposta à radiação ultravioleta (UV) por períodos prolongados, além de apresentar uma redução de resistência de 10 a 15% em condições de umidade corda (CBMDF, 2024a).

As cordas de poliéster são feitas de fibra sintética resistente e durável. Elas têm alta resistência mecânica e à abrasão, além disso, são usadas em cordas, fitas e cadeiras de resgate e resistem à umidade e a alguns produtos químicos. Embora essas cordas sejam mais pesadas e menos elásticas que as de poliamida, elas não perdem resistência quando molhadas. Elas são comuns em fitas e cadeiras de resgate (CBMDF, 2024a).

De acordo com Teufelberger (2020), as fibras de aramida possuem uma carga de ruptura extremamente alta e quase não apresentam alongamento. Por outro lado, elas são sensíveis aos raios UV, à flexão sobre bordas afiadas e à abrasão. Essas fibras são principalmente utilizadas em aplicações onde a resistência a altas temperaturas é essencial, como em guinchos, cordas de balões de ar quente ou em qualquer outra situação que envolva exposição ao calor.

Segundo o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP, 2006), as cordas feitas de poliolefinas, como polipropileno e polietileno, têm como característica não absorver água e, por isso, são ideais para aplicações onde a flutuação é essencial, como em operações de resgate aquático. No entanto, essas fibras apresentam desvantagens, pois degradam-se rapidamente quando expostas à luz solar, possuem baixa resistência à abrasão e impacto e apresentam um ponto de fusão reduzido. Por essas razões, seu uso não é recomendado para resgates em altura, sendo proibidas em trabalhos que envolvem cargas.

O material predominante na fabricação de cordas modernas para trabalhos em altura é a poliamida, comumente conhecida como Nylon. Essa escolha é motivada pelas excelentes propriedades que ela oferece, combinando resistência e elasticidade de maneira excepcional, tornando-a capaz de absorver choques de forma superior a outros materiais. Além disso, a poliamida tem outra característica vantajosa quando usada para salvamento, pois ela não flutua na água e é resistente ao apodrecimento (CBMDF, 2017).

No entanto, cabe destacar que esse material tem como desvantagem o fato de que ele é sensível à radiação ultravioleta e não deve ser exposto ao sol por períodos

prolongados. Seu ponto de fusão é de aproximadamente 215°C. Ademais, é importante observar que o nylon pode perder de 10% a 15% de sua resistência quando molhado (CBMDF, 2017).

Assim, as cordas empregadas no CBMDF, quanto à sua elasticidade, podem ser divididas basicamente em dois tipos: dinâmicas (conforme norma EN 892, empregadas na confecção de cabos da vida, longes, escaladas e proteção contra quedas) e semi-estáticas (conforme norma EN 1891 ou NFPA 2500, empregadas em progressões, tirolesas, etc.). Atualmente, o CBMDF utiliza cordas certificadas para as normas europeias EN (CBMDF, 2024a).

Atualmente, o CBMDF emprega cordas do tipo semi-estáticas, certificação EN 1891, tipo "A". A grande maioria dessas cordas são da fabricante francesa COUSIN-TRESTEC. A última aquisição foi do modelo SAFETY PRO THERMOCORE 11, nas cores branco com laranja e branco com verde, sendo que o padrão de duas cores tem por fim permitir distinguir as cordas durante uma operação de resgate, facilitando a comunicação e a própria operação em si (CBMDF, 2024a).

De acordo com a Norma Interna de Segurança Básica nas Instruções Profissionais do CBMDF, nas atividades de salvamento em altura, as cordas utilizadas devem atender a requisitos específicos. Para atividades de transposição e progressão (ascensão e descensão), possuir certificação EN 1891 de cordas semi-estáticas do tipo A (CBMDF, 2019, p. 7).

A EN 1891, informa que a corda com alma e capa trançada de baixo coeficiente de alongamento, para ser considerado do tipo A deve possuir a resistência estática de no mínimo 22 kN (2243,34 kgf) quando sem terminais e de no mínimo 15kN (1529,55 kgf) com terminais (CEN 1891, 1998).

Segundo a NBR 15986, as cordas de alma e capa trançada de baixo coeficiente de alongamento (Kernmantle):

são sensíveis ao desgaste, uso e deterioração mecânica, e podem conseqüentemente tornar-se mais frágeis sobre a ação de determinados agentes, como produtos químicos, calor, luz, etc, por este motivo é essencial efetuar inspeções regulares para garantir que a corda continue sendo utilizada (ABNT, 2011, p. 23).

Segundo o BITP - Carga de Ruptura de Nós e Amarrações (CBMDF, 2023), a resistência de uma corda é influenciada por diversos fatores, incluindo o material de suas fibras, método de construção, diâmetro, elasticidade, condição de uso e

maleabilidade. Quando um nó é aplicado na corda, sua resistência diminui devido às variações de compressão e estiramento das fibras causadas pela curvatura do nó. Essa redução na resistência é geralmente expressa em termos percentuais em relação à resistência original da corda, que é medida sem nenhum nó. A resistência da corda com nó refere-se à sua carga de ruptura, ou seja, o valor da tração no momento exato em que o nó se rompe. Esse valor pode ser expresso também em um número percentual, que representa a resistência residual da corda quando aplicado ao nó.

2.2. Tipos de desgastes que podem afetar as cordas

As cordas podem sofrer danos irreparáveis conforme os usos ou mesmo durante sua primeira utilização, a depender dos trabalhos executados. A manutenção e vida útil de uma corda dependem

da frequência de utilização, da forma de emprego, da sua manutenção adequada, do excesso de trabalhos mecânicos, dos processos de abrasão sofridos por ela e da quantidade de raios ultravioletas e umidade que ela absorve, tendo em vista que eles degradam, pouco a pouco, as propriedades da corda (Araújo, 2007, p. 66).

Cortes, contusões ou uso inadequado podem causar danos tanto internos quanto externos, evidenciados por rupturas locais ou afrouxamento dos fios e da estrutura da corda. Além disso, o desgaste interno, resultante da flexão repetida, especialmente quando a corda está molhada, ou da infiltração de partículas de areia, pode ser identificado pela perda de tensão nos fios ou pelo acúmulo de fibras em pó (CEN 1891, 1998).

Conforme a NBR 16489, alguns materiais alteram suas características quando ficam molhados. A fibra de poliamida, por exemplo, perde entre 10% e 20% da resistência, enquanto testes estáticos em cordas dinâmicas de poliamida mostram uma perda de até 30% (ABNT, 2017). Segundo a NBR 15986, cordas de poliamida absorvem uma quantidade limitada de água, porém quando se umedecem podem provocar uma perda de resistência (ABNT, 2011).

A NBR 15986 informa que as cordas, independentemente do material utilizado na sua fabricação, são suscetíveis ao desgaste, ao uso e à deterioração mecânica. Sob a influência de agentes como produtos químicos, calor, luz, entre outros, as cordas tendem a tornar-se mais frágeis. Por essa razão, é crucial realizar inspeções periódicas para assegurar a contínua segurança e funcionalidade da corda. Destaca-

se que, independentemente da fonte de deterioração, os efeitos são mais severos em cordas com diâmetros menores em comparação com aquelas de diâmetros maiores (ABNT, 2011).

A luz solar enfraquece as fibras da corda sem penetrar profundamente, portanto, a exposição desnecessária deve ser evitada. Para verificar a degradação solar, sugere-se que se esfregue a superfície da corda com a unha do polegar; se a degradação ocorreu, a superfície se tornará em pó e a corda ficará seca, áspera e resinosa. Embora essa degradação seja significativa em cordas pequenas, é menos provável que afete cordas maiores durante sua vida útil esperada (CEN 1891, 1998).

De acordo com a NBR 16489, a resistência de uma corda diminui quando feita um nó. Por exemplo, uma corda de baixo alongamento com diâmetro de 10,5 mm conforme a ABNT 15986 perde entre 23% e 34% da resistência ao formar um nó oito duplo (ABNT, 2017). Segundo o BITP de Carga de Ruptura de Nós e Amarrações, o nó oito padrão, realizado com uma corda de poliamida de 11 mm, possui uma resistência do nó em relação à resistência do cabo de 68%, totalizando 2.292 kgf antes da ruptura. Isso indica uma perda de resistência de 32% em relação à resistência original da corda, que é de 3.355 kgf (CBMDF, 2020).

Conforme a NBR 16489, a resistência de um nó depende principalmente do raio da primeira curva em contato com ele. Curvas muito apertadas resultam em nós mais fracos. Recomenda-se prever uma redução de 50% na resistência devido ao nó para garantir uma margem adequada para situações extremas (ABNT, 2017).

A Norma Regulamentadora 35 informa que existem três grupos de produtos químicos frequentemente encontrados em ambientes industriais que não devem entrar em contato com cordas: ácidos, hidrocarbonetos (principalmente derivados de petróleo) e materiais alcalinos (Brasil, 2018).

De acordo com o British Mountaineering Council (2014), os produtos químicos corrosivos, como ácidos, causam danos catastróficos às cordas. Muitos produtos de limpeza domésticos contêm ácidos fortes que podem rapidamente comprometer a integridade da corda. Esses danos nem sempre são visíveis, portanto, caso haja suspeita de exposição a substâncias corrosivas, recomenda-se o descarte imediato da corda. Além disso, as baterias, especialmente as de automóveis, representam uma fonte significativa de ácido forte e devem ser mantidas afastadas das cordas.

O quadro a seguir foi adaptado da NBR 16489 (ABNT, 2017) e informa sobre o nível de resistência de algumas fibras artificiais usadas na fabricação de equipamentos de proteção individual de queda determinados a produtos químicos.

Quadro 1 - Nível de resistência aos produtos químicos de equipamentos de proteção individual de queda.

Produto Químico	Poliamida		Poliéster		Polipropileno		Aramida		
	20 °C	60 °C	20 °C	60 °C	4 dias 20 °C	21 horas 70 °C	21 °C	60 °C	6 meses 20 °C
Hipoclorito de sódio 0,25% Cl – Água sanitária	-	-	N	N	-	-	-	-	-
Ácido sulfúrico 2%	L	L	L	C	N	N	N	L	-
Ácido sulfúrico 10%	C	D	L	C	N	N	L	C	-
Ácido sulfúrico 50%	C	D	L	C	N	L	D	D	-
Óleo de motor	N	N	N	N	L	D	N	N	-
Óleo Lubrificante	N	N	N	N	N	L	-	-	-

Legenda quadro: N: efeito desprezível L: efeito limitado C: efeito considerável D: Dissolve ou decompõe.

Fonte: Adaptada da NBR 16489 (2017).

Segundo a NBR 15986, os filamentos de poliamida não são afetados por álcalis à temperatura normal, nem por numerosos tipos de óleos, porém se incham em contato com certos solventes orgânicos (ABNT, 2011).

Lima (2005, p. 8) informa que “poeira, terra e areia, todas essas partículas penetram pela capa e por abrasão provocam desgastes internos, dificilmente vistos olhando-se por fora”. Além disso, o autor alerta sobre os danos e os desgastes que podem ser causados às cordas quando ocorre pressão nelas, ao pisar, sentar-se ou apoiar-se sobre as cordas, ocorrendo assim um desgaste interno do material.

Lima (2005, p. 8) também complementa que “os ácidos de qualquer espécie (mas comumente o de bateria de carro) e os hidrocarbonetos (derivados do petróleo)”, elementos esses que são facilmente encontrados em veículos automotivos, podem causar graves danos às cordas.

A corda de filamento de poliamida possui boa resistência a danos causados por carregamento repetido, porém pode sofrer alongamento permanente, reduzindo sua extensão disponível em emergências. Embora uma medição sob as mesmas condições possa indicar sua extensão total, isso não garante a detecção de deformações locais. Para identificar alongamentos excessivos que possam comprometer a resistência da corda, recomenda-se medir a distância entre marcadores indelévelis regularmente espaçados (CEN 1891, 1998).

2.2.1. Procedimentos a serem tomados em casos de desgaste das cordas

A NBR 15986 determina que estabelecer critérios de aceitação ou rejeição de uma corda é uma tarefa mais complexa do que simplesmente descrever o método de controle. A distinção clara entre cordas seguras e inseguras depende, em grande medida, da qualidade do material utilizado. Na prática, a decisão de manter ou descartar uma corda deve considerar sua condição geral. Muitas das diretrizes que auxiliam o avaliador não podem ser definidas com exatidão, sendo descritas apenas de forma geral (ABNT, 2011).

Conforme a NBR 16489, os componentes de material têxtil podem ser usados em condições molhadas sem grandes preocupações. No entanto, deve-se tomar cuidado extra se os componentes estiverem próximos da carga máxima nominal (ABNT, 2017).

Segundo Spinelli (2019, p. 41), entre os cuidados para verificar as condições internas e externas da corda, está a inspeção física para averiguar a integridade da capa e da alma. A capa, por ser externa, pode ser conferida visualmente. Para conferir a alma, deve-se realizar uma inspeção tátil em todo o comprimento da corda. Neste procedimento deve-se verificar se a capa não possui cortes, queimaduras, fios desgastados, áreas que tenham sofrido abrasão ou sinais de produtos químicos. Verifica-se também a integridade da alma, buscando detectar pontos rígidos, inchaço, áreas flácidas ou trituradas (CBMDF, 2017).

Quanto a isso, Lima (2005, p. 9) informa que “os hidrocarbonetos (óleo, querosene, gasolina, diesel, etc.) podem ainda ser detectáveis pelo cheiro ou cor”, o que os torna mais fácil de serem identificados e evitar acidentes. Contudo, Lima (2005, p. 9) complementa informando que esses ácidos, por muitas vezes, são os responsáveis por degradar as cordas sem deixar marcas visíveis. Neste caso, assim

que identificado qualquer tipo de contaminação ou mesmo a mera suspeita, a corda deve ser descartada.

Existem circunstâncias específicas que tornam a corda inadequada para atividades de salvamento, uma vez que sua utilização nessas situações representa um risco para a vida dos bombeiros e para o sucesso da operação. Entre as considerações mais críticas, incluem-se aquelas em que as cordas tiverem sido submetidas a uma carga excessiva, ou tiverem sofrido um impacto intenso ou sobrecarga (força superior à carga de trabalho), apresentarem danos na alma, desgaste significativo na capa ou caso elas tenham sido expostas a reagentes químicos (Araújo, 2007).

De acordo com a NR 35, a durabilidade de uma corda não se restringe apenas ao seu período de utilização, sendo influenciada por diversos elementos como a manutenção realizada, a frequência de uso, o tipo de equipamento empregado, a natureza e intensidade da carga, o desgaste físico, a degradação química, a exposição à luz ultravioleta, os impactos mecânicos e as condições climáticas, entre outros. Indiferentemente da quantidade de tempo que a corda foi utilizada, é aconselhável descartá-la nas seguintes situações: identificação de notável desgaste por abrasão, presença de danos localizados na capa, exposição a impactos mecânicos intensos ou suspeita de contaminação química ou de qualquer outra natureza (Brasil, 2018).

A vida útil da corda é de, no máximo, 10 (dez) anos de uso. Entretanto, esse prazo está sujeito a fatores como: o nível de cuidado e manutenção, a frequência de uso, o tipo de equipamento utilizado, a velocidade de descida, o tipo e intensidade da carga, a abrasão física, a degradação química, a exposição a raios ultravioletas, entre outros. A avaliação das condições de uma corda depende da observação visual e tátil de sua integridade, bem como de seu histórico de uso (CBMDF, 2022).

De acordo com o CBPMESP (2006), recomenda-se o descarte de cordas de salvamento em altura que tenham sido utilizadas de forma inadequada, como no reboque de veículos, movimentação de cargas ou deslocamento em espaços confinados. Além disso, devem ser descartadas cordas que tenham sofrido impactos intensos, como quedas bruscas durante a poda de árvores.

O quadro 2 apresentado a seguir foi extraído do BITP CETOP n.º 34/2024: equipamentos sintéticos empregados no salvamento em altura e apresenta uma previsão do tempo de vida útil das cordas usadas pela corporação.

Quadro 2 - Previsão de vida útil das cordas

Vida Útil de Cordas	
Uso Intensivo (diário)	De duas semanas a 1 ano
Uso Semanal	De 2 a 3 anos
Uso Ocasional	De 4 a 5 anos
Uso Esporádico	Até 10 anos

Fonte: CBMDF (2024a, p. 32).

Ainda no que tange à inspeção das cordas, o CBMDF (2024a) informa que a inspeção de uma corda deve ser feita visual e manualmente. Segundo a Corporação, os principais procedimentos de inspeção incluem:

1. Conferência da falça – deve estar presente e conter informações adequadas sobre comprimento, validade, etc.;
2. Conferência visual detalhada – verificar a capa em busca de cortes, desgastes excessivos, rigidez, queimaduras, protuberâncias, alma exposta ou contaminação química;
3. Conferência tátil detalhada – percorrer manualmente a corda, identificando pontos rígidos, afunilamentos, torções excessivas, inchaços ou alma visível.

A NBR 15986 informa que, após o exame, “permanecendo a dúvida quanto à segurança da corda, esta deve ser descartada”. Por isso, é preciso lembrar-se que os “efeitos de desgaste pelo uso e pela deterioração mecânica são comparativamente maiores em cordas mais finas e que, portanto, requerem padrões mais rigorosos de aceitação” (ABNT, 2011).

Para uma manutenção adequada das cordas, o British Mountaineering Council (2014), dispõe que a lavagem regular da corda mantém suas propriedades e prolonga sua vida útil. Deste modo, a corda pode ser lavada à mão com água morna ou na máquina, em um ciclo delicado e temperatura baixa, utilizando detergente neutro. Antes da lavagem, deve-se garantir a ausência de resíduos químicos no local. O uso de uma escova auxilia na remoção de sujeira, e a corda deve ser bem enxaguada com

água limpa. Não se deve utilizar lavadora de alta pressão. Por fim, após a lavagem, a secagem deve ocorrer naturalmente, longe de fontes de calor, para evitar danos.

3. METODOLOGIA

3.1. Classificação de pesquisa

A presente pesquisa parte de uma abordagem quantitativa e tem caráter tanto experimental quanto descritiva, pois objetiva-se observar na prática os tipos de danos e o nível do desgaste causado nas cordas usadas pelo CBMDF ao mesmo tempo em que se pretende cotejar as informações adquiridas nas pesquisas bibliográficas, nas pesquisas documentais e com os resultados dos testes realizados. Isto posto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental, que buscou indicar os resultados esperados dos desgastes das cordas, além de uma pesquisa experimental a que foi realizada por meio de testes de tração, realizados no Centro de Treinamento Operacional do CBMDF (CETOP).

A pesquisa bibliográfica foi realizada com foco em literatura especializada disponível na base de dados do Google Acadêmico e no acervo da Biblioteca Digital do CBMDF. Para garantir uma busca abrangente, foram empregados os seguintes termos-chave: cordas, salvamento em altura, equipamentos operacionais e desgastes.

A pesquisa documental buscou dar enfoque em manuais técnicos-profissionais e Boletins Internos do CBMDF e de outros corpos de bombeiros do Brasil. Além disso, foi realizada uma busca sobre a legislação vigente e as normas adotadas pela ABNT.

A parte prática foi realizada usando elementos do tipo combustível, produto de limpeza, máquina, óleo, agente automotivo, concentrado de espuma, cosmético, ácido e lubrificante multiuso. A variedade empregada nos produtos foi assim determinada para que os testes fossem realizados com base em diferentes elementos que podem causar desgastes nas cordas.

3.1.1. Universo e amostra

Os testes foram conduzidos de acordo com o protocolo de testes adotado e desenvolvido no CETOP, com base na norma EN 1891, atendendo aos requisitos do item 5.10 ("Teste de resistência estática de terminações"), porém com algumas substituições: a) a argola do item 5.10.1.3 foi substituída por mosquetões; b) no manual, a norma determina nos itens 5.10.3.2 e 5.10.3.3 que o teste seja interrompido aos 15 kN e essa força mantida por 3 minutos. Como o objetivo da pesquisa era

determinar a carga de ruptura, nos testes realizados, a tração foi mantida constantemente até o momento em que ocorreu o rompimento da amostra.

Para o teste prático foi empregada uma corda semi-estática (EN 1891), da marca Cousin Trestec, modelo Safety Pro Thermocore 11mm, sendo esta a corda padrão atualmente utilizada pelo CBMDF, conforme as especificações a seguir:

Quadro 3 - Especificação da corda Cousin Trestec.

Modelo	Safety Pro Thermocore 11mm
Fabricante	Cousin-Trestec
Norma	EN 1891 - Tipo A
Material	Poliamida
Diâmetro	11mm
Gramatura	75g/m
Elasticidade	2,3%
Deslizamento da Capa	0%
Performance Dinâmica	5,1 kN (520,05 kgf)
Carga de ruptura estática (sem nó)	37,4 kN (3813,68 kgf)
Carga de ruptura estática (com nó)	15 kN (1529,55 kgf)
N° de Quedas em FQ1	32
Encolhimento à água	2,1%

Fonte: Adaptado de CBMDF (2024a, p. 10 e 11).

Para realizar o trabalho prático foi necessário realizar testes com diferentes substâncias para verificar a sua reação nas cordas. Foram usadas 15 substâncias (Figura 2) para a análise, as quais serão demonstradas no quadro 4.

Quadro 4 - Substâncias e máquinas usadas para desgastar as cordas

Substância	Tipo
Teste Referência - Seco	Não se aplica
Teste Referência – Molhado com água	Não se aplica
Diesel	Combustível
Gasolina	Combustível
Detergente neutro	Surfactantes (Tensoativos)
Detergente não neutro	Surfactantes (Tensoativos)
Óleo lubrificante de motosserra	Óleo

Continua...

Continuação

Substância	Tipo
Arla (Agente Redutor Líquido de Óxido de Nitrogênio Automotivo)	Agente automotivo - (32,5% ureia de alta pureza e 67,5% água deionizada)
LGE (líquido gerador de espuma)	Surfactantes (Tensoativos)
Óleo mineral - SAE 10W-30	Óleo
Água sanitária – Hipoclorito de sódio	Produto de limpeza - Alcalino corrosivo
Tinta	Agente químico a base de solvente
Repelente	Cosmético
Protetor solar	Cosmético
WD-40	Lubrificante multiuso
Lubrificante grafite	Lubrificante sob a forma de pó seco
Solução de bateria de carro - 70% água / 30% ácido sulfúrico	Ácido

Fonte: o autor.

Figura 2 - Substâncias químicas utilizadas



Fonte: o autor.

3.1.2. Instrumento de pesquisa

Os elementos anteriormente elencados foram postos em contato com as cordas a serem analisadas de modo a verificar o resultado desta interação. Para isto, foi utilizado como base um pedaço de corda de dois metros e foi realizado um nó oito nas suas extremidades. As cordas foram expostas em duas situações diferentes:

Teste 1. Exposição durante 10 minutos e teste logo em seguida;

Teste 2. Exposição durante 24 horas, limpeza, e o teste realizado quando a corda estiver seca;

O Teste 1 foi projetado para simular uma situação crítica em que a guarnição está realizando um socorro e a corda sofre uma contaminação inesperada, sendo a única opção disponível para a operação de salvamento, refletindo um cenário de emergência onde a avaliação imediata da resistência é essencial para decidir pela continuidade do uso. Já o Teste 2 simula uma situação em que uma contaminação é identificada pela guarnição durante a passagem de serviço, permitindo que a corda seja devidamente limpa conforme os procedimentos estabelecidos (como lavagem com detergente neutro e secagem natural, conforme recomendado pelo British Mountaineering Council), visando avaliar se a limpeza restaura a integridade do material para uso futuro, destacando a importância da inspeção e manutenção preventiva nas operações do CBMDF.

Ao final, foram obtidas 30 amostras que foram posteriormente analisadas com relação a sua força e desgaste. Este procedimento, foi desenvolvido no laboratório da área de treinamento das torres do CBMDF. Neste local, foi criado um sistema de tração com o uso de guincho elétrico e foi usado o dinamômetro Oswaldo Filizola DAC Crown 5Ton.

Para a leitura dos dados obtidos pelo dinamômetro, foi utilizado um software de aquisição capaz de fazer a programação e leitura em tempo real da célula de carga do dinamômetro, além de gerar os gráficos de cada ensaio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados dos testes

Os resultados, expressos em quilogramas-força (kgf), fornecem uma base para compreender como cada substância influencia a resistência estática da corda. O quadro seguir apresenta o resultado dos testes de resistência.

Quadro 5 - Resultado dos testes de resistência

Testes de Referência - Máximo - força [kgf]	Teste 1	Teste 2	Diferença	Média	Desvio padrão
Corda Seca	2326	2136	190	2231	134,33
Molhada com água	1894	1936	42	1915	29,70

Fonte: o autor.

Com relação aos testes de força, obteve-se resultados máximos entre 1032kgf e 2358kgf. Para melhor visualização dos dados, apresenta-se no quadro a seguir os resultados máximos registrados.

Quadro 6 - Valores máximos de força registrados nos testes.

Elemento	Máximo - força [kgf]	
	Teste 1	Teste 2
Diesel	2294	2114
Gasolina	1874	2212
Detergente neutro	1934	2048
Detergente não neutro	1942	2042
Óleo lubrificante de motosserra	2236	2244
Arla	1828	2282
LGE	1712	2104
Óleo mineral	2298	2128
Água sanitária	1964	1882
Tinta	2222	2300

Continua...

Continuação

Elemento	Máximo - força [kgf]	
	Teste 1	Teste 2
Repelente	2010	2112
Protetor solar	2226	2172
WD-40	2304	2186
Lubrificante grafite	2160	2358
Solução de bateria de carro - 70% água / 30% ácido sulfúrico	1468	1032

Fonte: o autor.

4.2 Discussão

A resistência da corda no teste de referência com a corda seca apresentou valores de 2326 kgf e 2136 kgf, com uma média de 2231 kgf e um desvio padrão de 134,33 kgf, indicando uma variabilidade moderada no desempenho do material, mas ainda compatível com o teste realizado no BITP de Carga de Ruptura de Nós e Amarrações, onde o nó oito padrão, realizado com uma corda de poliamida de 11 mm, apresenta uma resistência do nó em relação à resistência da corda de 68%, totalizando 2292 kgf antes da ruptura (CBMDF, 2023). Além disso, o teste de referência com a corda molhada em água registrou valores de 1894 kgf e 1936 kgf, com uma média de 1915 kgf e um desvio padrão de 29,70 kgf, evidenciando uma variabilidade menor em comparação com a corda seca, e uma perda de resistência dentro do esperado, segundo a NBR 15986 (ABNT, 2011), que considera normal uma perda de força entre 10% e 20%. A perda de resistência da corda molhada em relação à corda seca foi de 14,17%.

No Teste 1, com 10 minutos de exposição e teste imediato, a corda contaminada com diesel apresentou um ganho de resistência praticamente irrelevante (2,8%) em relação à média da corda seca (2231 kgf), confirmando que a corda mantém sua integridade estrutural com uma perda quase desprezível, como demonstrado pelos testes. Já no teste com gasolina, a corda exibiu uma perda de resistência mais significativa (16,0%), também em relação à média da corda seca (2231 kgf). Isso possivelmente ocorre porque a gasolina possui componentes voláteis

que penetram na estrutura do polímero, amolecendo-o e enfraquecendo as interações moleculares que sustentam sua força. Esse efeito solvente, combinado com sua capacidade de infiltrar-se no material, reduz a resistência à tração em níveis próximos aos da água, conforme observado nos resultados.

No Teste 2, que envolveu exposição por 24 horas seguida de limpeza e teste após secagem, a gasolina e o diesel apresentaram comportamentos distintos na resistência da corda de poliamida. A gasolina resultou em uma resistência de 2212 kgf, com uma perda mínima de 0,9% em relação à média da Corda seca, indicando uma recuperação significativa após a evaporação de seus componentes voláteis durante a limpeza e secagem. Já o diesel (Figura 3), com resistência de 2114 kgf, mostrou uma perda de 5,2% em relação à mesma referência, sugerindo que sua natureza mais viscosa e menos volátil dificultou a remoção completa de resíduos.

Figura 3 - Amostra de Diesel do teste 2 após a limpeza.



Fonte: o autor.

A corda exposta ao diesel no Teste 2, apresentou uma mudança de coloração que não reverteu à cor original, mantendo um tom mais opaco e amarelado, mesmo após o procedimento de limpeza com detergente neutro, além de exibir uma textura oleosa residual, indicando a dificuldade de remoção completa dos hidrocarbonetos mais pesados do diesel. Em contrapartida, a amostra exposta à gasolina no mesmo teste manteve sua coloração original, sem alterações visíveis, porém demonstrou um aumento de rigidez em comparação com a amostra de referência (corda seca). De acordo com a NR 35 (Brasil, 2018), esse claro sinal de contaminação química deve

ser considerado para uma possível retirada da corda da atividade de salvamento em altura.

No teste 1, o grupo de óleos e lubrificantes (óleo mineral, óleo lubrificante, lubrificante grafite e WD-40) apresentou impactos mínimos na resistência da corda de poliamida, demonstrando que esses contaminantes não comprometem significativamente a integridade do material no curto prazo. O WD-40 registrou uma resistência de 2304 kgf, com um ganho de 3,3% em relação à média da corda seca, seguido pelo óleo de lubrificante (Figura 4) com 2236 kgf (perda de 0,2%) e pelo óleo mineral com 2298 kgf (ganho de 3,0%). O lubrificante grafite, por sua vez, apresentou a maior perda do grupo, com 2160 kgf (redução de 3,2%), possivelmente devido à sua natureza seca, que pode causar leve abrasão superficial ao se acumular na capa da corda.

Figura 4 - Amostra exposta ao óleo mineral e ao óleo lubrificante.



Fonte: o autor.

No Teste 2, o grupo de óleos e lubrificantes (Figura 5) mostraram variações mais pronunciadas, refletindo os efeitos da exposição prolongada e do processo de limpeza. O lubrificante grafite destacou-se positivamente, alcançando 2358 kgf, um ganho de 5,7% em relação à média da corda seca, sugerindo que a remoção de partículas abrasivas durante a limpeza, aliada à sua natureza não oleosa, favoreceu a recuperação da resistência. O óleo lubrificante manteve-se estável, com 2244 kgf (ganho de 0,6%), enquanto o WD-40 caiu para 2186 kgf (perda de 2,0%) e o óleo mineral (Figura 6) apresentou a maior perda do grupo, com 2128 kgf (redução de

4,6%), possivelmente devido a resíduos oleosos que causaram danos na estrutura da corda.

Segundo a NBR 15986, os filamentos de poliamida não são afetados por álcalis à temperatura normal, nem por numerosos tipos de óleos, porém se incham em contato com certos solventes orgânicos (ABNT, 2011).

Figura 5 - Amostra referência, exposta ao óleo mineral e ao óleo lubrificante.



Fonte: o autor.

Figura 6 - Amostra exposta ao óleo mineral após o teste 2.



Fonte: o autor.

As cordas expostas ao óleo mineral e ao óleo lubrificante de motosserra apresentaram, em ambos os testes, uma mudança de coloração que não reverteu

mesmo após a lavagem, mantendo um tom mais escurecido e opaco em comparação com a corda de referência. Além disso, as amostras exibiram um aspecto oleoso residual, indicando que os hidrocarbonetos desses óleos, devido à sua viscosidade e composição química, aderiram à capa da corda e não foram completamente removidos durante a limpeza, conferindo uma textura que sugere a persistência de resíduos.

No Teste 1, o LGE, o detergente neutro e o detergente não neutro (Figura 7) impactaram a resistência da corda de forma moderada, refletindo o efeito da umidade e dos tensoativos na estrutura do material. O LGE resultou na maior perda, com resistência de 1712 kgf, uma redução de 23,3% em relação à média da corda seca e de 10,6% em relação à média da corda molhada (1915 kgf), devido à sua composição com tensoativos que, combinados à água, amolecem a poliamida e reduzem sua resistência à tração. O detergente neutro apresentou resistência de 1934 kgf (perda de 13,3% em relação à corda seca), enquanto o detergente não neutro registrou 1942 kgf (perda de 13,0%), valores próximos à média da corda molhada (1915 kgf), indicando que o impacto principal vem da umidade presente nas soluções, com os tensoativos causando um efeito adicional leve.

Figura 7 - Amostra exposta à detergente neutro e detergente normal.



Fonte: o autor.

No Teste 2, o LGE, o detergente neutro e o detergente não neutro mostraram uma recuperação significativa na resistência da corda de poliamida, evidenciando que os efeitos da umidade e dos tensoativos são amplamente reversíveis com os procedimentos adequados. O LGE alcançou uma resistência de 2104 kgf, com uma perda de apenas 5,7% em relação à média da corda seca e um ganho de 9,9% em relação à média da corda molhada, indicando que a limpeza removeu os tensoativos

e a secagem minimizou o impacto da umidade. O detergente neutro apresentou resistência de 2048 kgf (perda de 8,2% em relação à corda seca), enquanto o detergente não neutro registrou 2042 kgf (perda de 8,5%), ambos com valores superiores à média da corda molhada, sugerindo que a limpeza e secagem foram eficazes na restauração da resistência, independentemente da natureza do detergente.

As substâncias, repelente, protetor solar e tinta (Figura 8) impactaram a resistência da corda de poliamida de forma leve a moderada no teste 1. A tinta, com resistência de 2222 kgf, apresentou uma perda mínima de 0,4% em relação à média da corda seca e um ganho de 16,0% em relação à média da corda molhada, indicando que sua base não interage significativamente com a poliamida no curto prazo. O protetor solar registrou 2226 kgf, com uma perda de apenas 0,2% em relação à corda seca, também beneficiado por sua composição oleosa que forma uma camada superficial sem penetrar profundamente. Já o repelente, com 2010 kgf, mostrou uma perda mais expressiva de 9,9% em relação à média da corda seca e de 5,0% em relação à corda molhada, os solventes em sua formulação, como o DEET, podem ter amolecido a poliamida e enfraquecer suas interações moleculares.

Figura 8 - Amostra exposta à tinta.



Fonte: o autor.

No Teste 2, as substâncias repelente, protetor solar e tinta apresentaram impactos variados na resistência da corda de poliamida, com resultados que indicam uma boa recuperação após os procedimentos de manutenção. A tinta alcançou uma resistência de 2300 kgf, um ganho de 3,1% em relação à média da corda seca e de 20,1% em relação à média da corda molhada, sugerindo que sua base oleosa não apenas foi inofensiva, mas a limpeza pode ter removido impurezas, mantendo a integridade da corda. O repelente registrou 2112 kgf, com uma perda de 5,3% em relação à média da corda seca, mas um ganho de 10,3% em relação à corda molhada,

indicando que os solventes, foram amplamente removidos na limpeza, permitindo uma recuperação significativa. O protetor solar, com 2172 kgf, apresentou uma perda de 2,6% em relação à corda seca e um ganho de 13,4% em relação à corda molhada, mostrando que sua composição oleosa tem um impacto mínimo, embora a exposição prolongada e a limpeza possam ter deixado resíduos que afetaram levemente a resistência.

A análise dos testes com Arla nos dois cenários revela um comportamento distinto da corda de poliamida frente a essa solução aquosa. No Teste 1, a resistência foi de 1828 kgf, uma perda de 18,1% em relação à média da corda seca e de 4,5% em relação à média da corda molhada, indicando que o impacto inicial é amplificado pela umidade, com a ureia contribuindo pouco para a degradação, já que o valor é próximo ao da corda molhada. No Teste 2, a resistência subiu para 2282 kgf, com uma perda mínima de 2,3% em relação à média da corda seca e um ganho de 19,2% em relação à corda molhada, sugerindo que a limpeza removeu a ureia e a secagem eliminou a umidade, permitindo uma recuperação significativa da resistência

A análise dos testes com água sanitária mostra um impacto moderado na resistência da corda de poliamida, com efeitos que se intensificam na exposição prolongada. No Teste 1, a resistência foi de 1964 kgf, uma perda de 12,0% em relação à média da corda seca e um ganho de 2,6% em relação à média da corda molhada, indicando que a umidade da solução contribui para a redução inicial, enquanto o hipoclorito de sódio, com sua natureza alcalina e oxidante, causa um leve efeito corrosivo. No Teste 2, a resistência caiu para 1882 kgf, uma perda de 15,7% em relação à média da corda seca e de 1,7% em relação à corda molhada, sugerindo que a exposição prolongada intensificou a degradação química pela oxidação, mesmo após a limpeza, que não conseguiu reverter completamente os efeitos do agente oxidante.

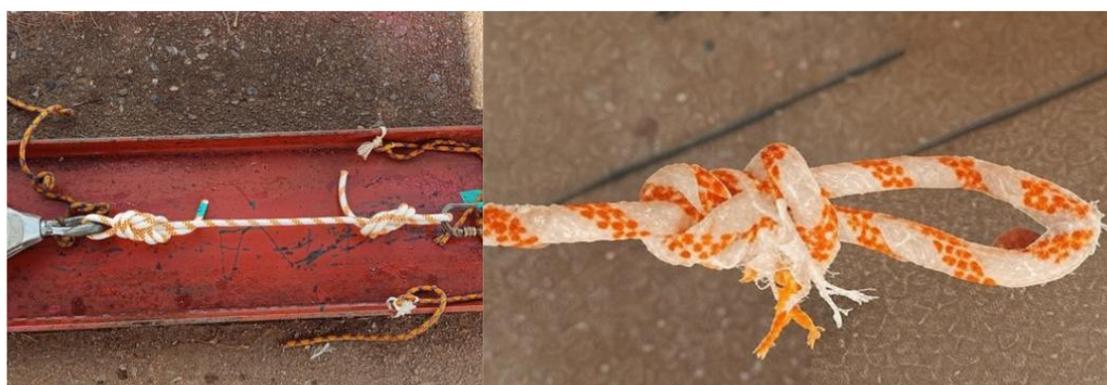
De acordo com o British Mountaineering Council (2014), os produtos químicos corrosivos, como ácidos, causam danos catastróficos às cordas. Muitos produtos de limpeza domésticos, como é o caso da água sanitária, contêm ácidos fortes que podem rapidamente comprometer a integridade da corda. Segundo a NBR 16489 (ABNT, 2017), o hipoclorito de sódio 0,25% (água sanitária) causa um efeito desprezível sobre os finamentos de poliamida.

É fundamental tomar cuidado ao utilizar água sanitária na limpeza de viaturas, a fim de evitar a contaminação acidental das cordas de poliamida usadas em operações de salvamento em altura. A exposição repetida ou prolongada pode comprometer a segurança a longo prazo, tornando essencial a adoção de medidas preventivas, como realizar a limpeza das viaturas em áreas isoladas das cordas e garantir que não haja respingos ou contato indireto durante o processo.

A análise dos testes com a solução de bateria revela um impacto severo na resistência da corda de poliamida, sendo o contaminante mais danoso entre os testados. No Teste 1 (Figura 9), a resistência foi de 1468 kgf, uma perda drástica de 34,2% em relação à média da corda seca e de 23,3% em relação à média da corda molhada. No Teste 2, a resistência caiu ainda mais, para 1032 kgf, uma perda de 53,7% em relação à média da corda seca e de 46,1% em relação à corda molhada, evidenciando que o ácido sulfúrico degrada quimicamente as ligações amida da poliamida, e a exposição prolongada intensifica esse dano irreversível, mesmo após a limpeza, que não conseguiu mitigar os efeitos corrosivos.

A queda drástica de resistência da amostra exposta a solução de bateria reflete uma degradação química direta. O ácido ataca a corda, comprometendo sua integridade estrutural, o que explica por que é o agente mais danoso entre todos os testados. Esses resultados indicam que a exposição a ácidos fortes como o sulfúrico deve ser evitada, e a corda deve ser descartada imediatamente após contato, pois não atende aos padrões de segurança para operações de salvamento.

Figura 9 - Amostra exposta à solução de bateria.



Fonte: o autor.

O British Mountaineering Council (2014), destaca que baterias, especialmente as de automóveis, representam uma fonte significativa de ácido forte e devem ser

mantidas afastadas das cordas. Lima (2005, p. 8) também afirma que “os ácidos de qualquer espécie (mas comumente o de bateria de carro) e os hidrocarburetos (derivados do petróleo)”, elementos esses que são facilmente encontrados em veículos automotivos, podem causar graves danos às cordas.

Conforme NBR 16489 (ABNT, 2017), uma solução de ácido sulfúrico 10%, uma concentração bem menor que a solução de bateria, já é capaz de ter um efeito considerável na estrutura da corda, sendo até mesmo capaz de dissolver os filamentos de poliamida numa temperatura superior a 60°C.

Observou-se que o ácido sulfúrico causa uma degradação considerável na capa das cordas, degradando as fibras e tornando-as mais suscetíveis a rompimentos sob carga. Além disso, a corda exposta à solução de bateria apresentou um endurecimento significativo, tornando-se rígida e de difícil manuseio, o que compromete ainda mais sua funcionalidade em operações de salvamento, já que a flexibilidade é essencial para a realização de nós e o manejo seguro durante o uso em altura. Essa alteração na textura, combinada à perda de resistência, reforça a necessidade de descarte imediato da corda após exposição a ácidos fortes, conforme indicado pelos resultados dos testes.

Dentre todas as substâncias testadas, o ácido sulfúrico foi a única que comprometeu a resistência da corda de poliamida a ponto de ficar fora da zona de segurança estabelecida pela norma brasileira. De acordo com a EN 1891, a corda com alma e capa trançada de baixo coeficiente de alongamento, para ser considerado do tipo A deve possuir a resistência estática de no mínimo 15 kN (1529,55 kgf) com terminais (CEN 1891, 1998). Nos testes, a exposição ao ácido sulfúrico resultou em uma resistência inferior ao limite mínimo exigido para cordas tipo A com terminais, evidenciando uma degradação química severa que rompeu as ligações amida do polímero. Todas as demais substâncias, como óleos e até o LGE, mantiveram a resistência acima desse patamar crítico, destacando o ácido sulfúrico como um risco excepcional para a integridade da corda em aplicações que seguem essa norma.

Assim, mesmo que substâncias como diesel, gasolina, óleo lubrificante e óleo mineral não tenham causado danos permanentes significativos nos testes de resistência à tração, a corda deve ser descartada devido à presença de claros sinais de contaminação por produtos químicos. Esses contaminantes, conforme indicado por Lima (2005, p. 9), podem ser detectados pelo cheiro ou pela mudança de cor, como a

opacidade e o aspecto oleoso observados nas cordas expostas a óleos, o que compromete sua segurança para uso em operações de salvamento. A exposição a esses hidrocarbonetos, mesmo que não reduza a resistência abaixo do limite da EN 1891 nos testes, pode indicar uma degradação progressiva ou riscos não visíveis, justificando a necessidade de descarte para evitar falhas em situações críticas.

Em resumo, observou-se que a integridade física das cordas, quando expostas a diferentes elementos químicos, revelaram variações em maior ou menor grau na força e no desgaste das amostras. Para garantir a segurança e a integridade das cordas de poliamida utilizadas em operações de salvamento em altura, deve-se evitar seu uso em atividades de isolamento ou a exposição direta ao asfalto, especialmente em ambientes onde há risco de contato com substâncias como óleos ou solução de bateria.

O cuidado com as cordas de salvamento é essencial para garantir a segurança e a eficácia das operações realizadas pelo CBMDF, especialmente em atividades de salvamento em altura, onde a integridade do equipamento pode determinar o sucesso da missão e a proteção da vida. Cordas mal armazenadas ou expostas a contaminantes podem sofrer desgaste precoce, comprometendo sua resistência e colocando em risco tanto os bombeiros quanto as vítimas. Por isso, é fundamental que as viaturas operacionais do CBMDF disponham de um compartimento separado e adequado para o armazenamento das cordas, protegendo-as de condições adversas e garantindo a segurança da operação.

Uma das principais limitações do trabalho foi a ausência de repetições dos testes devido à limitação de amostras novas de cordas disponíveis para a realização dos testes. Caso não houvesse essa limitação, poderiam ter sido minimizadas as interferências humanas e as eventuais variações nos resultados, garantindo maior confiabilidade e consistência nos dados obtidos. Além disso, a ausência de variações nas concentrações das substâncias e nos tempos de exposição, fatores que poderiam influenciar diferentemente a resistência do material. Por fim, os testes não consideraram a combinação de contaminantes ou a interação com outros agentes ambientais, como radiação UV ou calor, que frequentemente ocorrem em cenários reais de salvamento, sugerindo a necessidade de estudos complementares para uma compreensão mais abrangente dos desgastes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo geral avaliar os principais contaminantes e os efeitos dos desgastes químicos nas cordas usadas nas atividades de salvamento em altura pelo CBMDF, além de observar na literatura os tipos de comprometimento do material e realizar teste para determinar o grau de comprometimento das cordas contaminadas.

Esses achados respondem à pergunta de pesquisa sobre os principais contaminantes que comprometem o material das cordas, identificando ácidos fortes como prioritários para controle e óleos como menos preocupantes. Assim, recomenda-se evitar a exposição a ácidos, realizar inspeções regulares após contato com soluções aquosas e priorizar a limpeza com detergentes neutros para prolongar a vida útil das cordas. Este trabalho contribui para o objetivo estratégico do CBMDF (Plano 2025-2030) de promover a expertise para a realização das atividades bombeiro militar por meio da educação corporativa, da gestão do conhecimento e da inovação (CBMDF, 2024b).

Os resultados dos testes de tração confirmaram que a contaminação química afeta significativamente o desempenho das cordas, com variações expressivas na resistência dependendo da substância aplicada; no entanto, todas as substâncias testadas, com exceção do ácido sulfúrico, não comprometeram a corda de poliamida de forma terminal, mantendo-a em condições para uso imediato nas operações de salvamento em altura, conforme os limites da EN 1891 (1998). Apesar disso, cordas que apresentarem resíduos de substâncias químicas devem ser descartadas imediatamente, independentemente de sua resistência aparente nos testes de tração, pois a contaminação pode comprometer sua segurança a longo prazo, introduzindo riscos não visíveis que ameaçam a integridade das fibras e, conseqüentemente, a vida dos bombeiros e o sucesso das operações, como reforçado por Lima (2005, p. 9) ao destacar os danos ocultos causados por ácidos e hidrocarbonetos.

As substâncias como óleos, tinta e até o LGE resultaram em resistências superiores ao limite mínimo de 1529,55 kgf exigido pela NBR 15986 para cordas tipo A com terminais, indicando que, apesar das perdas variáveis, a integridade estrutural permaneceu adequada para uso imediato. Já a corda contaminada com ácido

sulfúrico apresentou o pior resultado, ficando abaixo desse patamar crítico, o que a torna imprópria para uso conforme a norma, devido à degradação química severa que comprometeu sua segurança operacional.

Para futuras pesquisas, sugere-se investigar os efeitos a longo prazo da exposição das cordas de poliamida a contaminantes, avaliando degradações progressivas após períodos prolongados. Além disso, recomenda-se testar diferentes concentrações e combinações de substâncias, bem como incluir variáveis ambientais, como radiação UV e calor, para simular condições reais de uso. Estudos comparativos com outros modelos de cordas e materiais também poderiam ampliar a aplicabilidade dos resultados.

A pesquisa viabilizou a elaboração de um Boletim de Informação Técnico-Profissional (BITP), ampliando a disseminação dos achados obtidos e tornando acessível um resultado significativo para o CBMDF. As informações detalhadas do BITP, produto desenvolvido com base neste estudo, foram apresentadas no Apêndice A, destacando sua relevância e contribuindo para a segurança nas operações de salvamento em altura.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Francisco Bento de. **Manual de Instruções Técnico Profissional: Salvamento**. Brasília: [S. n.], 2007.

ABNT. **NBR 15986**: Cordas de alma e capa de baixo coeficiente de alongamento para acesso por cordas — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ABNT. **NBR 16489**: Sistemas e equipamentos de proteção individual contra quedas de altura — Cordas de segurança e cordas de posicionamento — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.086, de 6 de novembro de 2009**. Dispõe sobre os militares da Polícia Militar do Distrito Federal e do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. Diário Oficial da União, Brasília, 7 nov. 2009.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Manual de auxílio na interpretação e aplicação da norma regulamentadora nº 35** – trabalho em altura- incluído anexo I e II e alteração do item 35.5. 2ed., 2018.

BRITISH MOUNTAINEERING COUNCIL. **Ropes: a new guide for climbers and mountaineers**. 2014. Disponível em: <https://services.thebmc.co.uk/ropes--a-guide-for-climbers-and-mountaineers>. Acesso em: 15 fev. 2025.

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.

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

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Norma interna de segurança básica nas instruções profissionais do CBMDF: Portaria 25, de 1º de novembro de 2019. Boletim Geral nº 209, de 5 de novembro de 2019**. Brasília: CBMDF, 2019.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Boletim de informação técnico-profissional CETOP nº 20/2020: carga de ruptura de nós e amarrações**. Brasília: CETOP, 2020.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Salvamento**. 5. ed. Brasília: CBMDF, 2022.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Boletim de informação técnico-profissional CETOP nº 29/2023: padronização dos nós e amarrações empregados no salvamento em altura**. Brasília: CETOP, 2023.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Boletim de informação técnico-profissional CETOP nº 34/2024: equipamentos sintéticos empregados no salvamento em altura**. Brasília: CETOP, 2024a.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Plano Estratégico 2025 - 2030**. Brasília: [s. n.], 2024b. Disponível em: <https://www.cbm.df.gov.br/download/plano-estrategico-cbmdf-2025-2030/?tmstv=1735904989>. Acesso em: 25 fev. 2025.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1891:1998 - Personal protective equipment for the prevention of falls from a height - Low stretch kernmantel ropes**. Brussels: CEN, 1998.

LIMA, Daniel Maldonado de A. **Introdução–Nós e Amarras**. Fortaleza, 2005.

SPINELLI, Luiz Eduardo. **Manual sobre cordas de segurança**. 2019. Disponível em: https://www.spinelli.blog.br/indice_publicacoes.htm. Acesso em: 05 jan. 2024.

TEUFELBERGER. **Industrial Fiber Rope A4 Folder**. 2020. Disponível em: https://www.teufelberger.com/media/contentmanager/content/downloads/Industrial-Fiber-Rope_A4_Folder_EN_09_20_web.pdf. Acesso em: 15 fev. 2025.

APÊNDICE A – EPECIFICAÇÃO DO PRODUTO

1. **Aluno:** Cadete/2 **Nicolas** Vieira Dias dos Santos
2. **Nome:** Boletim de Informação Técnico-Profissional (BITP) da análise das consequências decorrentes de desgastes sofridos por cordas de salvamento.
3. **Descrição:** Este produto tem como principal objetivo analisa os efeitos de contaminantes químicos nas cordas de poliamida usadas em salvamento em altura pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). Com abordagem experimental e descritiva, o estudo realizou testes de resistência em cordas de poliamida expostas a 15 substâncias diferentes. O estudo recomenda evitar ácidos, realizar inspeções regulares e usar detergentes neutros para limpeza, contribuindo para a segurança operacional.
4. **Finalidade:** Avaliar se as cordas que sofreram contaminação são seguras para as atividades de salvamento em altura do CBMDF.
5. **A quem se destina:** Militares do CBMDF envolvidos em atividades de salvamento em altura.
6. **Funcionalidades:** Não se aplica.
7. **Especificações técnicas:**

Material textual: Conforme estabelecido na Portaria n.º 21, de 28 de maio de 2002 (BG 101, de 29 de maio de 2002), que institui o Boletim de Informação Técnico-Profissional (BITP), o documento contém 20 páginas e pode ser disponibilizado tanto em formato digital quanto impresso. A versão digital é apresentada no formato PDF.
8. **Instruções de uso:** Recomenda-se divulgar este boletim nos meios internos do CBMDF e na intranet da corporação para todos os interessados.
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 000/2025-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: ABRIL/2025

**ASSUNTO: ANÁLISE DAS CONSEQUÊNCIAS DECORRENTES DE DESGASTES
SOFRIDOS POR CORDAS DE SALVAMENTO**

OBJETIVO

O presente Boletim Técnico tem como propósito analisar, por meio de ensaios de tração, a resistência e a carga de ruptura das cordas empregadas nas operações de salvamento em altura do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF), com foco na influência de contaminantes químicos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As operações de busca e salvamento consistem na remoção de pessoas, animais e/ou bens dos mais variados sinistros, com o propósito de proteger a saúde tanto física quanto mental das pessoas envolvidas. Trata-se de um serviço altamente especializado, que exige dos profissionais do CBMDF amplo domínio técnico, devido à diversidade de atividades e materiais empregados nesse contexto.

A corda é o principal equipamento utilizado nas atividades de salvamento em altura, sendo empregada taticamente na sustentação e na segurança das operações, conforme o Manual de Salvamento em Altura: Equipamentos (CBMDF, 2017). Segundo o referido documento, ela pode ser definida como um conjunto de fibras torcidas ou trançadas entre si, com ou sem capa, que formam um feixe longitudinal e flexível.

Segundo Spinelli (2019), o uso de cordas em atividades de salvamento, independentemente de seu formato ou material, leva a uma deterioração natural, seja pelo esforço a que eles eventualmente sejam submetidos, aos agentes presentes no ambiente de trabalho como a luz do sol (raios ultravioletas), as substâncias químicas, as fontes de calor, aos objetos ou as superfícies cortantes ou abrasivas.

O estudo sobre cordas é essencial para a atividade de bombeiro, pois capacita o CBMDF a definir cientificamente a melhor forma de preservar e manter os equipamentos em perfeitas condições, garantindo a segurança dos militares em operações de salvamento em altura e um serviço eficiente à sociedade do Distrito Federal. Portanto, é crucial manter uma vigilância constante e redobrar os cuidados com esses equipamentos, pois a segurança nas operações de salvamento em altura está diretamente relacionada ao seu estado de funcionamento e à capacitação técnica dos profissionais envolvidos.

Definição de cordas e normas regulamentadoras

A Norma ABNT NBR 15.986 abarca os mesmos requisitos da Norma Europeia EN 1891 promovendo assim uma maior padronização. Segundo essa norma reguladora, a

escolha adequada da corda para uma determinada tarefa deve levar em conta os seguintes parâmetros:

resistência da corda, desgaste, abrasão, reação a produtos químicos, radiação UV, sujeira e contaminantes; desempenho da corda em condições de umidade, temperatura, condições climáticas e sujidades; resistência à torção e rigidez; facilidade para a realização de nós; e compatibilidade da corda com todos os dispositivos que precisam interagir com ela, em especial seu diâmetro (ABNT, 2011, p. 12).

As cordas de fibras sintéticas são cabos formados por substâncias derivadas do petróleo ou carvão. Estas cordas são compostas por fibras longas, podendo atingir o comprimento total da corda, sendo as variedades mais comuns incluindo polipropileno, poliamida, poliéster, polietileno e aramida. Essas cordas são frequentemente empregadas em atividades de resgate devido à sua notável resistência à tração e ao atrito, sua impermeabilidade e, como resultado, sua considerável durabilidade (CBMDF, 2017).

As cordas de poliamida são produzidas a partir de um polímero termoplástico leve e flexível. Este material apresenta excelente resistência à tração e à umidade. Devido à sua notável elasticidade, é amplamente utilizado na fabricação de cordas, graças à sua resistência e capacidade de absorver impactos. O ponto de fusão da poliamida é de aproximadamente 215 °C, sendo propenso à cristalização com certos freios descensos durante descidas rápidas ou prolongadas. Contudo, uma desvantagem significativa é ser suscetível à degradação quando exposta à radiação ultravioleta (UV) por períodos prolongados, além de apresentar uma redução de resistência de 10 a 15% em condições de umidade corda (CBMDF, 2024).

De acordo com a Norma Interna de Segurança Básica nas Instruções Profissionais do CBMDF, nas atividades de salvamento em altura, as cordas utilizadas devem atender a requisitos específicos. Para atividades de transposição e progressão (ascensão e descensão), possuir certificação EN 1891 de cordas semi-estáticas do tipo A (CBMDF, 2019, p. 7).

Atualmente, o CBMDF emprega cordas do tipo semi-estáticas, certificação EN 1891, tipo "A". A grande maioria dessas cordas são da fabricante francesa COUSIN-TRETEC. A última aquisição foi do modelo SAFETY PRO THERMOCORE 11, nas cores branco com laranja e branco com verde, sendo que o padrão de duas cores tem por fim permitir distinguir as cordas durante uma operação de resgate, facilitando a comunicação e a própria operação em si (CBMDF, 2024).

De acordo com a EN 1891, a corda com alma e capa trançada de baixo coeficiente de alongamento, para ser considerado do tipo A deve possuir a resistência estática de no mínimo 22 kN (2243,34 kgf) quando sem terminais e de no mínimo 15kN (1529,55 kgf) com terminais (EN 1891, 1998).

Segundo a NBR 15986, as cordas de alma e capa trançada de baixo coeficiente de alongamento (Kernmantle):

São sensíveis ao desgaste, uso e deterioração mecânica, e podem conseqüentemente tornar-se mais frágeis sobre a ação de determinados agentes, como produtos químicos, calor, luz, etc., por este motivo é essencial efetuar inspeções

regulares para garantir que a corda continue sendo utilizada (ABNT, 2011, p. 23).

Segundo o Boletim de Informação Técnico-Operacional - Carga de Ruptura de Nós e Amarrações (CBMDF, 2023), a resistência de uma corda é influenciada por diversos fatores, incluindo o material de suas fibras, método de construção, diâmetro, elasticidade, condição de uso e maleabilidade. Quando um nó é aplicado na corda, sua resistência diminui devido às variações de compressão e estiramento das fibras causadas pela curvatura do nó. Essa redução na resistência é geralmente expressa em termos percentuais em relação à resistência original da corda, que é medida sem nenhum nó. A resistência da corda com nó refere-se à sua carga de ruptura, ou seja, o valor da tração no momento exato em que o nó se rompe. Esse valor pode ser expresso também em um número percentual, que representa a resistência residual da corda quando aplicado ao nó.

Tipos de desgastes que podem afetar as cordas

As cordas podem sofrer danos irreparáveis conforme os usos ou mesmo durante sua primeira utilização, a depender dos trabalhos executados. A manutenção e vida útil de uma corda dependem

da frequência de utilização, da forma de emprego, da sua manutenção adequada, do excesso de trabalhos mecânicos, dos processos de abrasão sofridos por ela e da quantidade de raios ultravioletas e umidade que ela absorve, tendo em vista que eles degradam, pouco a pouco, as propriedades da corda (Araújo, 2007, p. 66).

Cortes, contusões ou uso inadequado podem causar danos tanto internos quanto externos, evidenciados por rupturas locais ou afrouxamento dos fios e da estrutura da corda. Além disso, o desgaste interno, resultante da flexão repetida, especialmente quando a corda está molhada, ou da infiltração de partículas de areia, pode ser identificado pela perda de tensão nos fios ou pelo acúmulo de fibras em pó (EN 1891, 1998).

Conforme a NBR 16489, alguns materiais alteram suas características quando ficam molhados. A fibra de poliamida, por exemplo, perde entre 10% e 20% da resistência, enquanto testes estáticos em cordas dinâmicas de poliamida mostram uma perda de até 30% (ABNT, 2017). Segundo a NBR 15986, cordas de poliamida absorvem uma quantidade limitada de água, porém quando se umedecem podem provocar uma perda de resistência (ABNT, 2011).

A NBR 15.986 informa que as cordas, independentemente do material utilizado na sua fabricação, são suscetíveis ao desgaste, ao uso e à deterioração mecânica. Sob a influência de agentes como produtos químicos, calor, luz, entre outros, as cordas tendem a tornar-se mais frágeis. Por essa razão, é crucial realizar inspeções periódicas para assegurar a contínua segurança e funcionalidade da corda. É igualmente destacado que, independentemente da fonte de deterioração, os efeitos são mais severos em cordas com diâmetros menores em comparação com aquelas de diâmetros maiores (ABNT, 2011).

A luz solar enfraquece as fibras da corda sem penetrar profundamente, portanto, a exposição desnecessária deve ser evitada. Para verificar a degradação solar, sugere-se que se esfregue a superfície da corda com a unha do polegar; se a degradação ocorreu, a

superfície se tornará em pó e a corda ficará seca, áspera e resinosa. Embora essa degradação seja significativa em cordas pequenas, é menos provável que afete cordas maiores durante sua vida útil esperada (EN 1891, 1998).

De acordo com a NBR 16489, a resistência de uma corda diminui quando feita um nó. Por exemplo, uma corda de baixo alongamento com diâmetro de 10,5 mm conforme a ABNT 15986 perde entre 23% a 34% da resistência ao formar um nó oito duplo (ABNT, 2017). Segundo o BITP de Carga de Ruptura de Nós e Amarrações, o nó oito padrão, realizado com uma corda de poliamida de 11 mm, possui uma resistência do nó em relação à resistência do cabo de 68%, totalizando 2.292 kgf antes da ruptura. Isso indica uma perda de resistência de 32% em relação à resistência original da corda, que é de 3.355 kgf (CBMDF, 2020).

Conforme a NBR 16489, a resistência de um nó depende principalmente do raio da primeira curva em contato com ele. Curvas muito apertadas resultam em nós mais fracos. Recomenda-se prever uma redução de 50% na resistência devido ao nó para garantir uma margem adequada para situações extremas (ABNT, 2017).

A Norma Regulamentadora 35 informa que existem três grupos de produtos químicos frequentemente encontrados em ambientes industriais que não devem entrar em contato com cordas: ácidos, hidrocarbonetos (principalmente derivados de petróleo) e materiais alcalinos (Brasil, 2018).

De acordo com o British Mountaineering Council (2014), os produtos químicos corrosivos, como ácidos, causam danos catastróficos às cordas. Muitos produtos de limpeza domésticos contêm ácidos fortes que podem rapidamente comprometer a integridade da corda. Esses danos nem sempre são visíveis, portanto, caso haja suspeita de exposição a substâncias corrosivas, recomenda-se o descarte imediato da corda. Além disso, as baterias, especialmente as de automóveis, representam uma fonte significativa de ácido forte e devem ser mantidas afastadas das cordas.

Segundo a NBR 15986, os filamentos de poliamida não são afetados por álcalis à temperatura normal, nem por numerosos tipos de óleos, porém se incham em contato com certos solventes orgânicos (ABNT, 2011).

Outro ponto mencionado por Lima (2005, p. 8) está relacionado aos cuidados com os produtos químicos, pois, segundo o autor, “os ácidos de qualquer espécie (mas comumente o de bateria de carro) e os hidrocarbonetos (derivados do petróleo)”, elementos esses que são facilmente encontrados em veículos automotivos, podem causar graves danos às cordas.

De acordo com a Norma Interna de Segurança Básica nas Instruções Profissionais do CBMDF, nas atividades de salvamento em altura, as cordas utilizadas devem atender a requisitos específicos. Para atividades de transposição e progressão (ascensão e descensão), possuir certificação EN 1891 de cordas semi-estáticas do tipo A (CBMDF, 2019, p. 7).

O quadro a seguir foi adaptado da NBR 16489 (2011) e informa sobre o nível de resistência de algumas fibras artificiais usadas na fabricação de equipamentos de proteção individual de queda determinados a produtos químicos.

Quadro 1 - Nível de resistência aos produtos químicos de equipamentos de proteção individual de queda.

Produto Químico	Poliamida		Poliéster		Polipropileno		Aramida		
	20 °C	60 °C	20 °C	60 °C	4 dias 20 °C	21 horas 70 °C	21 °C	60 °C	6 meses 20 °C
Hipoclorito de sódio 0,25% Cl – Água sanitária	-	-	N	N	-	-	-	-	-
Ácido sulfúrico 2%	L	L	L	C	N	N	N	L	-
Ácido sulfúrico 10%	C	D	L	C	N	N	L	C	-
Ácido sulfúrico 50%	C	D	L	C	N	L	D	D	-
Óleo de motor	N	N	N	N	L	D	N	N	-
Óleo Lubrificante	N	N	N	N	N	L	-	-	-

Legenda do quadro: N: efeito desprezível L: efeito limitado C: efeito considerável D: Dissolve ou decompõe.

Fonte: Adaptada da NBR 16489 (2017)

Lima (2005, p. 8) informa que “poeira, terra e areia, todas essas partículas penetram pela capa e por abrasão provocam desgastes internos, dificilmente vistos olhando-se por fora”. Além disso, o mesmo autor alerta sobre os danos e os desgastes que podem ser causados às cordas quando ocorre pressão nelas, ao pisar, sentar-se ou apoiar-se sobre as cordas, ocorrendo assim um desgaste interno do material.

A corda de filamento de poliamida possui boa resistência a danos causados por carregamento repetido, porém pode sofrer alongamento permanente, reduzindo sua extensão disponível em emergências. Embora uma medição sob as mesmas condições possa indicar sua extensão total, isso não garante a detecção de deformações locais. Para identificar alongamentos excessivos que possam comprometer a resistência da corda, recomenda-se medir a distância entre marcadores indelévelis regularmente espaçados (EN 1891, 1998).

Procedimentos a serem tomados em casos de desgaste das cordas

A norma NBR 15986 determina que estabelecer critérios de aceitação ou rejeição de uma corda é uma tarefa mais complexa do que simplesmente descrever o método de controle. A distinção clara entre cordas seguras e inseguras depende, em grande medida, da qualidade do material utilizado. Na prática, a decisão de manter ou descartar uma corda deve considerar sua condição geral. Muitas das diretrizes que auxiliam o avaliador não podem ser definidas com exatidão, sendo descritas apenas de forma geral (ABNT, 2011).

Conforme a NBR 16489, os componentes de material têxtil podem ser usados em condições molhadas sem grandes preocupações. No entanto, deve-se tomar cuidado extra se os componentes estiverem próximos da carga máxima nominal (ABNT, 2017).

Entre os cuidados básicos obrigatórios e essenciais, de acordo com Spinelli (2019, p. 41), “a inspeção se constitui de uma avaliação visual e uma avaliação tátil, com o propósito de verificar as condições externas e internas da corda”. Isso é, a inspeção de uma corda se dá verificando a integridade da capa e da alma. A capa, por ser externa, pode ser conferida visualmente. Para conferir a alma, deve-se realizar uma inspeção tátil em todo o comprimento da corda. Neste procedimento deve-se verificar se a capa não possui cortes, queimaduras, fios desgastados, áreas que tenham sofrido abrasão ou sinais de produtos químicos. Verifica-se também a integridade da alma, buscando detectar pontos rígidos, inchaço, áreas flácidas ou trituradas (CBMDF, 2017).

Quanto a isso, Lima (2005, p. 9) informa que “os hidrocarbonetos (óleo, querosene, gasolina, diesel, etc.) podem ainda ser detectáveis pelo cheiro ou cor”, o que os torna mais fácil de serem identificados e evitar acidentes. Contudo, Lima (2005, p. 9) complementa informando que esses ácidos, por muitas vezes, são os responsáveis por degradar as cordas sem deixar marcas visíveis. Neste caso, assim que identificado qualquer tipo de contaminação ou mesmo a mera suspeita, a corda deve ser descartada.

Existem circunstâncias específicas que tornam a corda inadequada para atividades de salvamento, uma vez que sua utilização nessas situações representa um risco para a vida dos bombeiros e para o sucesso da operação. Entre as considerações mais críticas, incluem-se aquelas em que as cordas tiverem sido submetidas a uma carga excessiva, ou tiverem sofrido um impacto intenso ou sobrecarga (força superior à carga de trabalho), apresentarem danos na alma, desgaste significativo na capa ou caso elas tenham sido expostas a reagentes químicos (Araújo, 2007).

De acordo com a Norma Regulamentadora 35, a durabilidade de uma corda não se restringe apenas ao seu período de utilização, sendo influenciada por diversos elementos como a manutenção realizada, a frequência de uso, o tipo de equipamento empregado, a natureza e intensidade da carga, o desgaste físico, a degradação química, a exposição à luz ultravioleta, os impactos mecânicos e as condições climáticas, entre outros. Indiferentemente da quantidade de tempo que a corda foi utilizada, é aconselhável descartá-la nas seguintes situações: identificação de notável desgaste por abrasão, presença de danos localizados na capa, exposição a impactos mecânicos intensos ou suspeita de contaminação química ou de qualquer outra natureza (Brasil, 2018).

De acordo com o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2006), recomenda-se o descarte de cordas de salvamento em altura que tenham sido utilizadas de forma inadequada, como no reboque de veículos, movimentação de cargas ou deslocamento em espaços confinados. Além disso, devem ser descartadas cordas que tenham sofrido impactos intensos, como quedas bruscas durante a poda de árvores.

A vida útil da corda é de, no máximo, 10 (dez) anos de uso. Entretanto, esse prazo está sujeito a vários fatores, incluindo o nível de cuidado e manutenção, a frequência de uso, o tipo de equipamento utilizado, a velocidade de descida, o tipo e intensidade da carga, a abrasão física, a degradação química, a exposição a raios ultravioletas, entre outros. A avaliação das condições de uma corda depende da observação visual e tátil de sua integridade, bem como de seu histórico de uso (CBMDF, 2022).

O quadro 2 apresentada a seguir foi extraído do Boletim de informação técnico-

profissional CETOP nº 34/2024: equipamentos sintéticos empregados no salvamento em altura e apresenta uma previsão do tempo de vida útil das cordas usadas pela corporação.

Quadro 2 - Previsão de vida útil das cordas

Vida Útil de Cordas	
Uso Intensivo (diário)	De duas semanas a 1 ano
Uso semanal	De 2 a 3 anos
Uso Ocasional	De 4 a 5 anos
Uso Esporádico	Até 10 anos

Fonte: CBMDF (2024, p. 32).

Para além da duração prevista e informada no quadro 2, os normativos informam que a corda deve ser retirada de serviço sempre que apresentar as seguintes condições: ultrapassar a vida útil recomendada, mostrar desgaste excessivo em qualquer parte, apresentar abrasão acentuada, possuir cortes, ser contaminada quimicamente e/ou danificada pelo calor, ter a costura cortada, quebrada ou desgastada (Brasil, 2018).

De acordo com o CBMDF (2024), a inspeção de uma corda deve ser feita visual e manualmente, verificando a integridade da capa e da alma. A capa, por ser externa, pode ser inspecionada visualmente, enquanto a alma requer uma verificação tátil ao longo de toda a corda. Os principais procedimentos de inspeção incluem:

1. Conferência da falçaça – deve estar presente e conter informações adequadas sobre comprimento, validade, etc.;
2. Conferência visual detalhada – verificar a capa em busca de cortes, desgastes excessivos, rigidez, queimaduras, protuberâncias, alma exposta ou contaminação química;
3. Conferência tátil detalhada – percorrer manualmente a corda, identificando pontos rígidos, afunilamentos, torções excessivas, inchaços ou alma visível.

Segundo a NBR 15986, informa-se que, após o exame, “permanecendo a dúvida quanto à segurança da corda, esta deve ser descartada”. Por isso, é preciso lembrar-se que os “efeitos de desgaste pelo uso e pela deterioração mecânica são comparativamente maiores em cordas mais finas e que, portanto, requerem padrões mais rigorosos de aceitação” (ABNT, 2011).

Para uma manutenção adequada das cordas, o British Mountaineering Council (2014), dispõe que a lavagem regular da corda mantém suas propriedades e prolonga sua vida útil. Deste modo, a corda pode ser lavada à mão com água morna ou na máquina, em um ciclo delicado e temperatura baixa, utilizando detergente neutro. Antes da lavagem, deve-se garantir a ausência de resíduos químicos no local. O uso de uma escova auxilia na remoção de sujeira, e a corda deve ser bem enxaguada com água limpa. Não se deve utilizar lavadora de alta pressão. Por fim, após a lavagem, a secagem deve ocorrer naturalmente, longe de fontes de calor, para evitar danos.

METODOLOGIA

Os testes foram conduzidos de acordo com o protocolo de testes adotado e desenvolvido no CETOP, com base na norma EN 1891, atendendo aos requisitos do item 5.10 ("Teste de resistência estática de terminações"), porém com algumas substituições: a) a argola do item 5.10.1.3 foi substituída por mosquetões; b) no manual, a norma determina nos itens 5.10.3.2 e 5.10.3.3 que o teste seja interrompido aos 15 kN e essa força mantida por 3 minutos. Como o objetivo da pesquisa era determinar a carga de ruptura, nos testes realizados, a tração foi mantida constantemente até o momento em que ocorreu o rompimento da amostra.

Para o teste prático foi empregada uma corda semi-estática (EN 1891), da marca Cousin Trestec, modelo Safety Pro Thermocore 11mm, sendo esta a corda padrão atualmente utilizada pelo CBMDF, conforme as especificações a seguir:

Quadro 3. Especificação da corda Cousin Trestec.

Modelo	Safety Pro Thermocore 11mm
Fabricante	Cousin-Trestec
Norma	EN 1891 - Tipo A
Material	Poliamida
Diâmetro	11mm
Gramatura	75g/m
Elasticidade	2,3%
Deslizamento da Capa	0%
Performance Dinâmica	5,1 kN (520,05 kgf)
Carga de ruptura estática (sem nó)	37,4 kN (3813,68 kgf)
Carga de ruptura estática (com nó)	15 kN (1529,55 kgf)
Nº de Quedas em FQ1	32
Encolhimento à água	2,1%

Fonte: Adaptado de CBMDF (2024a, pp. 10 e 11).

Os testes foram conduzidos de acordo com o protocolo de testes adotado e desenvolvido no CETOP, com base na norma EN 1891, atendendo aos requisitos do item 5.10 ("Teste de resistência estática de terminações"), porém com algumas substituições: a) a argola do item 5.10.1.3 foi substituída por mosquetões; b) no manual, a norma determina nos itens 5.10.3.2 e 5.10.3.3 que o teste seja interrompido aos 15 kN e essa força mantida por 3 minutos. Como o objetivo da pesquisa era determinar a carga de ruptura, nos testes realizados, a tração foi mantida constantemente até o momento em que ocorreu o rompimento da amostra.

Para realizar o trabalho prático foi necessário realizar testes com diferentes substâncias para verificar a sua reação nas cordas. Foram usadas 15 substâncias (Figura

2) para a análise, as quais serão demonstradas no quadro 4.

Quadro 4 - Substâncias e máquinas usadas para desgastar as cordas

Substância	Tipo
Teste Referência - Seco	Não se aplica
Teste Referência – Molhado com água	Não se aplica
Diesel	Combustível
Gasolina	Combustível
Detergente neutro	Surfactantes (Tensoativos)
Detergente não neutro	Surfactantes (Tensoativos)
Óleo lubrificante de motosserra	Óleo
Arla (Agente Redutor Líquido de Óxido de Nitrogênio Automotivo)	Agente automotivo - (32,5% ureia de alta pureza e 67,5% água deionizada)
LGE (líquido gerador de espuma)	Surfactantes (Tensoativos)
Óleo mineral - SAE 10W-30	Óleo
Água sanitária – Hipoclorito de sódio	Produto de limpeza - Alcalino corrosivo
Tinta	Agente químico a base de solvente
Repelente	Cosmético
Protetor solar	Cosmético
WD-40	Lubrificante multiuso
Lubrificante grafite	Lubrificante sob a forma de pó seco
Solução de bateria de carro - 70% água / 30% ácido sulfúrico	Ácido

Fonte: o autor.

Figura 1 - Substâncias químicas utilizadas



Fonte: o autor.

Instrumento de pesquisa

Os elementos anteriormente elencados foram postos em contato com as cordas a serem analisadas de modo a verificar o resultado desta interação. Para isto, foi utilizado como base um pedaço de corda de dois metros e foi realizado um nó oito nas suas

extremidades. As cordas foram expostas em duas situações diferentes:

Teste 1. Exposição durante 10 minutos e teste logo em seguida;

Teste 2. Exposição durante 24 horas, limpeza, e realizar o teste quando a corda estiver seca;

O Teste 1 foi projetado para simular uma situação crítica em que a guarnição está realizando um socorro e a corda sofre uma contaminação inesperada, sendo a única opção disponível para a operação de salvamento, refletindo um cenário de emergência onde a avaliação imediata da resistência é essencial para decidir pela continuidade do uso. Já o Teste 2 simula uma situação em que uma contaminação é identificada pela guarnição durante a passagem de serviço, permitindo que a corda seja devidamente limpa conforme os procedimentos estabelecidos (como lavagem com detergente neutro e secagem natural, conforme recomendado pelo British Mountaineering Council, 2014), visando avaliar se a limpeza restaura a integridade do material para uso futuro, destacando a importância da inspeção e manutenção preventiva nas operações do CBMDF.

Ao final, foram obtidas 30 amostras que foram posteriormente analisadas com relação a sua força e desgaste. Este procedimento, foi desenvolvido no laboratório da área de treinamento das torres do CBMDF. Neste local, foi criado um sistema de tração com o uso de guincho elétrico e foi usado o dinamômetro Oswaldo Filizola DAC Crown 5Ton.

Para a leitura dos dados obtidos pelo dinamômetro, foi utilizado um software de aquisição capaz de fazer a programação e leitura em tempo real da célula de carga do dinamômetro, além de gerar os gráficos de cada ensaio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados dos testes

Os resultados, expressos em quilogramas-força (kgf), fornecem uma base para compreender como cada substância influencia a resistência estática da corda. O quadro a seguir apresenta o resultado dos testes de resistência.

Quadro 5 - Resultado dos testes de resistência

Testes de Referência - Máximo - força [kgf]	Teste 1	Teste 2	Diferença	Média	Desvio padrão
Corda Seca	2326	2136	190	2231	134,33
Molhada com água	1894	1936	42	1915	29,70

Fonte: o autor.

Com relação aos testes de força, obteve-se resultados máximos entre 1032kgf e 2358kgf. Para melhor visualização dos dados, apresenta-se no quadro a seguir os resultados máximos registrados.

Quadro 6 - Valores máximos de força registrados nos testes.

Elemento	Máximo - força [kgf]	
	Teste 1	Teste 2
Diesel	2294	2114
Gasolina	1874	2212
Detergente neutro	1934	2048
Detergente não neutro	1942	2042
Óleo lubrificante de motosserra	2236	2244
Arla (Agente Redutor Líquido de Óxido de Nitrogênio Automotivo)	1828	2282
LGE (líquido gerador de espuma)	1712	2104
Óleo mineral	2298	2128
Água sanitária	1964	1882
Tinta	2222	2300
Repelente	2010	2112
Protetor solar	2226	2172
WD-40	2304	2186
Lubrificante grafite	2160	2358
Solução de bateria de carro - 70% água / 30% ácido sulfúrico	1468	1032

Fonte: o autor.

Discussão

A resistência da corda no teste de referência com a corda seca apresentou valores de 2326 kgf e 2136 kgf, com uma média de 2231 kgf e um desvio padrão de 134,33 kgf, indicando uma variabilidade moderada no desempenho do material, mas ainda compatível com o teste realizado no BITP de Carga de Ruptura de Nós e Amarrações, onde o nó oito padrão, realizado com uma corda de poliamida de 11 mm, apresenta uma resistência do nó em relação à resistência da corda de 68%, totalizando 2292 kgf antes da ruptura (CBMDF, 2020). Além disso, o teste de referência com a corda molhada em água registrou valores de 1894 kgf e 1936 kgf, com uma média de 1915 kgf e um desvio padrão de 29,70 kgf, evidenciando uma variabilidade menor em comparação com a corda seca, e uma perda de resistência dentro do esperado, segundo a NBR 15986 (ABNT, 2011), que considera normal uma perda de força entre 10% e 20%. A perda de resistência da corda molhada em relação à corda seca foi de 14,17%.

No Teste 1, com 10 minutos de exposição e teste imediato, a corda contaminada com diesel apresentou um ganho de resistência praticamente irrelevante (2,8%) em relação à média da corda seca (2231 kgf), confirmando que a corda mantém sua integridade estrutural com uma perda quase desprezível, como demonstrado pelos testes. Já no teste com gasolina, a corda exibiu uma perda de resistência mais significativa (16,0%), também em relação à média da Corda Seca (2231 kgf). Isso possivelmente ocorre porque a gasolina possui componentes voláteis que penetram na estrutura do polímero, amolecendo-o e enfraquecendo as interações moleculares que sustentam sua força. Esse efeito solvente, combinado com sua capacidade de infiltrar-se no material, reduz a resistência à tração em níveis próximos aos da água, conforme observado nos resultados.

No Teste 2, que envolveu exposição por 24 horas seguida de limpeza e teste após secagem, a gasolina e o diesel apresentaram comportamentos distintos na resistência da corda de poliamida. A gasolina resultou em uma resistência de 2212 kgf, com uma perda mínima de 0,9% em relação à média da Corda Seca, indicando uma recuperação significativa após a evaporação de seus componentes voláteis durante a limpeza e secagem. Já o diesel, com resistência de 2114 kgf, mostrou uma perda de 5,2% em relação à mesma referência, sugerindo que sua natureza mais viscosa e menos volátil dificultou a remoção completa de resíduos.

A corda exposta ao diesel no Teste 2 (Figura 2), apresentou uma mudança de coloração que não reverteu ao normal, mantendo um tom mais opaco e amarelado, mesmo após o procedimento de limpeza com detergente neutro, além de exibir uma textura oleosa residual, indicando a dificuldade de remoção completa dos hidrocarbonetos mais pesados do diesel. Em contrapartida, a amostra exposta à gasolina no mesmo teste manteve sua coloração original, sem alterações visíveis, porém demonstrou um aumento de rigidez em comparação com a amostra de referência (corda seca). De acordo com a Norma Regulamentadora 35 (Brasil, 2012), esse claro sinal de contaminação química deve ser considerado para uma possível retirada da corda da atividade de salvamento em altura.

Figura 2 - Amostra de Diesel do teste 2 após a limpeza.



Fonte: o autor.

No teste 1, o grupo de óleos e lubrificantes (óleo mineral, óleo de motosserra, lubrificante grafite e WD-40) apresentou impactos mínimos na resistência da corda de poliamida, demonstrando que esses contaminantes não comprometem significativamente a integridade do material no curto prazo. O WD-40 registrou uma resistência de 2304 kgf, com um ganho de 3,3% em relação à média da Corda Seca, seguido pelo óleo de motosserra com 2236 kgf (perda de 0,2%) e pelo óleo mineral com 2298 kgf (ganho de 3,3%). O lubrificante grafite, por sua vez, apresentou a maior perda do grupo, com 2160 kgf (redução de 3,2%), possivelmente devido à sua natureza seca, que pode causar leve abrasão superficial ao se acumular na capa da corda.

No Teste 2, o grupo de óleos e lubrificantes (Figura 3) mostraram variações mais pronunciadas, refletindo os efeitos da exposição prolongada e do processo de limpeza. O lubrificante grafite destacou-se positivamente, alcançando 2358 kgf, um ganho de 5,7% em

relação à média da Corda Seca, sugerindo que a remoção de partículas abrasivas durante a limpeza, aliada à sua natureza não oleosa, favoreceu a recuperação da resistência. O óleo de motosserra manteve-se estável, com 2244 kgf (ganho de 0,6%), enquanto o WD-40 caiu para 2186 kgf (perda de 2,0%) e o óleo mineral (Figura 4) apresentou a maior perda do grupo, com 2128 kgf (redução de 4,6%), possivelmente devido a resíduos oleosos que causaram danos na estrutura da corda.

Figura 3 - Amostra exposta ao óleo lubrificante.



Fonte: o autor.

Segundo a NBR 15986, os filamentos de poliamida não são afetados por álcalis à temperatura normal, nem por numerosos tipos de óleos, porém se incham em contato com certos solventes orgânicos (ABNT, 2011).

Figura 4 - Amostra referência, amostra exposta ao óleo mineral e amostra exposta ao óleo lubrificante.



Fonte: o autor.

As cordas expostas ao óleo mineral (Figura 5) e ao óleo lubrificante de motosserra apresentaram, em ambos os testes, uma mudança de coloração que não reverteu mesmo

após a lavagem, mantendo um tom mais escurecido e opaco em comparação com a corda de referência. Além disso, as amostras exibiram um aspecto oleoso residual, indicando que os hidrocarbonetos desses óleos, devido à sua viscosidade e composição química, aderiram à capa da corda e não foram completamente removidos durante a limpeza, conferindo uma textura que sugere a persistência de resíduos.

Figura 5 - Amostra exposta ao óleo mineral após o teste 2.



Fonte: o autor.

No Teste 1, o LGE, o detergente neutro e o detergente não neutro (Figura 6) impactaram a resistência da corda de forma moderada, refletindo o efeito da umidade e dos tensoativos na estrutura do material. O LGE resultou na maior perda, com resistência de 1712 kgf, uma redução de 23,3% em relação à média da Corda Seca e de 10,6% em relação à média da Corda Molhada com Água (1915 kgf), devido à sua composição com tensoativos que, combinados à água, amolecem a poliamida e reduzem sua resistência à tração. O detergente neutro apresentou resistência de 1934 kgf (perda de 13,3% em relação à Corda Seca), enquanto o detergente não neutro registrou 1942 kgf (perda de 13,0%), valores próximos à média da Corda Molhada (1915 kgf), indicando que o impacto principal vem da umidade presente nas soluções, com os tensoativos causando um efeito adicional leve.

Figura 6 - Amostra exposta à detergente neutro e detergente normal.



Fonte: o autor.

No Teste 2, o LGE, o detergente neutro e o detergente não neutro mostraram uma recuperação significativa na resistência da corda de poliamida, evidenciando que os efeitos da umidade e dos tensoativos são amplamente reversíveis com os procedimentos

adequados. O LGE alcançou uma resistência de 2104 kgf, com uma perda de apenas 5,7% em relação à média da Corda Seca e um ganho de 9,9% em relação à média da Corda Molhada com Água, indicando que a limpeza removeu os tensoativos e a secagem minimizou o impacto da umidade. O detergente neutro apresentou resistência de 2048 kgf (perda de 8,2% em relação à Corda Seca), enquanto o detergente não neutro registrou 2042 kgf (perda de 8,5%), ambos com valores superiores à média da Corda Molhada, sugerindo que a limpeza e secagem foram eficazes na restauração da resistência, independentemente da natureza do detergente.

As substâncias repelente e protetor solar e tinta impactaram a resistência da corda de poliamida de forma leve a moderada no teste 1. A tinta, com resistência de 2222 kgf, apresentou uma perda mínima de 0,4% em relação à média da Corda Seca e um ganho de 16,0% em relação à média da Corda Molhada com Água, indicando que sua base não interage significativamente com a poliamida no curto prazo. O protetor solar registrou 2226 kgf, com uma perda de apenas 0,2% em relação à Corda Seca, também beneficiado por sua composição oleosa que forma uma camada superficial sem penetrar profundamente. Já o repelente, com 2010 kgf, mostrou uma perda mais expressiva de 9,9% em relação à média da Corda Seca e de 5,0% em relação à Corda Molhada, os solventes em sua formulação, como o DEET, podem ter amolecido a poliamida e enfraquecer suas interações moleculares.

Figura 7 - Amostra exposta à tinta.



Fonte: o autor.

No Teste 2, as substâncias repelente, protetor solar e tinta (Figura 7) apresentaram impactos variados na resistência da corda de poliamida, com resultados que indicam uma boa recuperação após os procedimentos de manutenção. A tinta alcançou uma resistência de 2300 kgf, um ganho de 3,1% em relação à média da Corda Seca e de 20,1% em relação à média da Corda Molhada com Água, sugerindo que sua base oleosa não apenas foi inofensiva, mas a limpeza pode ter removido impurezas, mantendo a integridade da corda. O repelente registrou 2112 kgf, com uma perda de 5,3% em relação à média da Corda Seca, mas um ganho de 10,3% em relação à Corda Molhada, indicando que os solventes, como o DEET, foram amplamente removidos na limpeza, permitindo uma recuperação significativa. O protetor solar, com 2172 kgf, apresentou uma perda de 2,6% em relação à Corda Seca e um ganho de 13,4% em relação à Corda Molhada, mostrando que sua composição oleosa tem um impacto mínimo, embora a exposição prolongada e a limpeza possam ter deixado resíduos que afetaram levemente a resistência.

A análise dos testes com Arla nos dois cenários revela um comportamento distinto da corda de poliamida frente a essa solução aquosa de. No Teste 1, a resistência foi de 1828

kgf, uma perda de 18,1% em relação à média da Corda Seca e de 4,5% em relação à média da Corda Molhada com Água, indicando que o impacto inicial é amplificado pela umidade, com a ureia contribuindo pouco para a degradação, já que o valor é próximo ao da corda molhada. No Teste 2, a resistência subiu para 2282 kgf, com uma perda mínima de 2,3% em relação à média da Corda Seca e um ganho de 19,2% em relação à Corda Molhada, sugerindo que a limpeza removeu a ureia e a secagem eliminou a umidade, permitindo uma recuperação significativa da resistência

A análise dos testes com água sanitária mostra um impacto moderado na resistência da corda de poliamida, com efeitos que se intensificam na exposição prolongada. No Teste 1, a resistência foi de 1964 kgf, uma perda de 12,0% em relação à média da Corda Seca e um ganho de 2,6% em relação à média da Corda Molhada com Água, indicando que a umidade da solução contribui para a redução inicial, enquanto o hipoclorito de sódio, com sua natureza alcalina e oxidante, causa um leve efeito corrosivo. No Teste 2, a resistência caiu para 1882 kgf, uma perda de 15,7% em relação à média da Corda Seca e de 1,7% em relação à Corda Molhada, sugerindo que a exposição prolongada intensificou a degradação química pela oxidação, mesmo após a limpeza, que não conseguiu reverter completamente os efeitos do agente oxidante.

De acordo com o British Mountaineering Council (2014), os produtos químicos corrosivos, como ácidos, causam danos catastróficos às cordas. Muitos produtos de limpeza domésticos, como é o caso da água sanitária, contêm ácidos fortes que podem rapidamente comprometer a integridade da corda. Segundo a NBR 16489 (ABNT, 2017), o hipoclorito de sódio 0,25% (Água sanitária) causa um efeito desprezível sobre os finamentos de poliamida.

É fundamental tomar cuidado ao utilizar água sanitária na limpeza de viaturas, a fim de evitar a contaminação acidental das cordas de poliamida usadas em operações de salvamento em altura. A exposição repetida ou prolongada pode comprometer a segurança a longo prazo, tornando essencial a adoção de medidas preventivas, como realizar a limpeza das viaturas em áreas isoladas das cordas e garantir que não haja respingos ou contato indireto durante o processo.

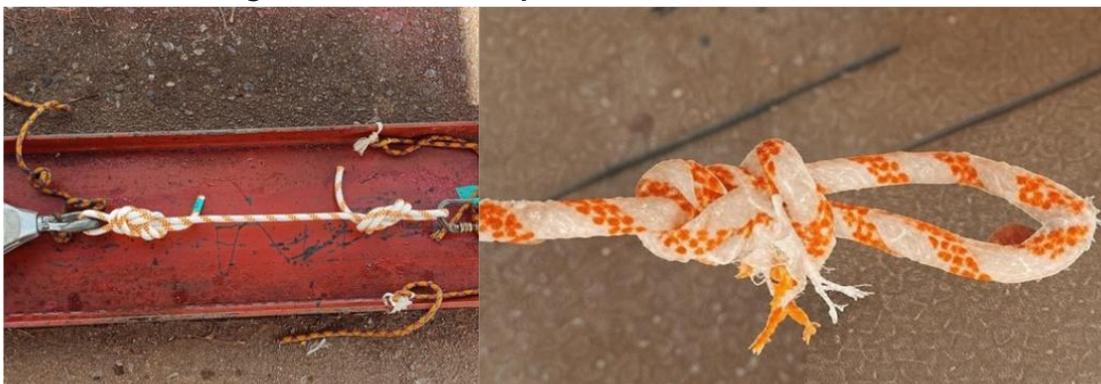
A análise dos testes com a solução de bateria revela um impacto severo na resistência da corda de poliamida, sendo o contaminante mais danoso entre os testados. No Teste 1, a resistência foi de 1468 kgf, uma perda drástica de 34,2% em relação à média da Corda Seca e de 23,3% em relação à média da Corda Molhada com Água. No Teste 2, a resistência caiu ainda mais, para 1032 kgf, uma perda de 53,7% em relação à média da Corda Seca e de 46,1% em relação à Corda Molhada, evidenciando que o ácido sulfúrico degrada quimicamente as ligações amida da poliamida, e a exposição prolongada intensifica esse dano irreversível, mesmo após a limpeza, que não conseguiu mitigar os efeitos corrosivos.

A queda drástica de resistência da amostra exposta a solução de bateria (Figura 8) reflete uma degradação química direta. O ácido ataca a corda, comprometendo sua integridade estrutural, o que explica por que é o agente mais danoso entre todos os testados. Esses resultados indicam que a exposição a ácidos fortes como o sulfúrico deve ser evitada, e a corda deve ser descartada imediatamente após contato, pois não atende

aos padrões de segurança para operações de salvamento.

O British Mountaineering Council (2014), destaca que baterias, especialmente as de automóveis, representam uma fonte significativa de ácido forte e devem ser mantidas afastadas das cordas. Lima (2005, p. 8) também afirma que “os ácidos de qualquer espécie (mas comumente o de bateria de carro) e os hidrocarbonetos (derivados do petróleo)”, elementos esses que são facilmente encontrados em veículos automotivos, podem causar graves danos às cordas.

Figura 8 - Amostra exposta à solução de bateria.



Fonte: o autor.

Conforme NBR 16489 (ABNT, 2017), uma solução de ácido sulfúrico 10%, uma concentração bem menor que a solução de bateria, já é capaz de ter um efeito considerável na estrutura da corda, sendo até mesmo capaz de dissolver os filamentos de poliamida numa temperatura superior a 60 °C.

Observou-se que o ácido sulfúrico causa uma degradação considerável na capa das cordas, degradando as fibras e tornando-as mais suscetíveis a rompimentos sob carga. Além disso, a corda exposta à solução de bateria apresentou um endurecimento significativo, tornando-se rígida e de difícil manuseio, o que compromete ainda mais sua funcionalidade em operações de salvamento, já que a flexibilidade é essencial para a realização de nós e o manejo seguro durante o uso em altura. Essa alteração na textura, combinada à perda de resistência, reforça a necessidade de descarte imediato da corda após exposição a ácidos fortes, conforme indicado pelos resultados dos testes.

Dentre todas as substâncias testadas, o ácido sulfúrico foi a única que comprometeu a resistência da corda de poliamida a ponto de ficar fora da zona de segurança estabelecida pela norma brasileira. De acordo com a EN 1891, a corda com alma e capa trançada de baixo coeficiente de alongamento, para ser considerado do tipo A deve possuir a resistência estática de no mínimo 15 kN (1529,55 kgf) com terminais (EN, 1998). Nos testes, a exposição ao ácido sulfúrico resultou em uma resistência inferior ao limite mínimo exigido para cordas tipo A com terminais, evidenciando uma degradação química severa que rompeu as ligações amida do polímero. Todas as demais substâncias, como óleos e até o LGE, mantiveram a resistência acima desse patamar crítico, destacando o ácido sulfúrico como um risco excepcional para a integridade da corda em aplicações que seguem essa norma.

Em resumo, observou-se que a integridade física das cordas, quando expostas a diferentes elementos químicos, revelaram variações em maior ou menor grau na força e no

desgaste das amostras. Para garantir a segurança e a integridade das cordas de poliamida utilizadas em operações de salvamento em altura, deve-se evitar seu uso em atividades de isolamento ou a exposição direta ao asfalto, especialmente em ambientes onde há risco de contato com substâncias como óleos ou solução de bateria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo geral avaliar os principais contaminantes e os efeitos dos desgastes químicos nas cordas usadas nas atividades de salvamento em altura pelo CBMDF, além de observar na literatura os tipos de comprometimento do material e realizar teste para determinar o grau de comprometimento das cordas contaminadas. Os resultados apresentados podem ser úteis ao CBMDF e outras corporações de salvamento, ampliando discussões além do Distrito Federal e melhorando os serviços prestados ao cidadão.

As cordas de poliamida são relativamente resistentes a óleos e lubrificantes, mas perdem significativa capacidade de suporte de carga quando expostas a ácidos fortes (como ácido sulfúrico), alguns solventes (gasolina) ou substâncias que introduzem umidade (água, LGE).

Os resultados dos testes de tração confirmaram que a contaminação química afeta significativamente o desempenho das cordas, com variações expressivas na resistência dependendo da substância aplicada; no entanto, todas as substâncias testadas, com exceção do ácido sulfúrico, não comprometeram a corda de poliamida de forma terminal, mantendo-a em condições para uso imediato nas operações de salvamento em altura, conforme os limites da EN 1891 (1998). Apesar disso, cordas que apresentarem resíduos de substâncias químicas devem ser descartadas imediatamente, independentemente de sua resistência aparente nos testes de tração, pois a contaminação pode comprometer sua segurança a longo prazo, introduzindo riscos não visíveis que ameaçam a integridade das fibras e, conseqüentemente, a vida dos bombeiros e o sucesso das operações, como reforçado por Lima (2005, p. 9) ao destacar os danos ocultos causados por ácidos e hidrocarbonetos.

Assim, mesmo que substâncias como diesel, gasolina, óleo lubrificante e óleo mineral não tenham causado danos permanentes significativos nos testes de resistência à tração, a corda deve ser descartada devido à presença de claros sinais de contaminação por produtos químicos. Esses contaminantes, conforme indicado por Lima (2005, p. 9), podem ser detectados pelo cheiro ou pela mudança de cor, como a opacidade e o aspecto oleoso observados nas cordas expostas a óleos, o que compromete sua segurança para uso em operações de salvamento. A exposição a esses hidrocarbonetos, mesmo que não reduza a resistência abaixo do limite da EN 1891 nos testes, pode indicar uma degradação progressiva ou riscos não visíveis, justificando a necessidade de descarte para evitar falhas em situações críticas.

O cuidado com as cordas de salvamento é essencial para garantir a segurança e a eficácia das operações realizadas pelo CBMDF, especialmente em atividades de salvamento em altura, onde a integridade do equipamento pode determinar o sucesso da missão e a proteção da vida. Cordas mal armazenadas ou expostas a contaminantes podem sofrer desgaste precoce, comprometendo sua resistência e colocando em risco tanto os bombeiros quanto as vítimas. Por isso, é fundamental que as viaturas operacionais do

CBMDF disponham de um compartimento separado e adequado para o armazenamento das cordas, protegendo-as de condições adversas e garantindo a segurança da operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 15986: Cordas de alma e capa de baixo coeficiente de alongamento para acesso por cordas — Requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ABNT. **NBR 16489: Sistemas e equipamentos de proteção individual contra quedas de altura — Cordas de segurança e cordas de posicionamento — Requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ARAÚJO, Francisco Bento de. **Manual de Instruções Técnico Profissional: Salvamento.** Brasília: [S. n.], 2007.
- BRASIL. **Lei nº 12.086, de 6 de novembro de 2009.** Dispõe sobre os militares da Polícia Militar do Distrito Federal e do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. Diário Oficial da União, Brasília, 7 nov. 2009.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. **Manual de auxílio na interpretação e aplicação da norma regulamentadora nº 35 – trabalho em altura- incluído anexo I e II e alteração do item 35.5.** 2ed., 2018.
- BRITISH MOUNTAINEERING COUNCIL. **Ropes: a new guide for climbers and mountaineers.** 2014. Disponível em: <https://services.thebmc.co.uk/ropes--a-guide-for-climbers-and-mountaineers>. Acesso em: 15 fev. 2025.
- 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.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Salvamento em Altura: equipamentos.** 1. ed. Brasília: CBMDF, 2017.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Norma interna de segurança básica nas instruções profissionais do CBMDF: Portaria 25, de 1º de novembro de 2019. Boletim Geral nº 209, de 5 de novembro de 2019.** Brasília: CBMDF, 2019.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Boletim de informação técnico-profissional CETOP nº 20/2020: carga de ruptura de nós e amarrações.** Brasília: CETOP, 2020.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Salvamento.** 5. ed. Brasília: CBMDF, 2022.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Boletim de informação técnico-profissional CETOP nº 29/2023: padronização dos nós e amarrações empregados no salvamento em altura.** Brasília: CETOP, 2023.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Boletim de informação técnico-profissional CETOP nº 34/2024: equipamentos sintéticos empregados no salvamento em altura.** Brasília: CETOP, 2024.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1891:1998 - Personal protective equipment for the prevention of falls from a height - Low stretch**

kernmantel ropes. Brussels: CEN, 1998.

- LIMA, Daniel Maldonado de A. **Introdução–Nós e Amarras.** Fortaleza, 2005.
- SPINELLI, Luiz Eduardo. **Manual sobre cordas de segurança.** 2019. Disponível em: https://www.spinelli.blog.br/indice_publicacoes.htm. Acesso em: 05 jan. 2024.
- TEUFELBERGER. **Industrial Fiber Rope A4 Folder.** 2020. Disponível em: https://www.teufelberger.com/media/contentmanager/content/downloads/Industrial-Fiber-Rope_A4_Folder_EN_09_20_web.pdf. Acesso em: 15 fev. 2025.

EQUIPE RESPONSÁVEL

Elaboração:

- Ten-Cel. QOBM/Comb. ESTEVÃO LAMARTINE NOGUEIRA **PASSARINHO** (orientador da pesquisa)
- Cad. QOBM/Comb. **NICOLAS VIEIRA DIAS DOS SANTOS** (autor da pesquisa)