



CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA
DIRETORIA DE ENSINO
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS



CARGA DE RUPTURA ESTÁTICA DOS NÓS UTILIZADOS NAS ATIVIDADES DE SALVAMENTO EM ALTURA DO CBMDF

André Luis Silva Mezêncio¹
Estevão Lamartine Nogueira Passarinho²

RESUMO

Este trabalho descreve a carga de ruptura estática dos nós utilizados em salvamento em altura no CBMDF. Tal abordagem se fez necessária posto que o uso da técnica adequada associada ao equipamento mais adequado traz maior segurança para o bombeiro e, conseqüentemente, é desenvolvido um trabalho de excelência para a sociedade. O objetivo deste estudo é avaliar a carga de ruptura estática dos nós utilizados em salvamento em altura no CBMDF. Este intento foi conseguido mediante da pesquisa de campo/ estudo de caso no qual foi criado laboratório de testes onde foi aplicada tensão ao nó até sua ruptura. Esse estudo concluiu que a realização de testes como este no CBMDF é de extrema importância, tendo em vista que existiram resultados que divergiram da literatura. Posto isso, é interessante que atividades como essa sejam desenvolvidas a fim de produzir um parâmetro de análise a mais para o desenvolvimento das atividades de salvamento em altura na Corporação.

Palavras-chave: Salvamento em altura. Nó. Tensão. Ruptura de nó. Carga de ruptura estática

¹ Cadete lotado na ABMIL, CBMDF. Formado em Nutrição na Universidade de Brasília. Aluno do curso de Formação de Oficiais – 2017.

² Capitão. Subcomandante do Centro de Treinamento Operacional – CETOP – do CBMDF. Formado em Ciências da Computação na Universidade de Brasília.

INTRODUÇÃO

O trabalho em comento está inserido num contexto de aperfeiçoamento das atividades de salvamento. O CBMDF não dispõe de dados concretos para a atividade, que é tão importante para a Corporação. Nesse sentido, há um movimento de produção de dados e documentos a fim de consolidar base sólida para nortear as ações de salvamento.

Este trabalho descreve a carga de ruptura estática dos nós utilizados em salvamento em altura no CBMDF. Nesse sentido, buscou responder à seguinte pergunta: qual a tensão máxima a que resistem os nós utilizados para garantir nas atividades de salvamento em altura? Tem como hipótese: há indícios de que existe a necessidade de criação de um documento que relacione a tensão máxima para nós utilizados em salvamento em altura a fim de servir como referência para a segurança dos profissionais atuantes nas ocorrências.

Tal abordagem se faz necessária posto que o uso da técnica associada ao equipamento mais adequado traz maior segurança para o bombeiro e, como consequência, faz com que seja desempenhado um trabalho de excelência para a sociedade, uma vez que a segurança é objetivo primário no desempenho de atividades do CBMDF.

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar carga de ruptura dos nós utilizados para atividades de salvamento em altura pelas guarnições do CBMDF e produzir um documento que elucide os dados. Além disso, também irá: descrever a importância do salvamento em altura na atividade de bombeiro militar; enumerar os nós utilizados nos procedimentos de salvamento em altura; criar um laboratório de testes no CBMDF; realizar o teste de tensão dos nós; desenvolver um quadro com a descrição da tensão de ruptura de cada nó a fim de subsidiar a produção de procedimentos operacionais padrão para a atividade.

Este intento foi conseguido mediante essa pesquisa no qual os nós foram submetidos a tração por meio de um sistema com o uso de dinamômetro até a ruptura a fim de mensurar a força estática necessária.

1 A IMPORTÂNCIA DO SALVAMENTO EM ALTURA NA ATIVIDADE DE BOMBEIRO MILITAR

Desde os primórdios os bombeiros desempenham atividades de salvamento. Antes mesmo de combater o fogo eram aplicadas técnicas de salvação para preservar vidas e patrimônios expostos aos danos dos incêndios. Após o grande incêndio de Londres, no século

XVII, as companhias de seguros mantinham brigadas particulares de bombeiros a fim de preservar os bens e vidas dos contribuintes. Há registro de referências de atividades de salvamento desde 1874, principalmente no estado de São Paulo e, no ano de 1926, o então Tenente-Coronel Ernesto de Andrade, solicitou ao Exmº Sr. Ministro da Justiça a criação do serviço de salvamento no Corpo de Bombeiros. (ARAÚJO, s/a; CBMGO, 2017)

Conforme o Manual de Instruções Técnico-Profissional do CBMDF (ARAÚJO, s/a), em 1927 foi publicado aviso Ministerial nº 2.189 nomeando uma comissão de oficiais do Corpo de Bombeiros para organizar e regulamentar o serviço de salvamento, que ficou definido como: “toda e qualquer atividade realizada por equipe especializada, com conhecimentos táticos e técnicos adequados, com o objetivo de salvaguardar vidas e bens”.

Segundo a apostila de salvamento, utilizada nas instruções do Curso de Formação de Oficiais do CBMDF (CBMDF, 2018, p. 6), Salvamento em altura é:

atividade de bombeiro especializada no salvamento de vítimas em local elevado, através do uso de equipamentos e técnicas específicas com vistas à localização, acesso, estabilização e remoção do local ou solução da condição de risco à vida, em auxílio de quem não consiga sair em segurança por si só.

Este salvamento é desenvolvido em qualquer ambiente onde haja risco de queda acima de 2 metros e pode ser desenvolvido nos planos: horizontal, vertical ou inclinado. (CBMDF, 2018)

Conforme informação encontrada no sítio eletrônico institucional, a fim de aprimorar as técnicas utilizadas em salvamento em altura, foi celebrado um convênio, em 1980, entre o CBMDF e a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA), que possibilitou a construção das torres Yokohama e Tóquio, em 1982 e 1984, respectivamente. Esse fato, auxiliou no desenvolvimento da doutrina de salvamento em altura, uma vez que os procedimentos básicos de segurança e proteção foram estudados e aprimorados a fim de minimizar os riscos aos quais os bombeiros estão expostos na atividade. (CBMDF, s/a)

Os fatos elucidados acima demonstram a importância da atividade de salvamento em altura no desempenho da função de bombeiro militar, ainda mais hodiernamente, em que os ambientes urbanos tornam-se cada vez mais verticais, com prédios ultrapassando 20 andares. E, para o desempenho eficiente da atividade, é necessário observar, dentre outros fatores, a segurança dos materiais, que, segundo Araújo (s/a) abarca os três aspectos:

- Aspecto psicológico: que é a confiança adquirida no uso do equipamento, a qual influencia na autoconfiança;
- Aspecto técnico: que é a forma correta de manusear os materiais;
- Aspecto educacional: que é o conhecimento exato da estrutura física e resistência dos materiais e equipamentos empregados nas mais diversas operações.

É, principalmente, nos dois últimos aspectos citados acima que esse trabalho tem sua maior relevância.

2 OS NÓS UTILIZADOS NOS PROCEDIMENTOS DE SALVAMENTO EM ALTURA

Os nós constituem parte fundamental nas atividades de salvamento em altura. O conhecimento sobre amarrações permite que o soldado do fogo desenvolva o resgate de forma segura e adequada. A atividade é dinâmica e, quanto maior o conhecimento acerca de técnicas e aplicações dos nós, maior a variedade de procedimentos que ele poderá aplicar no salvamento. (ARAÚJO, s/a;)

Nós, segundo definição adotada pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, são “entrelaçamentos realizados no seio ou na extremidade de uma corda, com a finalidade de formar uma ou várias alças, assim como também de fixá-la em um ponto adequado, seja provisório ou permanente”. (ARAÚJO, s/a, p. 660)

As características que definem um bom nó são (DELGADO, 2008):

- Fácil execução;
- Resistente (sustentar grandes cargas sem romper);
- Seguro (não se altera e se desfaz com facilidade, ao receber tensão);
- Sua imagem é facilmente reconhecível;
- É facilmente desatado após o recebimento da carga;
- Polivalente (várias funções).

Ressalta-se que a presente pesquisa permite elucidar três características descritas acima para os nós testados: resistência, segurança e, em parte, facilidade em desatar o nó.

Conforme o Manual Profissional dos Entrelaçamentos (ARAÚJO, s/a), os nós possuem diversas aplicações, portanto são diferenciados em:

- Nós na extremidade do cabo: utilizados para segurança, evitar o trabalho do cabo e para que outros nós não se desfçam;
- Nós para emendar cabos: unem cordas, que podem ser de mesmo diâmetro ou diâmetros diferentes;
- Nós para fixar cabos: fixar a corda a pontos e dar segurança.

- Nós para reforçar e encurtar cabos: utilizado para reforçar um cabo que esteja com algum dano em virtude de atrito ou corte;
- Nós para formação de alças: usado para prender o cabo a um mosquetão, mastro, viga ou árvore e também para arrastar troncos ou peças.
- Nós para formação de cintos e cadeiras: utilizados em substituição das cadeiras prontas.

3 LABORATÓRIO DE TESTES

Inicialmente, os testes deste trabalho seriam realizados no Laboratório de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília, contudo o referido não dispunha de máquinas com curso suficiente para ruptura dos nós que seriam testados. Posto isso, iniciou-se a criação de um espaço adaptado de que atendesse às condições exigidas da EN 1891:1998 para a realização dos testes.

No Centro de Treinamento Operacional, na Área de Treinamento Capitão Bandeira – torres de treinamento do CBMDF – foram criadas ancoragens de alta resistência com trilhos de trem concretados no solo, além de um guincho elétrico de viatura que foi chumbado no solo para a realização da tração com velocidade e força constantes. Foi aproveitada a grade que cerca a área de treinamento para segurança contra o efeito chicote decorrente do rompimento dos cabos. O dinamômetro digital Oswaldo Filizola DAC Crown 5 Ton foi adquirido por processo de licitação – via termo de referência, na modalidade pregão – desencadeado pela pesquisa em comento, de forma que a carga de ruptura pudesse ser mensurada. Aquele foi ancorado ao trilho de trem localizado na parte interna da área de treinamento por meio de fitas de carga para elevação de cargas pesadas e a conexão foi feita com dois mosquetões redundantes.

Com o uso de pedaços de carpetes e tapetes de EVA, foi possível criar uma condição mais segura para o dinamômetro, a fim de evitar danos em virtude do efeito chicote. Conectado ao cabo de aço do guincho, foi utilizada uma polia com patilha, montando-se um sistema 2x1 a fim de diminuir a velocidade e duplicar a força de tração aplicada no corpo de prova. As amostras eram montadas em mosquetões de alta resistência, que eram conectados ao dinamômetro e à patilha do sistema de tração, a fim de realizar os testes.

Foi utilizada viatura do tipo Auto Serviços Gerais (ASG) como base para os aplicadores do estudo, os quais posicionaram o computador e armazenaram as amostras para teste.

É possível observar o laboratório criado nas figuras 33 e 34, no Apêndice A.

4 O TESTE DE TENSÃO DOS NÓS

A fim de abordar o tema dos nós, é necessário esclarecer alguns aspectos referentes ao material mais utilizado para confecção desses em salvamento em altura: as cordas. Segundo Araújo (s/a), corda é “um conjunto de fibras torcidas ou trançadas, dentro ou não de uma capa, que forma um feixe longitudinal e flexível”.

As cordas são desenvolvidas para suportar uma carga no sentido longitudinal. Posto isso, a confecção de um nó e posterior aplicação de carga na corda gera uma redução da resistência nominal da corda na região do nó, tendo em vista que a carga se distribui de forma irregular no local. As fibras podem estar tensionadas e comprimidas ao mesmo tempo em uma mesma secção transversal. Um nó que trabalha corretamente é o que divide bem a tensão em toda massa da corda, posto isso, é importante confeccioná-lo adequadamente e prestar atenção no desenho do nó, deixando as voltas paralelas e encaixadas no corpo do nó. (ARAÚJO, s/a)

No que tange as cordas, algumas características são importantes de serem mencionadas a fim de determinar qual o melhor equipamento para determinada atividade: matéria-prima, tipo de fabricação, elasticidade.

As cordas podem ser de fibras vegetais (algodão, sisal, cânhamo, etc), animais (seda, crina e couro), minerais e de fibras sintéticas (nylon, kevlar, poliamida, etc). As cordas de fibras naturais, apesar de serem mais baratas, não são adequadas para as atividades de salvamento em altura uma vez que são mais sensíveis a agentes decompositores (fungos), usualmente são mais pesadas, apresentam baixa resistência mecânica e seu processo de fabricação não permite a construção de cordas longas. As de fibra animal são caras e geralmente pequenas, portanto inadequadas para a atividade de salvamento em altura. As minerais são compostas por segmentos de fios metálicos (aço ou arame) torcidos e a resistência vai variar de acordo com a bitola. Posto isso são cabos usualmente resistentes que podem ser empregados em içamentos de objetos pesados, contudo sua desvantagem é serem pesados e pouco flexíveis. Os cabos de fibras sintéticas, por sua vez, são constituídos de substâncias derivadas do petróleo e do carvão, possuem fibras longas e boa resistência à tração e ao atrito, impermeabilidade e, por conseguinte, boa durabilidade. Portanto são cordas adequadas para as atividades de salvamento em altura. (PASSARINHO et al., 2017)

As cordas utilizadas para salvamento em altura no CBMDF são de poliamida para garantir um equilíbrio entre boa resistência à abrasão e boa flexibilidade. Seu processo de fabricação é de *kernmantle*, ou seja, os cabos possuem capa e alma – a alma é formada por vários filamentos entrelaçados e é responsável por cerca de 70% a 80% da resistência do cabo, a capa recobre a alma a fim de protegê-la contra abrasão e outros agentes agressivos, sendo responsável pelo restante da resistência. (BUDWORTH, 2000; PASSARINHO et al., 2017)

As cordas podem ser classificadas como semi-estáticas ou dinâmicas no que se refere à elasticidade. Conforme o padrão europeu EN 1891 (Tabela 1), as cordas semi-estáticas são classificadas como os cabos de diâmetro entre 8,5mm e 16mm e possuem alongamento de 5% após a aplicação de uma carga de 150kg. As cordas semi-estáticas são ideais para as atividades de salvamento em altura tendo em vista que permitem uma progressão mais controlada, de forma que o usuário não sofra balanço em virtude da elasticidade da corda durante os trabalhos. Além disso, as cordas podem ser classificadas como tipo A e B: as cordas tipo A possuem uma carga de ruptura estática maior do que as tipo B (22kN contra 18kN) e na performance dinâmica também trabalham com uma carga maior: suportam 5 quedas fator 1 – distância entre a ancoragem e o resgatista igual a distância da queda – com 100kg na ponta contra 80kg das tipo B. (LANEX, s/a)

Quadro 1. Tipos de corda semi-estáticas conforme EN 1891:1998

	TIPO A	TIPO B
Emprego	Cordas de segurança para salvamento em altura, etc.	Cordas menores e mais leves que as do tipo A
Diâmetro	8,5mm a 16mm	8,5mm a 16mm
Deslizamento da capa	$\leq 40\text{mm}$	$\leq 15\text{mm}$
Performance dinâmica	M = 100kg F < 6kN	M = 80kg F < 6kN
Carga de ruptura estática (sem nó)	$\geq 22\text{kN}$	$\geq 18\text{kN}$
Carga de ruptura estática (com nó)	$\geq 15\text{kN}$	$\geq 12\text{kN}$
Elasticidade	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$
Nº de quedas fator 1	Min. 5	Min. 5

Fonte: Salvamento em altura: manual de equipamentos (PASSARINHO et al., 2017).

A perda de resistência decorrente da confecção de um nó na corda pode ser representada em uma faixa percentual da resistência de trabalho longitudinal na corda. É importante o conhecimento desse dado para o desenvolvimento de um trabalho seguro. Evans (2016) realizou uma revisão bibliográfica sobre os testes de resistência de nós e desenvolveu um quadro com as faixas de resistência de nós, conforme pode ser observado no anexo A do trabalho em comento. O estudo citado também salienta que a resistência dos nós varia de acordo com o material dos cabos, diâmetro, tipo de corda, elasticidade, etc, conforme também pode ser observado em figuras apresentadas no anexo B.

As fitas, assim como os cabos podem ser utilizadas para diversas funções dentro do salvamento em altura por meio dos nós e amarrações, como montagem de ancoragens, cadeiras improvisadas entre outras funções. Nesse sentido, é esperado o mesmo comportamento de perda de resistência nas fitas com a confecção de nós. As fitas possuem boa resistência à tração e abrasão, contudo não possuem boa capacidade de absorção de choques (são estáticas). Usualmente, a fita utilizada para as operações de salvamento são as fitas tubulares, uma vez que deslizam mais facilmente sobre superfícies irregulares, evitando maior desgaste em detrimento das fitas planas. As fitas tubulares são certificadas pela norma EN 565 e, por ela, as fitas devem possuir linhas de identificação de capacidade correndo paralelamente à extensão da fita, sendo que cada linha representa 5kN. Ademais possuem variadas resistências conforme o material de confecção e largura e a escolha irá depender da carga de trabalho a qual serão submetidas. (CBMES, 2016; PASSARINHO et al. 2017)

Segundo Passarinho et. al., 2017, os cordeletes, também conhecidos como cordas auxiliares, são cabos estáticos de *kernmantle*, certificados pela norma EN 564 e com diâmetro variável entre 4 e 8mm. Usualmente são utilizados com nós blocantes para as atividades de salvamento em altura, e o diâmetro ideal para a confecção desse tipo de nó é cerca da metade da bitola da corda onde o nó ficará ancorado, motivo pelo qual optou-se por realizar o teste desses nós com o cordelete de 6mm. Para os cordeletes, é possível encontrar sua resistência nominal por meio da função:

$$R(\text{daN}) = \text{diâmetro}^2(\text{mm}) \times 20$$

Ademais, vale a pena ressaltar que os cordeletes são usualmente utilizados em anel, unidos por meio do nó pescador duplo. O nó produz uma perda de resistência de 30 a 35%,

conforme a literatura, contudo o fato de ser utilizado em anel, faz com que a resistência seja maior durante o uso, uma vez que a tensão seria distribuída em duas ou mais pernas do cordelete.

5 BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-PROFISSIONAL COM RESULTADOS

A elaboração de Boletim de Informação Técnico-Profissional com a discriminação das tensões máximas suportadas nó bem como parâmetros de segurança de determinado nó (deslizamento do chicote, vivo, facilidade para desfazer o nó) com as cordas e cordeletes utilizados na Corporação servirá como uma base de dados para estudos de procedimentos. É importante que essa base de dados exista a fim de subsidiar discussões no sentido de aprimorar os procedimentos e técnicas utilizados pela Corporação, uma vez que o atendimento a ocorrências nos padrões internacionais é preconizado pelo Plano Estratégico vigente no CBMDF (2016).

6 METODOLOGIA

O trabalho em comento trata-se de uma pesquisa descritiva, original e de campo.

A fim de alcançar os objetivos previstos, será realizada pesquisa campo e experimental realizando testes de tensão, no Centro de Treinamento Operacional do CBMDF, de 17 nós e variações utilizados pelo CBMDF, escolhidos conforme o Guia de Orientação ao Aluno do Curso de Especialização em Salvamento em Altura (CBMDF, 2019) e doutrina de salvamento em altura desenvolvida no CBMDF:

1. Nó 8:
 - a. Vivo por cima
 - b. Vivo por baixo
 - c. Duplo alçado
 - d. Alça curta
 - e. Alça longa
 - f. “Mordido” ou “Torcido”
2. Nó 9
3. Nó 7
4. Azelha com alça

5. Nó borboleta
6. Lais de guia:
 - a. Volta por dentro com arremate
 - b. Volta por dentro sem arremate
 - c. Volta por fora sem arremate
7. Botão triplo
8. Botão duplo
9. Fiel:
 - a. Padrão
 - b. Reforçado
 - c. Com arremate distante
 - d. Dobrado
10. Boca de lobo
11. Nó de trapa ou Nó sem tensão
12. Nó direito
 - a. Padrão
 - b. Sem arremate
13. Pescador dobrado
14. Prussik
 - a. A 4 voltas
 - b. A 6 voltas
15. Marchand unidirecional a 3 voltas
16. Marchand bidirecional
 - a. A 3 voltas
 - b. A 4 voltas
17. Bachmann (avec mosqueton)

Os nós foram testados com uma corda de 11,0mm, de Kernmantle (corda que possui capa e alma), provendo resistência à abrasão e flexibilidade. As cordas utilizadas para o estudo são do tipo semi-estáticas, que seguem o padrão disposto na EN 1891:1998, e foram da marca *Cousin Trestec*, modelo *Industrie Sécurité Pro* 11mm, corda padrão utilizadas atualmente pelo CBMDF, conforme especificações a seguir:

Quadro 2. Especificações da corda utilizada no estudo.

Nº Referência	1435
Norma CE	CE, EN 1891
Tipo	Tipo “A”
Material	Poliamida trançada de 32 fusos
Diâmetro	11mm
Peso por metro	74g/m
Alongamento	1,8%
Encolhimento após molhada	2,5%
Carga de ruptura estática	daN
Carga de ruptura estática com nó 8	> 1500 daN
Número de quedas fator 1	> 20
Fator de choque (fator 0,3)	580 daN
Deslizamento da capa	5mm

Fonte: Salvamento em altura: manual de equipamentos (PASSARINHO et al., 2017).

As fitas tubulares utilizadas para os testes foram da marca *Cousin Trestec* e possuem a seguinte especificação:

Quadro 3. Especificações da fita tubular utilizada no estudo.

Norma CE	CE, EN 565
Tipo	Tubular
Material	Poliéster
Largura	26mm
Resistência	15kN

Fonte: Salvamento em altura: manual de equipamentos (PASSARINHO et al., 2017).

Os cordeletes utilizados para os testes dos nós blocantes também foram da marca *Cousin Trestec* e possuem a seguinte especificação:

Quadro 4. Especificações do cordelete utilizado no estudo.

Norma CE	CE, EN 564
Material	Poliamida
Diâmetro	6mm
Resistência	9kN

Fonte: Salvamento em altura: manual de equipamentos (PASSARINHO et al., 2017).

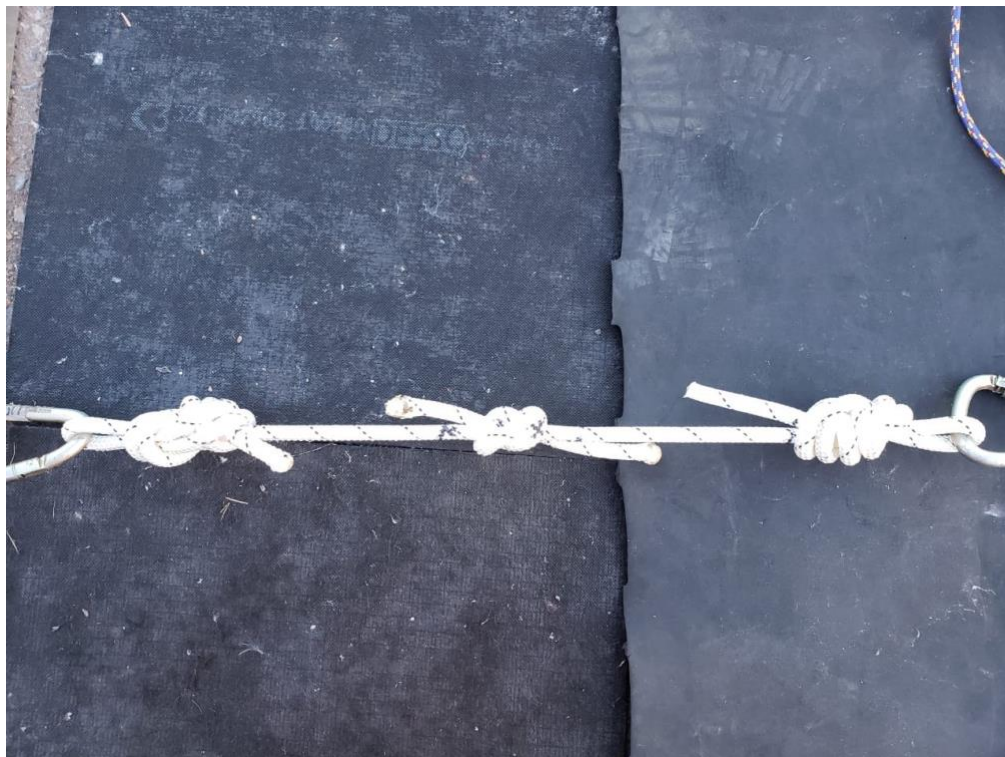
Os testes foram feitos uma vez com cada material, totalizando 30 repetições.

O autor do estudo elaborou as amostras e utilizou o laboratório criado para o desenvolvimento dos testes. As amostras consistiram em nós simétricos em cada ponta do cabo com a distância de 30 centímetros entre eles, de forma a atender o disposto na EN 1891:1998.

Para os nós de união de cabo, não havia equipamento que prendesse os vivos dos nós de forma a isolá-los nos testes, posto isso, optou-se por unir duas pontas de cabos com os nós de emenda e utilizar o nó mais resistente testado (nó nove) em cada chicote dos cabos unidos preso

ao mosquetão do dinamômetro à patilha da roldana do guincho elétrico, separados pela distância de 30 centímetros, conforme Figura 1, a seguir:

Figura 1. Amostra do nó direito.



Os nós blocantes foram presos a pequenas amostras de cordas de 11mm, a mesma utilizada nos demais testes, conforme Figura 2, a seguir:

Figura 2. Amostra do nó prussik a 4 voltas.



Foi desenvolvido laboratório na área de treinamento das torres do CBMDF no qual foi criado um sistema de tração com o uso de guincho elétrico do Auto Bomba Tanque, dinamômetro Oswaldo Filizola DAC Crown 5Ton e fitas, mosquetões e roldana a fim de realizar os testes. Para a leitura dos dados obtidos pelo dinamômetro, foi utilizado em um Notebook com o software DynaView Lab, capaz de fazer a programação e leitura em tempo real da célula de carga do dinamômetro, além de gerar os gráficos de cada ensaio.

Como ação de oportunidade, seguindo os preceitos de segurança dispostos por Delgado (2008), foram avaliados outros parâmetros das amostras, além da carga de ruptura: quantidade de cabo utilizado (cm), ponto de ruptura dos nós, deslizamento do chicote (cm), deslizamento do vivo (cm), deslizamento do ponto central da alça (cm) e a possibilidade de ser desfeito facilmente. Os critérios foram avaliados da seguinte forma:

- Carga de ruptura: leitura de força máxima aplicada ao nó até sua ruptura feita pelo dinamômetro.
- Carga mínima de deslizamento: tensão mínima aplicada ao nó bloqueante, feito com cordelete, que faz com que ele deslize no cabo no qual está ancorado.

- Percentual em relação à resistência da corda: calculado pela fórmula $R_{nó}(kgf)/R_{corda}(kgf)$. Onde a resistência da corda, em kgf, é aproximadamente 3355 kgf.
- Percentual em relação à resistência do cordelete: utilizou-se mesma fórmula do item acima, contudo, apesar de a resistência nominal do cordelete ser de 9kN, considerou-se 18kn (1835 kgf) uma vez que foi utilizado em forma de anel para os testes.
- Quantidade de cabo utilizado: quantidade de cabo utilizado para confecção da amostra em centímetros.
- Ponto de ruptura: ponto do nó onde houve a ruptura do cabo.
- Deslizamento do chicote: quanto o chicote trabalhou quando aplicada tensão, ou seja, o quanto o chicote teve seu tamanho reduzido, em centímetros.
- Deslizamento do vivo: quanto o vivo trabalhou quando aplicada tensão, ou seja, o quanto o tamanho do vivo foi aumentado após aplicação da força, em centímetros.
- Deslizamento do ponto central da alça: para avaliar trabalho na alça do nó após a aplicação da tensão, em centímetros.
- Possibilidade de ser desfeito após aplicação de tensão: mensurado na parte da amostra que não se rompeu, era feita tentativa de desfazer o nó sem aplicação substancial de força.

Após a realização da pesquisa de campo, os dados foram tabulados e, posteriormente, organizados em um quadro que servirá de referência para o desenvolvimento de procedimentos operacionais padrão para atividades de salvamento em altura no CBMDF.

O padrão de análise seguiu o disposto na norma EN 1891:1998 – *Personal protective equipment for the prevention of falls from a height – Low stretch kernmantel ropes*, a qual é a referência para os testes na Europa.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação da metodologia, os dados encontrados estão descritos a na sequência e compilados no Apêndice “B”, porém algumas considerações devem ser feitas:

7.1 Nós para formação de alça

Foi interessante observar o comportamento homogêneo dos nós da família “oito”, amostras 1 a 6. À exceção do oito “mordido” (amostra 6), que teve sua carga de ruptura substancialmente menor para os nós dessa família (1838 kgf - 56,5% da resistência do cabo), os nós tiveram o mesmo deslizamento do chicote e ponto de ruptura, de modo que não há grande diferença quando se altera a alça (menor, maior, dupla) e também tiveram carga de ruptura semelhante, fato compreensível, uma vez que a tensão máxima aplicada não muda nas variações do nó. Posto isso, ratifica-se a importância de observar se o nó foi confeccionado a contento, mantendo sua forma original a fim de aumentar a margem de segurança de trabalho, contudo, existem variações que, a princípio, não geram aumento significativo da resistência do nó. Ademais, constatou-se que a resistência encontrada no estudo vai ao encontro dos dados encontrados na literatura, conforme Quadro 1 do Anexo “A” e no livro *Rompiendo Nudos* (2016).

Nó nove recebe destaque como o nó formador de alça mais resistente testado, com uma perda de resistência do cabo aproximada de 20%, indo também ao encontro dos dados publicados no livro *Rompiendo Nudos* (2016).

Outro ponto digno de nota foi o comportamento dos nós Lais de Guia após submissão à tensão: apesar de menos resistentes do que os nós da família “oito”, foram os únicos nós formadores de alça que tinham possibilidade de serem desfeitos facilmente.

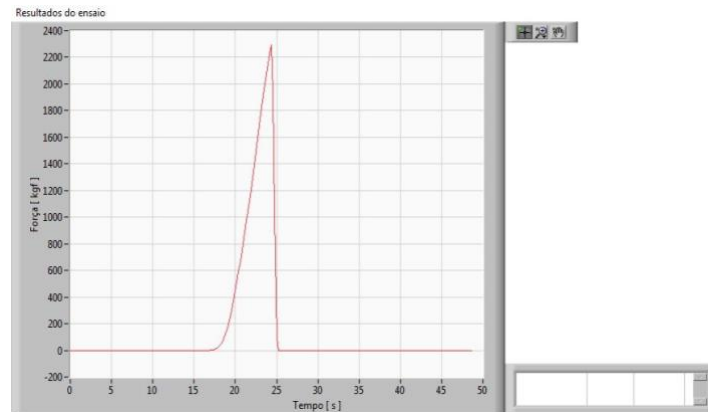
Entre os nós do tipo botão, o botão duplo se destacou por ter tido a maior perda de resistência, de aproximadamente 40% e ambos (botão duplo e triplo) sofreram bastante trabalho após aplicação da tensão, com o deslizamento do chicote superior a 15 centímetros. Ademais, os dois tiveram deslizamento do chicote, ainda que pequeno (2 centímetros).

Outrossim, os nós borboleta, azelha com alça e sete não tiveram comportamento com alterações substanciais e atendem ao critério de segurança previsto na EN 1891:1998 para a carga mínima de ruptura de cabos com terminações – aproximadamente 1530 kgf (15kN).

Os dados de cada ensaio são apresentados a seguir:

1. Nó oito padrão:

Figura 3. Diagrama Força x Tempo do Nó oito padrão.



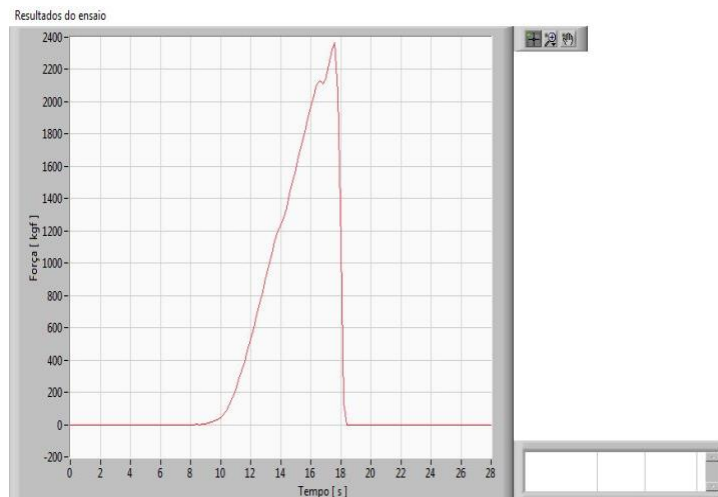
Carga de ruptura:	2292 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	70,4%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ³	64,8% a 86,3%
Quantidade de cabo utilizado:	100cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	10cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

³: Valores de referência encontrados no texto “*a Review of Knot Strength*”. Disponível em: <http://sarrr.weebly.com/sar3-original-research/a-review-of-knot-strength-testing>.

2. Nó oito com vivo por baixo:

Figura 4. Diagrama Força x Tempo do Nó oito com vivo por baixo



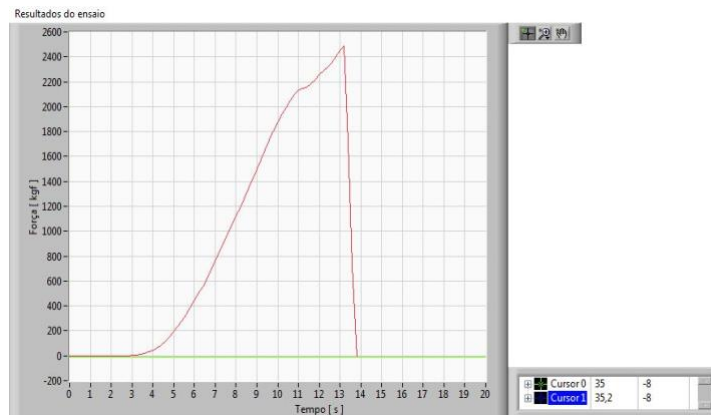
Carga de ruptura:	2370 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	72,8%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ⁴	58,0 %
Quantidade de cabo utilizado:	100cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	10cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

⁴: Valor de referência encontrado no livro *Rompiendo Nudos* (Escola Valenciana de Espeleologia, 2016).

3. Nó oito duplo alçado

Figura 5. Diagrama Força x Tempo do Nó oito duplo alçado.



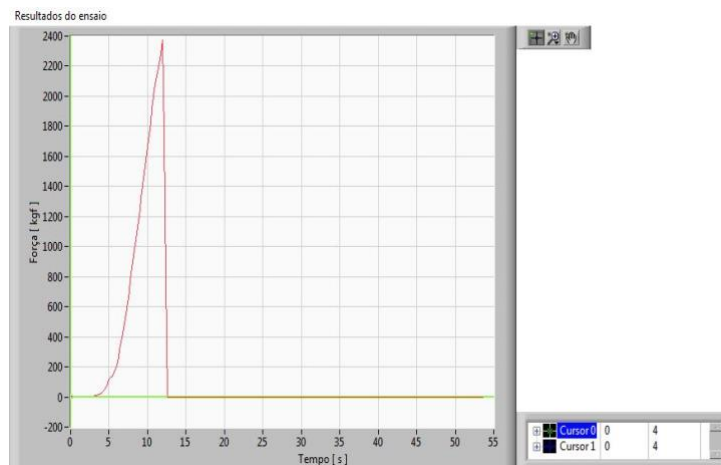
Carga de ruptura:	2484 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	76,3%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literaturas	66,1% a 82,4%
Quantidade de cabo utilizado:	155cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	10cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

* Fonte: autor.

5: Valores de referência encontrados no texto “*a Review of Knot Strength*”. Disponível em: <http://sarrr.weebly.com/sar3-original-research/a-review-of-knot-strength-testing>.

4. Nó oito com alça pequena

Figura 6. Diagrama Força x Tempo do Nó oito com alça pequena.



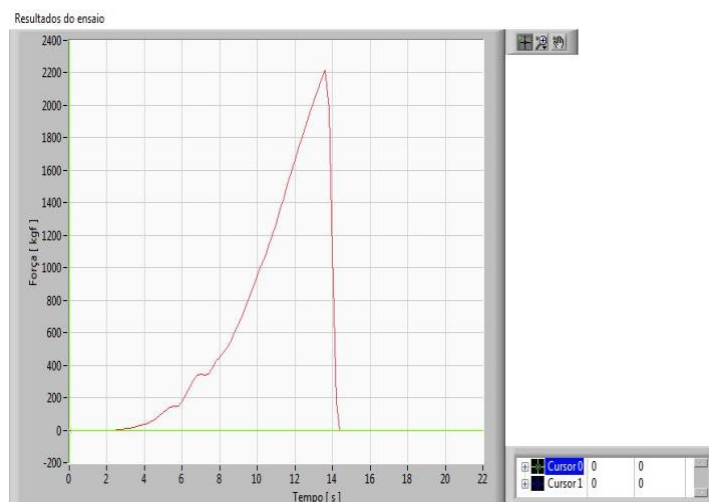
Carga de ruptura:	2374 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	72,9%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ⁶	64,8% a 86,3%
Quantidade de cabo utilizado:	90cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	10cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

⁶: Valores de referência encontrados no texto “*a Review of Knot Strength*”. Disponível em: <http://sarrr.weebly.com/sar3-original-research/a-review-of-knot-strength-testing>.

5. Nó oito com alça longa

Figura 7. Diagrama Força x Tempo do Nó oito com alça longa.



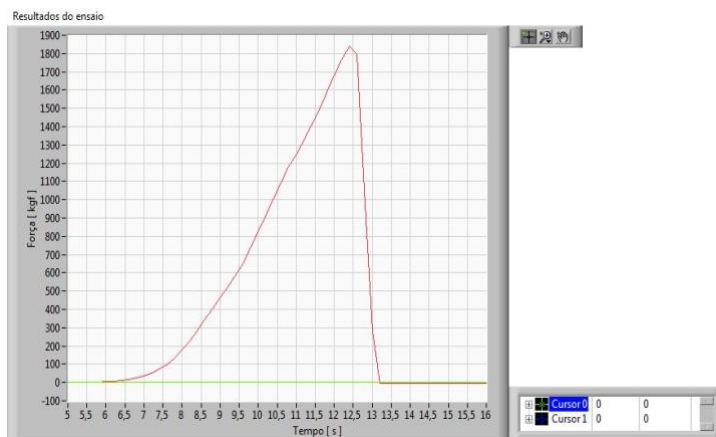
Carga de ruptura:	2214 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	68,0%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ⁷	64,8% a 86,3%
Quantidade de cabo utilizado:	110cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	10cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

⁷: Valores de referência encontrados no texto “*a Review of Knot Strength*”. Disponível em: <http://sarrr.weebly.com/sar3-original-research/a-review-of-knot-strength-testing>.

6. Nó oito “mordido”

Figura 8. Diagrama Força x Tempo do Nó oito "mordido".



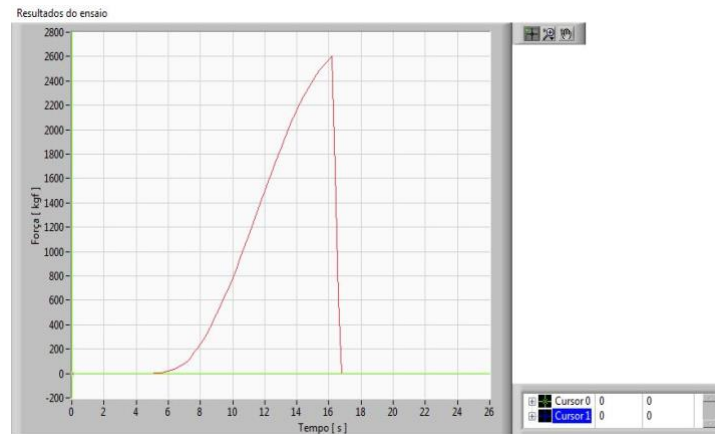
Carga de ruptura:	1838 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	56,5%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literaturas	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	100cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	7cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

8: Valores de não encontrados na revisão bibliográfica.

7. Nó nove

Figura 9. Diagrama Força x Tempo do Nó nove.



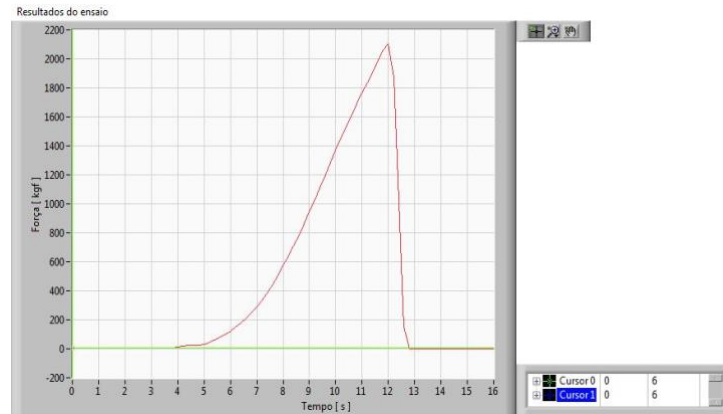
Carga de ruptura:	2602 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	79,9%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ⁹	75%
Quantidade de cabo utilizado:	110cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	7cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

⁹: Valor de referência encontrado no livro *Rompiendo Nudos* (Escola Valenciana de Espeleologia, 2016).

8. Nó sete

Figura 10. Diagrama Força x Tempo do Nó sete.



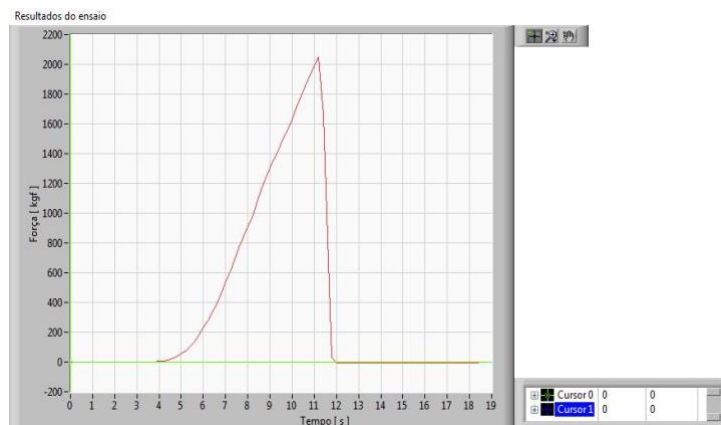
Carga de ruptura:	2106 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	64,7%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ¹⁰	55%
Quantidade de cabo utilizado:	78cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	7cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

¹⁰: Valor de referência encontrado no livro *Rompiendo Nudos* (Escola Valenciana de Espeleologia, 2016).

9. Nó azelha com alça

Figura 11. Diagrama Força x Tempo do Nó azelha com alça.



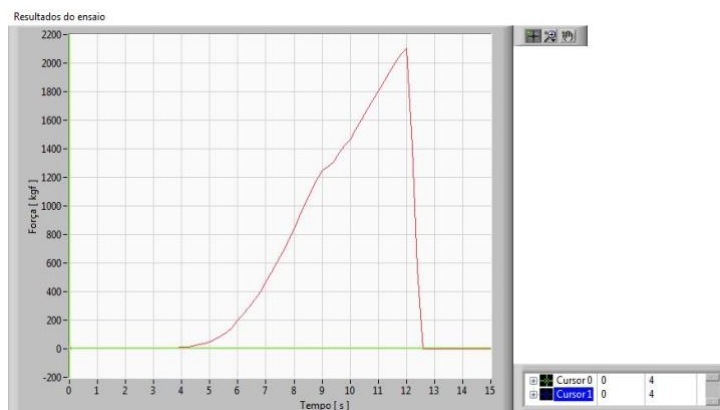
Carga de ruptura:	2046 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	62,9%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ¹¹	60%
Quantidade de cabo utilizado:	78cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	7cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

¹¹: Valor de referência encontrado no livro *Rompiendo Nudos* (Escola Valenciana de Espeleologia, 2016).

10. Nó borboleta

Figura 12. Diagrama Força x Tempo do Nó borboleta.



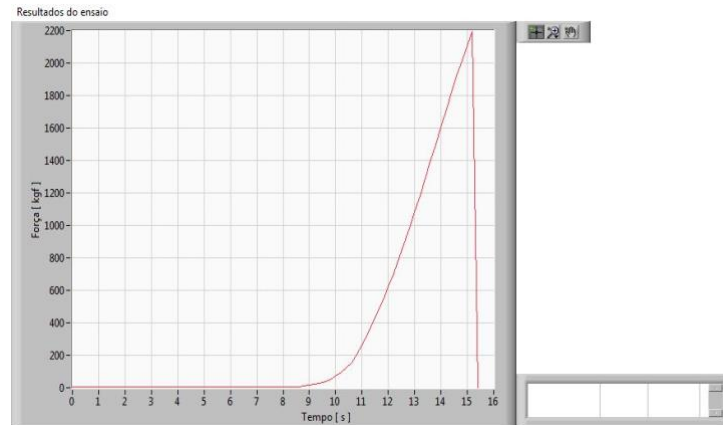
Carga de ruptura:	2012 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	64,6%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ¹²	60,7% a 80,6%
Quantidade de cabo utilizado:	78cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	10cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

¹²: Valores de referência encontrados no texto “*a Review of Knot Strength*”. Disponível em: <http://sarrr.weebly.com/sar3-original-research/a-review-of-knot-strength-testing>

11. Nó Lais de guia padrão

Figura 13. Diagrama Força x Tempo do Nó Lais de guia padrão.



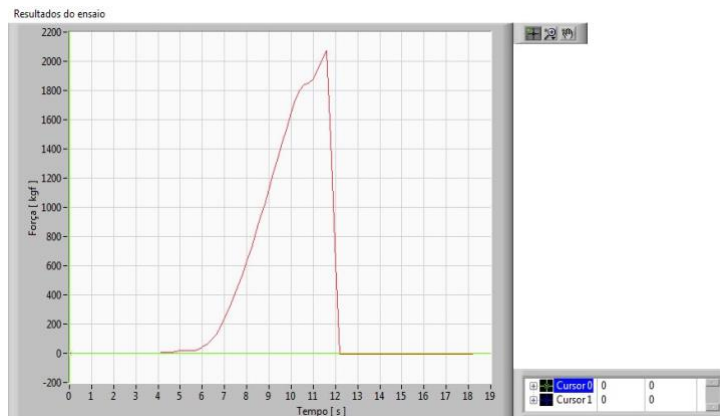
Carga de ruptura:	2120 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	65,1%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ¹³	41,8% a 70,7%
Quantidade de cabo utilizado:	80cm
Ponto de ruptura:	3º ponto de tensão, no vivo antes de sair para a alça
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	7cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	sim

Fonte: autor

¹³: Valores de referência encontrados no texto “*a Review of Knot Strength*”. Disponível em: <http://sarrr.weebly.com/sar3-original-research/a-review-of-knot-strength-testing>.

12. Nó Lais de guia sem arremate

Figura 14. Diagrama Força x Tempo do Nó Lais de guia sem arremate.



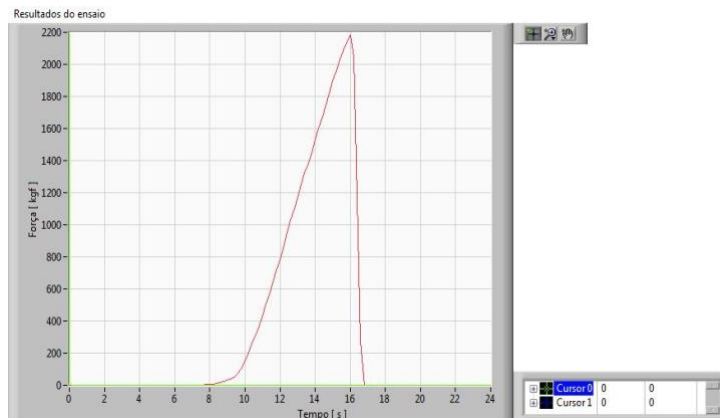
Carga de ruptura:	2070 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	63,6%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ¹⁴	41,8% a 70,7%
Quantidade de cabo utilizado:	80cm
Ponto de ruptura:	3º ponto de tensão, no vivo antes de sair para a alça
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	7cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	sim

Fonte: autor.

¹⁴: Valores de referência encontrados no texto “*a Review of Knot Strength*”. Disponível em: <http://sarrr.weebly.com/sar3-original-research/a-review-of-knot-strength-testing>.

13. Nó Lais de guia chicote por fora sem arremate

Figura 15. Diagrama Força x Tempo do Nó Lais de guia por fora sem arremate.



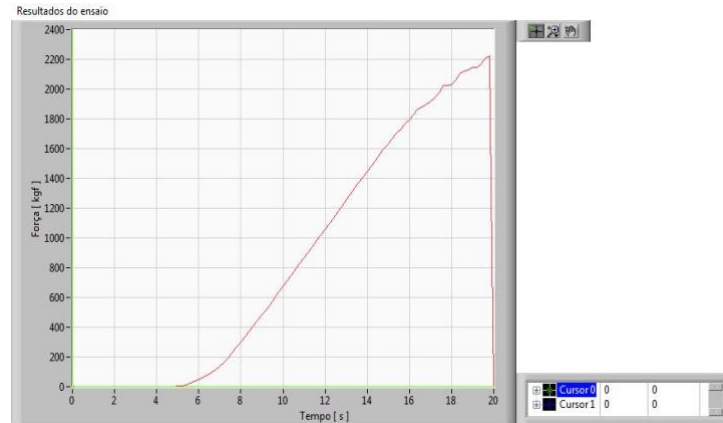
Carga de ruptura:	2182 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	67,0%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ¹⁵	41,8% a 70,7%
Quantidade de cabo utilizado:	80cm
Ponto de ruptura:	3º ponto de tensão, no vivo antes de sair para a alça
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	7cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	sim

Fonte: autor.

¹⁵: Valores de referência encontrados no texto “*a Review of Knot Strength*”. Disponível em: <http://sarrr.weebly.com/sar3-original-research/a-review-of-knot-strength-testing>.

14. Nó botão triplo

Figura 16. Diagrama Força x Tempo do Nó botão triplo.



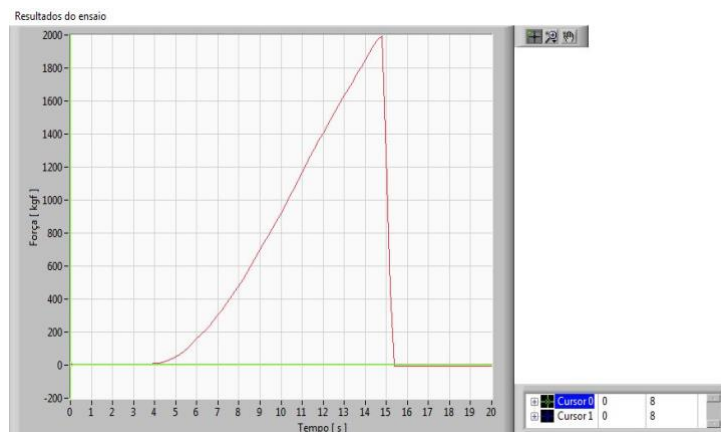
Carga de ruptura:	2222 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	68,3%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ¹⁶	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	84cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	2cm
Deslizamento do vivo:	23cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

¹⁶: Valores de referência não encontrados na revisão bibliográfica.

15. Nó botão duplo

Figura 17. Diagrama Força x Tempo do Nó botão duplo.



Carga de ruptura:	1992 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	61,2%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ¹⁷	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	68cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	2cm
Deslizamento do vivo:	18cm
Deslizamento do ponto central da alça:	nulo
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

7.2 Nós para fixar cabo

No tocante aos nós fixadores de cabo (amostras 16 a 21) o resultado surpreendeu: a carga de ruptura do nó “volta do fiel” e boca de lobo foi próxima da média de 1675 kgf (à exceção da volta do fiel dobrado, que teve perda de resistência substancialmente menor – 40,4% – em relação às outras variações – 50% em média). Esse valor está próximo do mínimo

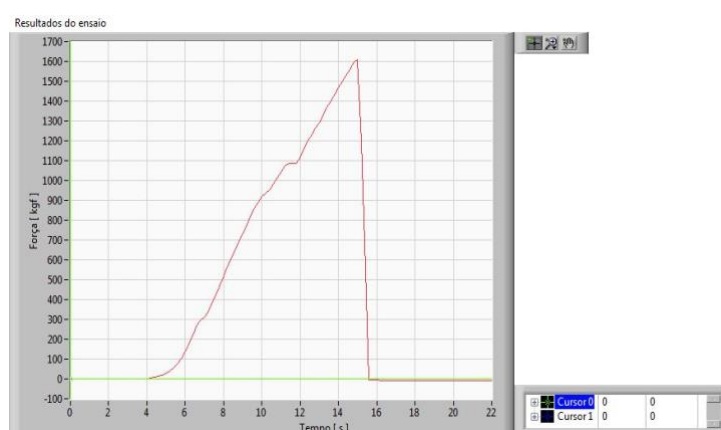
¹⁷: Valores de referência não encontrados na revisão bibliográfica.

considerado para um nó seguro pela EN 1891:1998 – aproximadamente 1530 kgf. Outro ponto interessante é que o nó de trapa (amostra 22) teve o maior deslizamento do vivo para os nós desse grupo: 26cm contra 17cm do nó “volta do fiel com arremate distante” (amostra 19), segundo maior deslizamento. Contudo, há que se levar em consideração que os dados de resistência apresentados na literatura variam (40 a 50% de perda) e o ponto de ancoragem dos nós foi um mosquetão, o que não é usual na prática do CBMDF, em que usualmente as ancoragens diretas são realizadas em pontos fixos e seguros encontrados no ambiente, tais como troncos, postes e canos, com diâmetro consideravelmente maior que o do cabo, enquanto mosquetões e fitas são utilizados para ancoragens indiretas.

O nó dessa família que se destacou como mais resistente foi o nó volta do fiel dobrado – 1962 kgf e perda de aproximadamente 40% da resistência do cabo.

16. Nó volta do fiel

Figura 18. Diagrama Força x Tempo do Nó volta do fiel.



Carga de ruptura:	1610 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	49,5%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ¹⁸	48%
Quantidade de cabo utilizado:	62cm
Ponto de ruptura:	1ª volta do vivo
Deslizamento do chicote:	4cm

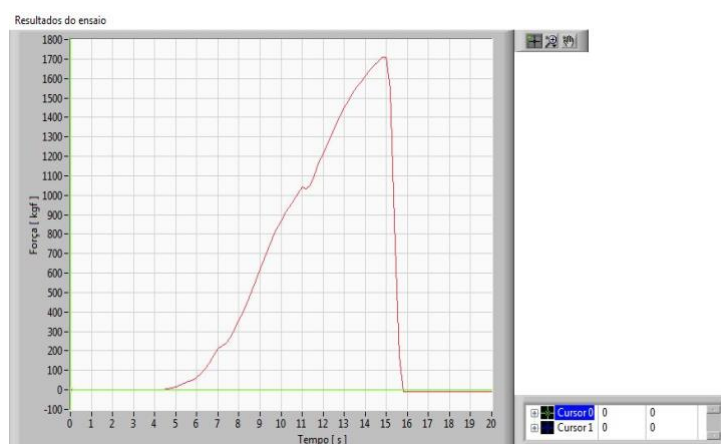
¹⁸: Valor de referência encontrado no livro *Rompiendo Nudos* (Escola Valenciana de Espeleologia, 2016).

Deslizamento do vivo:	15cm
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

17. Nó volta do fiel reforçado

Figura 19. Diagrama Força x Tempo do Nó volta do fiel reforçado.



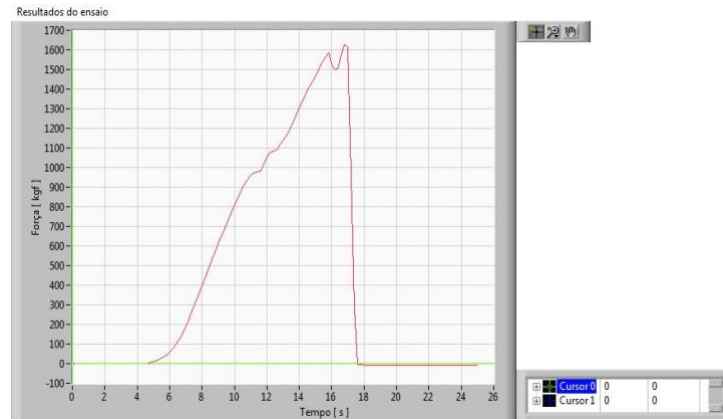
Carga de ruptura:	1710 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	52,5%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ¹⁹	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	76cm
Ponto de ruptura:	1ª volta do vivo
Deslizamento do chicote:	3cm
Deslizamento do vivo:	16cm
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

¹⁹: Valor de referência não encontrado na revisão bibliográfica.

18. Nó volta do fiel com arremate distante

Figura 20. Diagrama Força x Tempo do Nó volta do fiel com arremate distante.



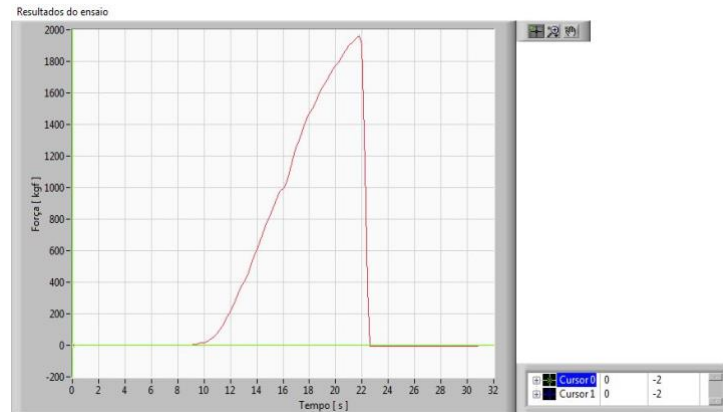
Carga de ruptura:	1626 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	50,0%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ²⁰	48%
Quantidade de cabo utilizado:	70cm
Ponto de ruptura:	1ª volta do vivo
Deslizamento do chicote:	2cm
Deslizamento do vivo:	17cm
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

²⁰: Valor de referência encontrado no livro *Rompiendo Nudos* (Escola Valenciana de Espeleologia, 2016).

19. Nó volta do fiel dobrado

Figura 21. Diagrama Força x Tempo do Nó volta do fiel dobrado.



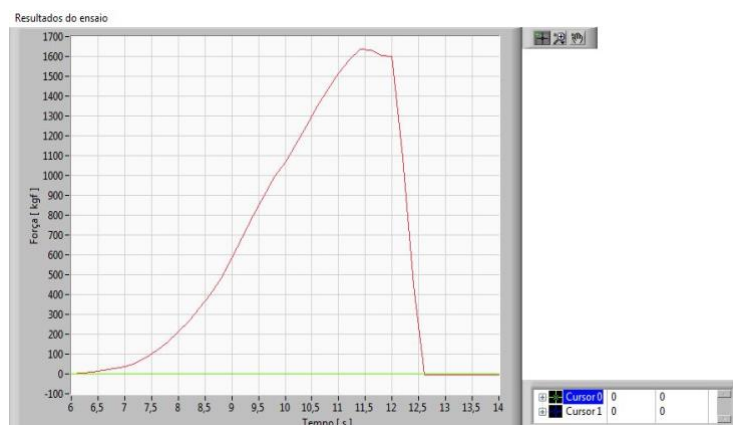
Carga de ruptura:	1962 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	59,6%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ²¹	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	86cm
Ponto de ruptura:	1ª volta do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	15cm
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

²¹: Valor de referência não encontrado na revisão bibliográfica.

20. Boca de Lobo

Figura 22. Diagrama Força x Tempo do Nó boca de lobo.



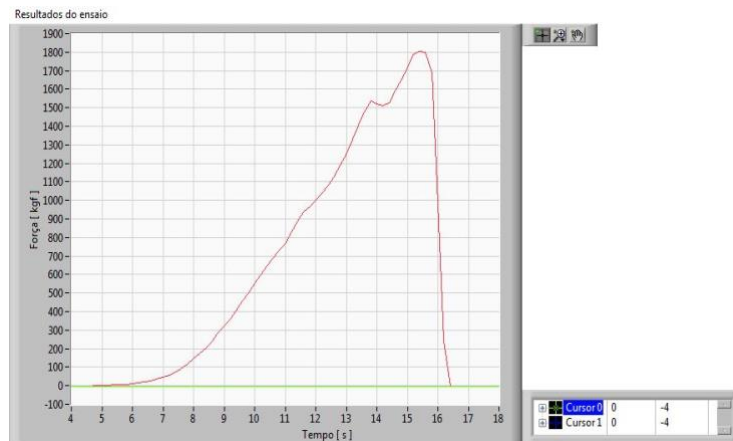
Carga de ruptura:	1636 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	50,3%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ²²	48%
Quantidade de cabo utilizado:	58cm
Ponto de ruptura:	1ª volta do vivo
Deslizamento do chicote:	1 cm
Deslizamento do vivo:	9cm
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

²²: Valor de referência encontrado no livro *Rompiendo Nudos* (Escola Valenciana de Espeleologia, 2016).

21. Nó de Trapa

Figura 23. Diagrama Força x Tempo do Nó de trapa.



Carga de ruptura:	1804 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	55,4%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ²³	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	81cm
Ponto de ruptura:	vivo após tensão pelo 1º cote
Deslizamento do chicote:	5cm
Deslizamento do vivo:	26cm
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

7.3 Nós blocantes

A função desses nós confeccionados com cordeletes é a segurança do bombeiro – por meio da prevenção da queda, redução de distâncias ou auxílio na ascensão em cordas. Os dados coletados para as amostras 22 a 27 foram interessantes: o ponto de corte de segurança considerado para esses nós foi o primeiro momento em que eles deslizaram pela primeira vez no cabo, fato que demonstra falha na função do nó.

²³: Valor de referência não encontrado na revisão bibliográfica.

Na análise dos gráficos apresentados para este grupo, é possível observar diversos picos, no qual, o primeiro corresponde ao momento em que o nó deslizava pela primeira vez e, com a continuidade da tensão, os nós voltavam a deslizar sucessivamente até escaparem do cabo onde estavam ancorados ou se romperem devido ao aquecimento do cordelete por atrito, resultando na fusão das fibras pelo calor seguida de sua ruptura (este último caso aplicado apenas aos nós prussik e Marchand unidirecional – amostras 22 a 24).

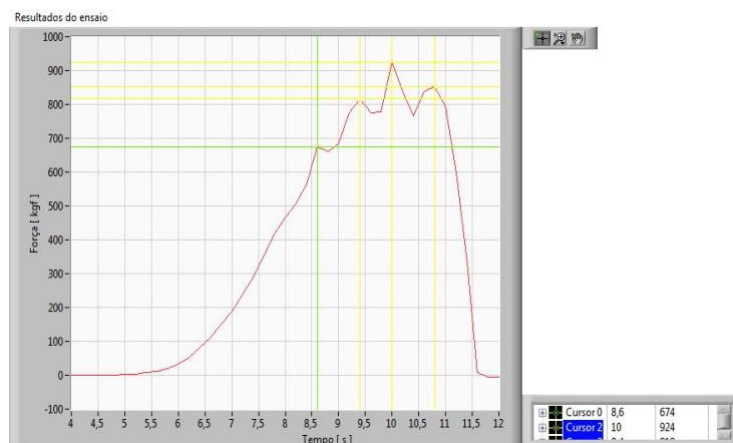
O nó prussik teve diferença considerável entre a carga aplicada para que houvesse deslizamento entre as amostras com 4 e 6 voltas (amostras 22 e 23), sendo que o segundo sustentou carga 37,5% maior em relação ao primeiro (674 kgf e 1078 kgf, respectivamente).

O nó Marchand unidirecional a 3 voltas (amostra 24) teve sua carga máxima de resistência de 844 kgf, ocupando posição intermediária entre as variações do prussik, sendo uma opção viável dependendo da situação em que será empregado, posto que permite um ajuste mais simples em relação ao prussik. O nó Bachmann avec mosqueton (amostra 27) teve carga máxima de resistência de 638 kgf, semelhante ao prussik com 4 voltas, também podendo ser uma opção dependendo da situação, contudo há que se ressaltar que esse nó demanda mais material (mosquetão) em relação ao prussik.

O maior destaque dos testes dos nós blocantes vai para o nó Marchand bidirecional (amostras 25 e 26), no qual a carga máxima de resistência foi muito inferior aos outros nós testados nesse grupo. Quando feito com 4 voltas, a carga foi de 34 kgf e, quando feito com 6 voltas, aumentou para 254 kgf. Contudo, mostrou-se uma opção significativamente menos segura em relação às outras opções para uma dada finalidade.

22. Prussik a 4 voltas

Figura 24. Diagrama Força x Tempo do Nó prussik a 4 voltas.

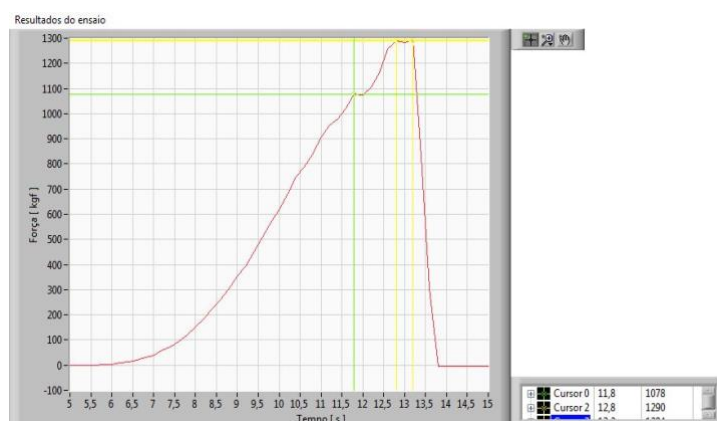


Carga mínima para deslizamento:	674 kgf
Carga de ruptura:	924 kgf
Percentual em relação à resistência do cordelete:	36,7%
Percentual em relação à resistência do cordelete encontrado em literatura ²⁴	N/D
Quantidade de cordelete utilizado:	110cm
Comportamento observado:	cordelete se rompeu
Ponto de ruptura:	ponto de atrito por fusão da capa e ruptura da alma

Fonte: autor.

23. Prussik a 6 voltas

Figura 25. Diagrama Força x Tempo do Nó prussik a 6 voltas.



Carga mínima para deslizamento:	1078 kgf
Carga de ruptura:	1294 kgf
Percentual em relação à resistência do cordelete:	58,7%
Percentual em relação à resistência do cordelete encontrado em literatura ²⁵	N/D
Quantidade de cordelete utilizado:	110cm
Comportamento observado:	cordelete se rompeu

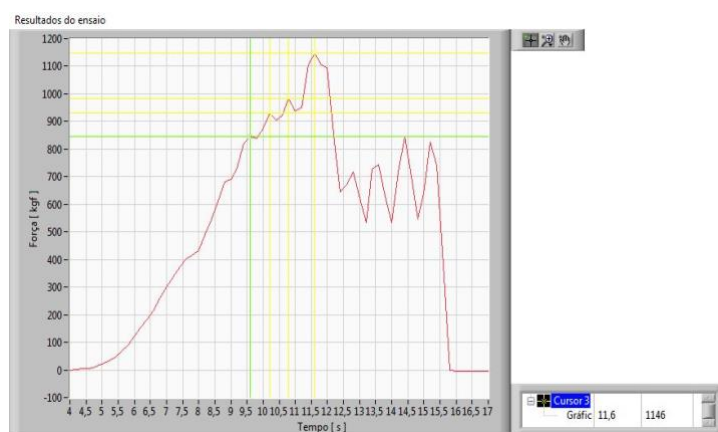
^{24, 25}: Valores de referência não encontrados na revisão bibliográfica.

Ponto de ruptura:	ponto de atrito por fusão da capa e ruptura da alma
-------------------	---

Fonte autor.

24. Marchand unidirecional a 3 voltas

Figura 26. Diagrama Força x Tempo do Nó Marchand unidirecional a 3 voltas.



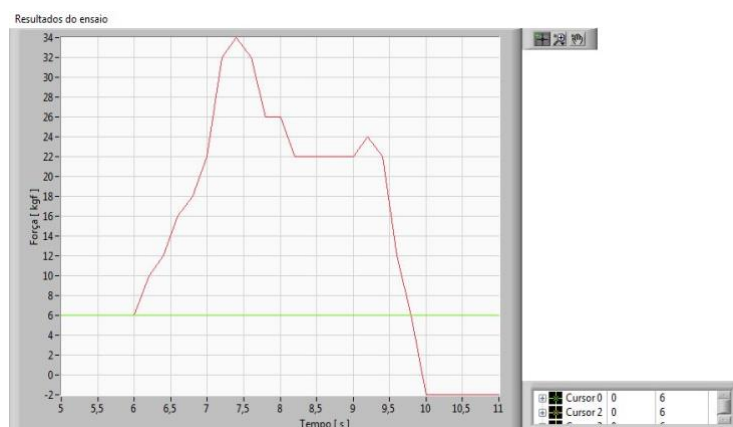
Carga mínima para deslizamento:	844 kgf
Carga de ruptura:	1146 kgf
Percentual em relação à resistência do cordelete:	46,0%
Percentual em relação à resistência do cordelete encontrado em literatura ²⁶	N/D
Quantidade de cordelete utilizado:	110cm
Comportamento observado:	descamisou a corda na qual estava ancorado
Ponto de ruptura:	na alça da primeira volta por fusão

Fonte: autor.

²⁶: Valor de referência não encontrado na revisão bibliográfica.

25. Marchand bidirecional a 3 voltas

Figura 27. Diagrama Força x Tempo do Nó Marchand bidirecional a 3 voltas.



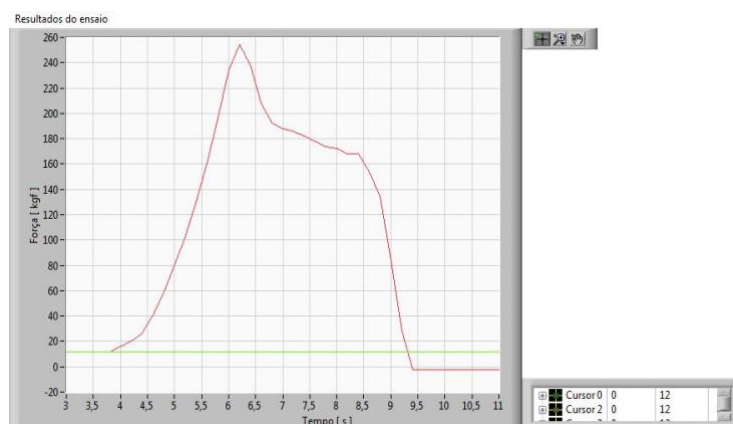
Carga mínima para deslizamento:	34 kgf
Carga de ruptura:	N/A
Percentual em relação à resistência do cordelete:	N/A
Percentual em relação à resistência do cordelete encontrado em literatura ²⁷	N/A
Quantidade de cordelete utilizado:	110cm
Comportamento observado:	deslizou até o fim do cabo no qual estava ancorado
Ponto de ruptura:	o nó não se rompeu

Fonte: autor.

²⁷: Valor de referência não encontrado na revisão bibliográfica.

26. Marchand bidirecional a 4 voltas

Figura 28. Diagrama Força x Tempo do Nó Marchand bidirecional a 4 voltas.



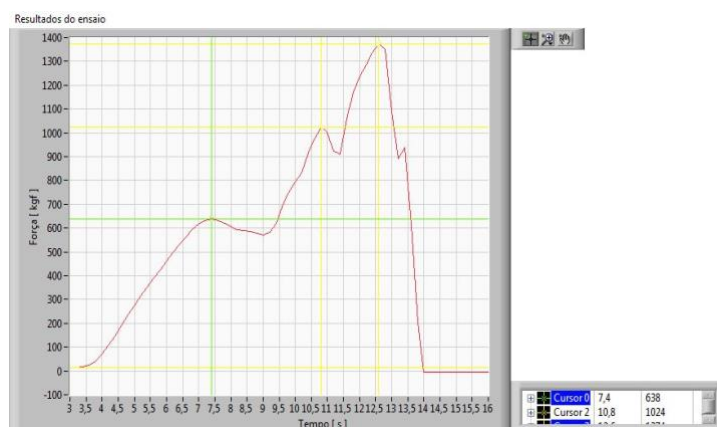
Carga mínima para deslizamento:	254 kgf
Carga de ruptura:	N/A
Percentual em relação à resistência do cordelete:	N/A
Percentual em relação à resistência do cordelete encontrado em literatura ²⁸	N/A
Quantidade de cordelete utilizado:	110cm
Comportamento observado:	deslizou até o fim do cabo no qual estava ancorado
Ponto de ruptura:	o nó não se rompeu

Fonte: autor.

²⁸: Valor de referência não encontrado na revisão bibliográfica.

27. Bachmann avec mosqueton

Figura 29. Diagrama Força x Tempo do Nó Bachmann avec mosqueton.



Carga mínima para deslizamento:	638 kgf
Carga de ruptura:	N/A
Percentual em relação à resistência do cordelete:	N/A
Percentual em relação à resistência do cordelete encontrado em literatura ²⁹	N/A
Quantidade de cordelete utilizado:	180cm
Comportamento observado:	deslizou até o fim do cabo no qual estava ancorado
Ponto de ruptura:	o nó não se rompeu

Fonte: autor.

7.4 Nós para emendar cabos

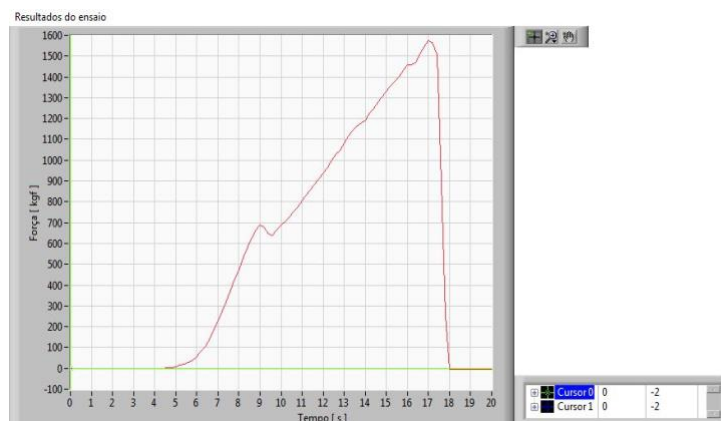
Para esta família de nós, foi interessante constatar que o arremate é importante na confecção do nó direito, uma vez que o nó se desfez após a aplicação de aproximadamente 900 kgf (27,3% da resistência do cabo). Sua resistência com o arremate foi significativamente maior: 1576 (47,9% da resistência do cabo) e a facilidade de desfazer o nó o que, teoricamente, seria uma vantagem em relação ao nó pescador dobrado, não foi observada, uma vez que o arremate deslizou até comprimir o centro do nó, além disso o cabo cristalizou na parte do nó devido ao calor gerado pelo atrito. O nó pescador dobrado apresentou carga de ruptura 2238

²⁹: Valor de referência não encontrado na revisão bibliográfica.

kgf (68% da resistência do cabo), demonstrando ser uma opção interessante para união de cabos, contudo é praticamente impossível desfaze-lo após a aplicação de alta tensão.

28. Nó direito

Figura 30. Diagrama Força x Tempo do Nó direito.



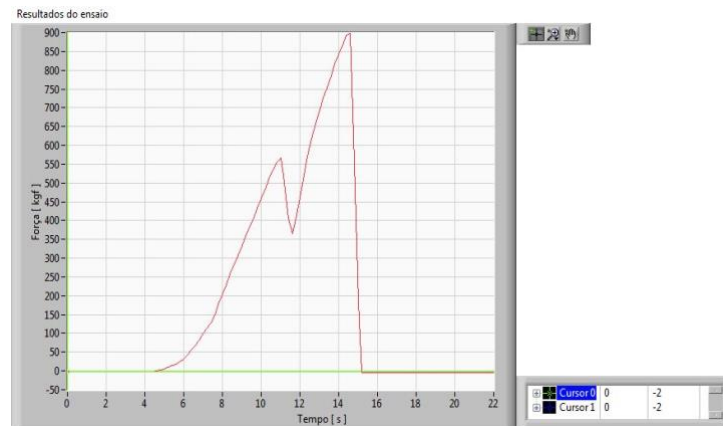
Carga de ruptura:	1576 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	47,0%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ³⁰	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	64cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	7cm
Deslizamento do vivo:	16cm
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

³⁰: Valor de referência não encontrado na revisão bibliográfica.

29. Nó direito sem arremate

Figura 31. Diagrama Força x Tempo do Nó direito sem arremate.



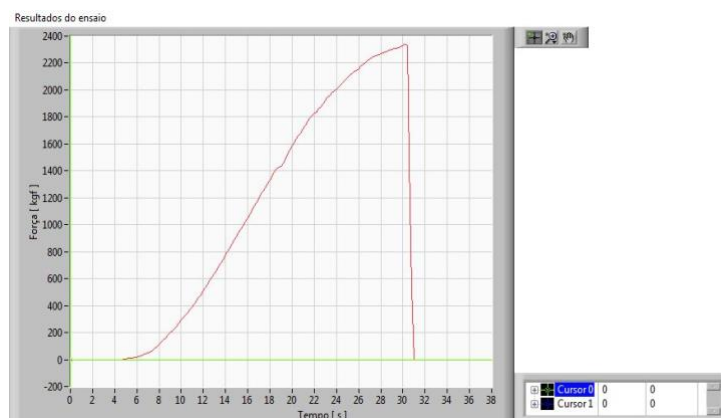
Carga de desatamento do nó:	898 kgf
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ³¹	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	52cm
Ponto de ruptura:	nó desatou e não se rompeu
Deslizamento do chicote:	N/A
Deslizamento do vivo:	N/A
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	N/A

Fonte: autor.

³¹: Valor de referência não encontrado na revisão bibliográfica.

30. Nó pescador dobrado

Figura 32. Diagrama Força x Tempo do Nó pescador dobrado.



Carga de ruptura:	2238 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	66,7%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura ³²	73,5% a 80,3%
Quantidade de cabo utilizado:	84cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	3cm
Deslizamento do vivo:	19cm
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal é referência nacional nas atividades de salvamento em altura, posto isso, é de extrema importância o desenvolvimento de trabalhos como este para a evolução da doutrina e desenvolvimento de trabalho com excelência.

³²: Valor de referência não encontrado na revisão bibliográfica.

As atividades de salvamento em altura são de elevado risco, incertezas ou falhas podem culminar no óbito do resgatista ou de vítimas. Nesse sentido, sabendo-se que existem diversos nós que se aplicam à atividade e devido à escassez de dados e estudos nesse âmbito no Brasil, teve-se a iniciativa de desenvolver um trabalho pioneiro que mensurasse a carga de ruptura de uma ampla gama de nós utilizados nas atividades de salvamento em altura no CBMDF. Inicialmente o objetivo do trabalho era unicamente mensurar as cargas de ruptura dos nós, contudo, levando-se em consideração os critérios para um bom nó definidos por Delgado (2008), foram mensurados outros parâmetros que influenciam na decisão de qual nó utilizar dependendo da situação.

Dentre algumas conclusões que podem ser depreendidas estão:

1. O fato de que a confecção incorreta do nó oito, de fato, altera a resistência do cabo no ponto do nó;
2. Não há diferença significativa entre os nós da família “oito”, à exceção do citado no item 1, uma vez que o ponto de ruptura não é na alça;
3. O nó “nove” é o nó mais resistente entre os formadores de alça testados;
4. Lais de guia, entre os nós testados, é o único com a possibilidade de ser desfeito após a aplicação de tensão até sua ruptura;
5. Nó fiel dobrado demonstrou ser o nó mais adequado para fixação de cabo no que diz respeito à carga de ruptura;
6. Nó Marchand Bidirecional não é um nó seguro para ser utilizado com o cordelete, a depender do uso;
7. O nó direito necessita de arremate, de fato.
8. As cargas de ruptura encontradas, em ordem decrescente são:

Quadro 5. Resistência dos nós formadores de alça em ordem decrescente.

Nó	Carga de ruptura (kgf)	Percentual de resistência do nó em relação à resistência do cabo (%)
Nove	2602	79,9%
Oito duplo alçado	2484	76,3%
Oito alça pequena	2374	72,9%
Oito (chicote por cima)	2370	72,8%

Oito (padrão)	2292	70,4%
Botão triplo	2222	68,3%
Oito alça longa	2214	68,0%
Lais de guia com chicote por fora sem arremate	2182	67,0%
Lais de Guia (padrão)	2120	65,1%
Sete	2106	64,7%
Borboleta	2102	64,6%
Lais de Guia sem arremate	2070	63,6%
Azelha	2046	62,9%
Botao duplo	1992	61,2%
Oito mordido	1838	56,5%

Fonte: autor.

Quadro 6. Resistência dos nós para fixar cabo em ordem decrescente.

Nó	Carga de ruptura (kgf)	Percentual de resistência do nó em relação à resistência do cabo (%)
Fiel dobrado	1962	60,3%
Nó de Trapa (sem tensão)	1804	55,4%
Fiel Reforçado	1710	52,5%
Boca de lobo	1636	50,3%
Fiel arremate distante	1626	50,0%
Fiel	1610	49,5%

Fonte: autor.

Quadro 7. Carga de ruptura dos nós blocantes em ordem decrescente.

Nó	Carga de ruptura (kgf)	Percentual de resistência do nó em relação à resistência do cordelete (%)
Prussik 6 voltas	1078	58,7%

Marchand Unidirecional	844	46,0%
Prussik 4 voltas	674	36,7%
Backmann (avec mosqueton)	N/A	N/A
Marchand Bidirecional a 4 voltas	N/A	N/A
Marchand Bidirecional a 3 voltas	N/A	N/A

Fonte: autor.

Quadro 8. Resistência dos nós para emendar cabo em ordem decrescente.

Nó	Carga de ruptura (kgf)	Percentual de resistência do nó em relação à resistência do cabo (%)
Pescador dobrado	2238	66,7%
Nó direito com arremate próximo	1576	47,0%
Nó direito sem arremate	898	26,8%

Fonte: autor.

Nesse sentido, o presente trabalho trouxe dados extremamente interessantes para as atividades de salvamento em altura, como os surpreendentes dados do nó Marchand bidirecional, nó oito “mordido”, lais de guia, nó direito sem arremate entre outros, que servirão de base para a tomada de decisão na hora do socorro bem como para treinamentos, validação de técnicas e estabelecimento da doutrina de salvamento em altura no CBMDF. Outrossim, os achados confirmam a hipótese do presente estudo sobre a necessidade de elaboração de documento para elucidar as cargas de ruptura dos nós utilizados na atividade de salvamento em altura.

Aproveitando a estrutura do laboratório criada neste trabalho, é interessante que seja dada continuidade para o trabalho em comento, podendo ser feitos estudos com cordas com mais de 5 anos de uso, cordas molhadas, cordas de diferentes diâmetros, com materiais

metálicos (mosquetões, oito, blocantes, entre outros). Bem como podem ser feitos estudos de carga máxima aplicada a um nó para que ele possa ser desfeito facilmente.

STRENGHT TEST OF KNOTS USED BY FIREFIGHTERS IN HEIGHT RESCUE IN FEDERAL DISTRICT – BRAZIL

ABSTRACT

This work describes the static strength of knots used in height rescue in Firefighting Institution of Federal District — Brazil. This approach is necessary because the techniques associated to the most suitable equipment makes firefighter more confident and, consequently, he can do the best job for society. The objective of this study is to evaluate the strength of the knots used in height rescue in Firefighting Institution of Federal District. This goal was reached by a field research with the creation of a tests laboratory where the knots were submitted to a tension until they break. This study concluded that tests like this were extremely important, because some data were different of the expectations. Therefore, is interesting that activities as the one of the present study were developed to produce more analysis parameters that could improve rescue activities in corporation.

Keywords: Height rescue. Knot. Tension. Strength test.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Francisco. **Manual de Instruções Técnico-Profissional – Salvamento**. Brasília, s/a, 682p.
- ARAÚJO, Francisco. **Manual Profissional dos Entrelaçamentos**. Brasília, s/a, 162p.
- BUDWORTH, Geoffrey. **The Complete Book of Knots**. Nova York: Lyon Press, 2000. 160 p.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Plano Estratégico 2017-2024**. Brasília (DF); 2016.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Apostila de Salvamento - Unidade 1**. Utilizada no Curso de Formação de Oficiais. Brasília: 2018. 17p.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Guia de Orientação ao Aluno – CESALT**. BRASÍLIA, 2019. 21p.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Histórico do CBMDF**. Disponível em: < <https://www.cbm.df.gov.br/institucional/historico>>. Acesso em 12 mar. 2019.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Manual Técnico do Curso de Salvamento em Altura**. Florianópolis: 2012. 230p.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE GOIÁS. **Manual Operacional de Bombeiros: salvamento em altura**. Goiânia: 2017. 336 p.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESPÍRITO SANTO. **Curso de Formação de Brigadistas Profissionais – Salvamento em Alturas**. Serra, 2016. 50p.
- DELGADO, Delfin. **Nudos para bomberos**. Madrid: Ediciones Desnivel, 2008. 47 p.
- ESCOLA VALENCIANA D'ESPELEOLOGIA. **Rompiendo Nudos**. Valencia, 2016. 95p.
- EUROPEAN COMMITTEE OF STANDARDIZATION. **BS EN 1891:1998**: Personal protective equipment for the precenton of falls from a height – Low strech kernmantel ropes pdf. Bruxelas, 1998. 20 p.
- EVANS, Thomas. **A Review of Knot Strength Testing**. 2016. 18p. Disponível em: http://itrsonline.org/wordpress/wp-content/uploads/2016/11/Evans_Truebe.A-Review-of-Knot-Strength-Testing_2016.pdf. Acesso em 15 maio 2018.
- LANEX. **Dynamic and Static Ropes Manual**. Disponível em: <http://www.mytendon.com/file/340/Manual_horolezeckych_a_pracovnich_lan.pdf>. Acesso em: 28 out. 2018.

PASSARINHO, Estevão Lamartine Nogueira et al. **Salvamento em Altura: Manual de Equipamentos**. Brasília, 2017. 38p.

APÊNDICE A – Imagens do laboratório utilizado para os testes.

Figura 33. Laboratório de testes - visão ampla.



Figura 34. Montagem de amostra para testes e base utilizada para testes e manopla de acionamento remoto do guincho de tração.



APÊNDICE B – Compilação dos dados coletados no estudo.

Quadro 9. Dados obtidos para os nós formadores de alça.

n° Teste	Nó Avaliado	Carga de Ruptura (kgf)	Percentual de resistência do nó em relação à resistência do cabo (%)	Quantidade de Cabo utilizado (cm)	Ponto de ruptura	Deslizamento do Chicote (cm)	Deslizamento do Vivo (cm)	Deslizamento do ponto central na alça	Possibilidade de ser desfeito de forma fácil
1	Oito (padrão)	2292	70,4%	100	1º ponto de tensão do vivo	0	10	Nulo	Não
2	Oito (chicote por cima)	2370	72,8%	100	1º ponto de tensão do vivo	0	10	Nulo	Não
3	Oito duplo alçado	2484	76,3%	155	1º ponto de tensão do vivo	0	10	Nulo	Não
4	Oito alça pequena	2374	72,9%	90	1º ponto de tensão do vivo	0	10	Nulo	Não

5	Oito alça longa	2214	68,0%	110	1º ponto de tensão do vivo	0	10	Nulo	Não
6	Oito mordido	1838	56,5%	100	1º ponto de tensão do vivo	0	7	Nulo	Não
7	Nove	2602	79,9%	110	1º ponto de tensão do vivo	0	10	Nulo	Não
8	Sete	2106	64,7%	78	1º ponto de tensão do vivo	0	7	Nulo	Não
9	Azelha	2046	62,9%	78	1º ponto de tensão do vivo	0	7	Nulo	Não
10	Borboleta	2102	64,6%	78	1º ponto de tensão do vivo	0	7	Nulo	Não
11	Lais de Guia	2120	65,1%	80	3º ponto de tensão, no vivo antes de sair para a alça	0	7	Nulo	Sim
12	Lais de Guia sem arremate	2070	63,6%	80	3º ponto de tensão, no vivo antes de sair para a alça	0	7	Nulo	Sim

13	Laís de guia com chicote por fora sem arremate	2182	67,0%	80	3º ponto de tensão, no vivo antes de sair para a alça	0	7	Nulo	Sim
14	Botão triplo	2222	68,3%	84	1º ponto de tensão do vivo	2	23	Nulo	Não
15	Botao duplo	1992	61,2%	68	1º ponto de tensão do vivo	2	18	Nulo	Não

Fonte: autor.

Quadro 10. Dados obtidos para os nós para fixar cabos.

nº Teste	Nó Avaliado	Carga de Ruptura (kgf)	Percentual de resistência do nó em relação à resistência do cabo (%)	Quantidade de Cabo utilizado (cm)	Ponto de ruptura	Deslizamento do Chicote (cm)	Deslizamento do Vivo (cm)	Possibilidade de ser desfeito de forma fácil
16	Fiel	1610	49,5%	62	primeira volta do vivo	4	15	Não

17	Fiel Reforçado	1710	52,5%	76	Primeira volta do vivo	3	16	Não
18	Fiel arremate distante	1626	50,0%	70	primeira volta do vivo	2	17	Não
19	Fiel dobrado	1962	60,3%	86	primeira volta do vivo	0	15	Não
20	Boca de lobo	1636	50,3%	58	primeira volta do vivo	1	9	Não
21	Nó de Trapa (sem tensão)	1804	55,4%	81	vivo so tensão pelo primeiro cote	5	26	Nao

Fonte: autor.

Quadro 11. Dados obtidos para nós blocantes.

n° Teste	Nó avaliado	Carga para deslizamento (kgf)	Comportamento do nó	Carga mínima para ruptura (kgf)	Percentual de resistência do nó em relação à resistência do cordelete (%)	Ponto de ruptura	Quantidade de cordelete utilizado (cm)
22	Prussik 4 voltas	674	Cordelete se rompeu	924	36,7%%	Ponto de atrito por fusão da capa e ruptura da alma	110
23	Prussik 6 voltas	1078	Cordelete se rompeu	1294	58,7%	Ponto de atrito por fusão da capa e ruptura da alma	110

24	Marchand Unidirecional	844	Descamisou a corda na qual estava ancorado	1146	46,0%	Na alça da 1ª volta por fusão	110
25	Marchand Bidirecional a 3 voltas	34	Deslizou até o fim da corda na qual estava ancorado	N/A	N/A	N/A	110
26	Marchand Bidirecional a 4 voltas	254	Deslizou até o fim da corda na qual estava ancorado	N/A	N/A	N/A	110
27	Bachmann (avec mosqueton)	638	Deslizou até o fim da corda na qual estava ancorado	N/A	N/A	N/A	180

Fonte: autor.

Quadro 12. Dados obtidos dos nós para emendar cabos.

n° Teste	Nó Avaliado	Carga de Ruptura (kgf)	Percentual de resistência do nó em relação à resistência do cabo (%)	Quantidade de Cabo utilizado (cm)	Ponto de ruptura	Deslizamento do Chicote (cm)	Deslizamento do Vivo (cm)	Possibilidade de ser desfeito de forma fácil
28	Nó direito com arremate próximo	1576	47,0%	64	1º ponto de tensão do vivo	7	16	Não
29	Nó direito sem arremate	898	26,8%	52	Nó desatou e não se rompeu	N/A	N/A	Não
30	Pescador dobrado	2238	66,7%	84	1º ponto de tensão do vivo	3	19	Não

Fonte: autor.

ANEXO A – Quadro com a carga de ruptura de nós utilizados em salvamento em altura

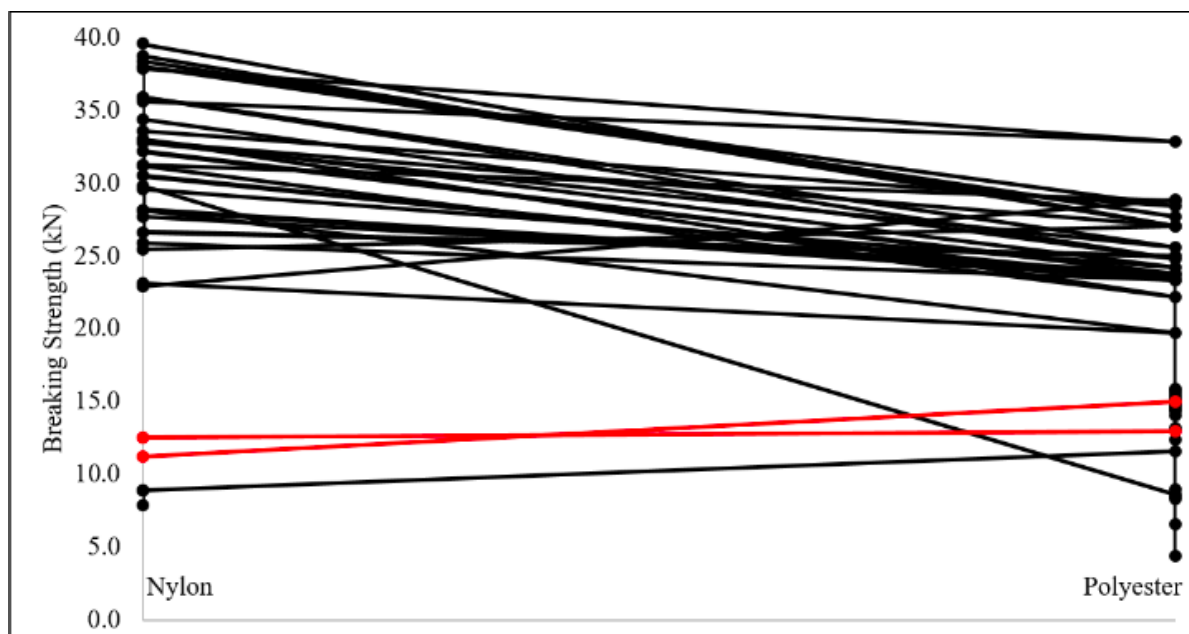
Quadro 1. Carga de ruptura de nós utilizados em salvamento em altura.

Knot	Rope (End to End)		Rope (Loop)		Cord (End to End)		Cord (Loop)	
	R.K.S. (%)	# of Samples	R.K.S. (%)	# of Samples	R.K.S. (%)	# of Samples	R.K.S. (%)	# of Samples
Bowline	41.8-70.7	17			67.1	1		
Figure 8 (single in line)	49.2-56.1	3						
Figure 8 (two in line)	45.7-53.8	3						
Figure 8 On a Bight	64.8-86.3	7			39.9-91.8	5		
Figure 8 Follow Through	80.7	1						
Figure 8 End (Knot name unclear)	69.4-75.3	2			73.3	1		
Figure 8 On a Bight (End to End)	54.3-73.6	3						
Double Figure 8	66.1-82.4	3						
Inline Figure 8 (End to End)	48.2-58.7	3						
Inline figure 8 (Loop to End)	62.5-74.7	3						
Overhand on a Bight	84.6	1						
Overhand Double Loop	73.8	1						
Butterfly (Loop to End)	60.7-80.6	5			72.0	1		
Butterfly (End to End)	59.2-68.8	3						
Barrel Knot (not a slip knot)	48.8-52.0	2						
Double Barrel Knot	57.8-61.7	2						
Slip Barrel Knot (Scaffold Knot)	68.5-81.3	2						
Double Slip Barrel Knot	73.8-83.2	2						
Girth Hitch								
Figure 8 Bend	56.8-80.7	3						
Single Fisherman's Bend	53.1-60.3	2			59.7	1		
Double Fisherman's Bend	73.5-80.3	5	86.0-108.5	3	81.0	1	73.1-159.3	9
Triple Fisherman's Bend							72.0-163.1	16
Sheet Bend	50.0-51.2	2			61.10	1		
Double Sheet Bend	54.6-54.7	2			57.3	1		
Butterfly Bend			99.9-105.8	2				
Overhand Bend (Water Knot)								
Flat Overhand Bend			107.6	1				
Flat Figure 8 Bend			85.5	1				

Fonte: A Review of Knot Strength. Disponível em: <http://sarrr.weebly.com/sar3-original-research/a-review-of-knot-strength-testing>.

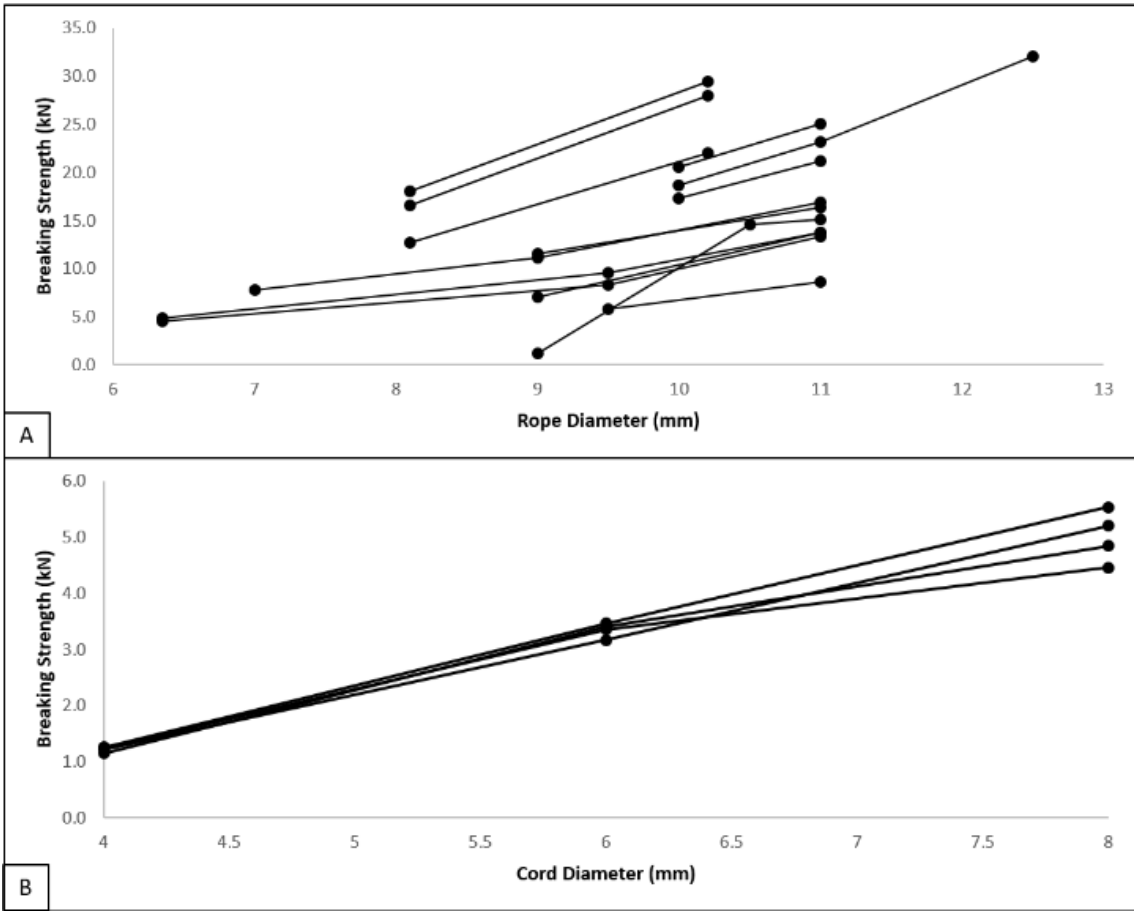
ANEXO B – variáveis que influenciam na carga de ruptura.

Figura 35. Carga de ruptura com cordas de diferentes materiais.



Fonte: A Review of Knot Strength. Disponível em: <http://sarrr.weebly.com/sar3-original-research/a-review-of-knot-strength-testing>.

Figura 36. Carga de ruptura de nós variando conforme o diâmetro da corda.



Fonte: A Review of Knot Strength. Disponível em: <http://sarrr.weebly.com/sar3-original-research/a-review-of-knot-strength-testing>.