



BOLETIM TÉCNICO-OPERACIONAL

Nº 001/2019-CETOP

ÁREA: SALVAMENTO

DATA: Dezembro/2019

ASSUNTO: Carga de ruptura dos nós utilizados no CBMDF

1. OBJETIVO

O presente Boletim Técnico visa a avaliar a carga de ruptura dos nós utilizados nas atividades de salvamento em altura pelo CBMDF.

2. INTRODUÇÃO / FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

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.

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 um ou várias alças, assim como também de fixá-la em um ponto adequado, seja provisório ou permanente”.

As características que definem um bom nó são, segundo 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).

Visto isso, o presente boletim permite elucidar três características descritas acima para os nós testados: resistência, segurança e, em parte, facilidade em desatar o nó.

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 da corda é formada por vários filamentos entrelaçados e é responsável por cerca de 70% a 80% da resistência da corda, a capa recobre a alma a fim de protegê-la contra abrasão e outros agentes agressivos, sendo responsável pelo restante da resistência.

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 e mais estática, de forma que o usuário não sofra balanço em virtude da elasticidade da corda durante os trabalhos. Além disso, as cordas semi-estáticas 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 com 100kg na ponta contra 80kg das tipo B. Desta forma, as cordas de tipo A são empregadas em atividades gerais, incluso o salvamento em altura, enquanto as do tipo B são empregadas em situações específicas, onde uma corda mais leve – ainda que de menor resistência – facilite a operação.

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.

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:

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

3. DETALHAMENTO TÉCNICO

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 1. 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	3.290 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 - equipamentos (PASSARINHO et al., 2017).

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

Quadro 2. Especificações da fita tubular utilizada no estudo.

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

Fonte: Salvamento em altura - 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 3. Especificações do cordelete utilizado no estudo.

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

Fonte: Salvamento em altura - 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.

Os nós blocantes foram presos a pequenas amostras de cordas de 11mm, a mesma utilizada nos demais testes.

Conforme item 3, foi desenvolvido laboratório na área de treinamento das torres do CBMDF no qual foi desenvolvido um sistema de tração com o uso de guincho elétrico do ABT, 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, conforme Apêndice A. 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 blocante, 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.

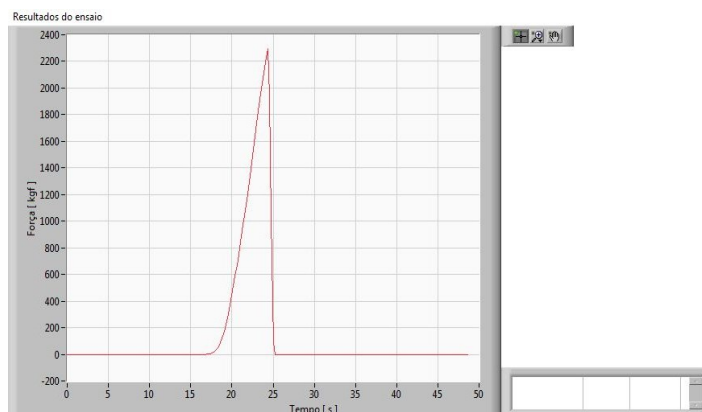
O padrão de análise seguiu o disposto na norma EN 1891:1998 – *Personal protective equipment for the prevention of falls from a height – Low stretch kernmantel ropes*, a qual é a referência para os testes na Europa.

4. DESCRIÇÃO

Após a aplicação dos testes, os resultados estão descritos a seguir:

1. Nó oito padrão:

Figura 1. Diagrama Força vs Tempo do Nó oito padrão.



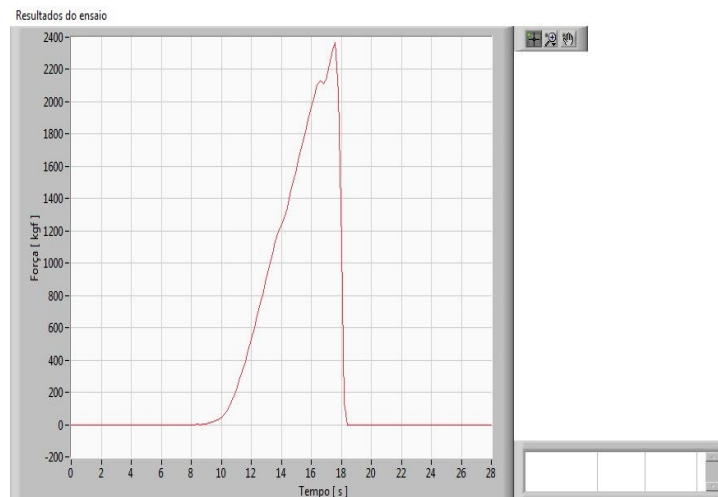
Carga de ruptura:	2292 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	70,4%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	64,8% a 86,3%
Quantidade de cabo utilizado:	100cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo

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.

2. Nó oito com vivo por baixo:

Figura 2. Diagrama Força vs Tempo do Nó oito com vivo por baixo

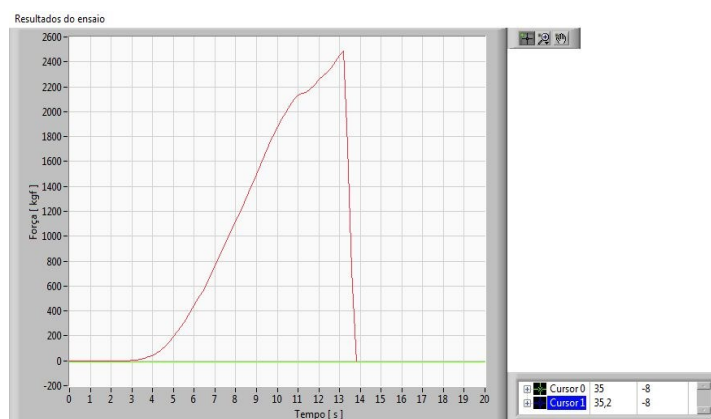


Carga de ruptura:	2370 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	72,8%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	58,0 %
Quantidade de cabo utilizado:	100cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	10cm
Deslizamento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

Fonte: autor.

3. Nó oito duplo alçado

Figura 3. Diagrama Força vs Tempo do Nó oito duplo alçado.

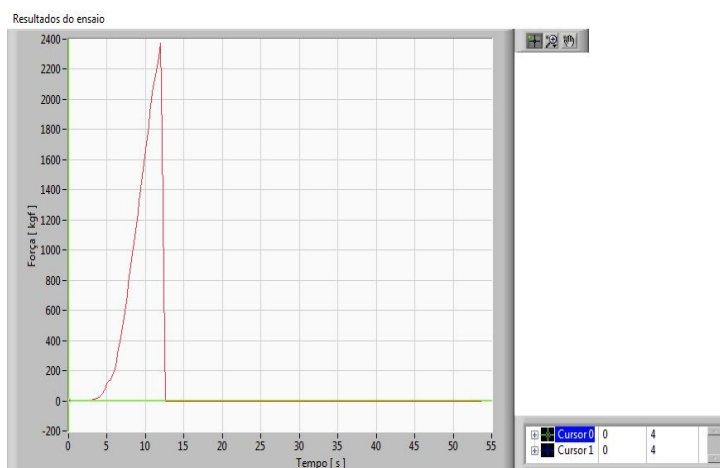


Carga de ruptura:	2484 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	76,3%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	66,1% a 82,4%
Quantidade de cabo utilizado:	155cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	10cm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

Fonte: autor.

4. Nó oito com alça pequena

Figura 4. Diagrama Força vs Tempo do Nó oito com alça pequena.



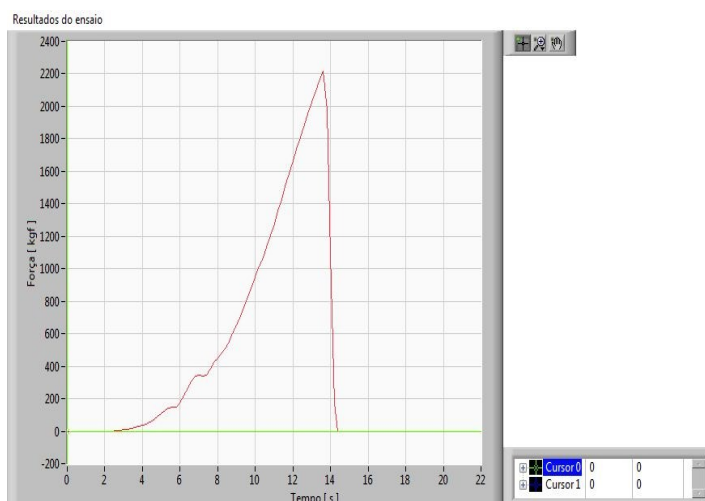
Carga de ruptura:	2374 kgf
-------------------	----------

Percentual em relação à resistência da corda:	72,9%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	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.

5. Nó oito com alça longa

Figura 5. Diagrama Força vs Tempo do Nó oito com alça longa.



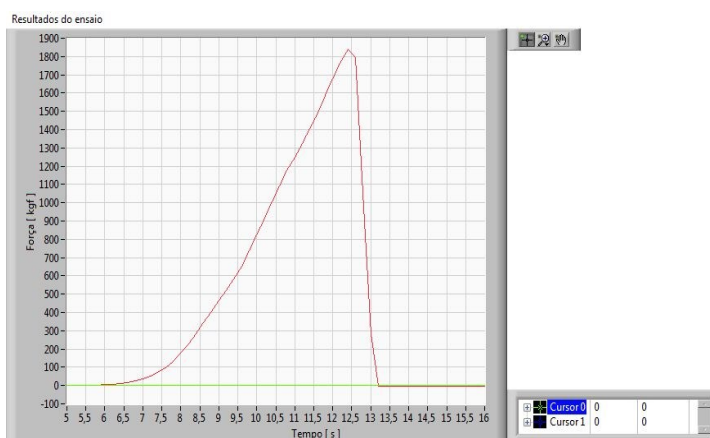
Carga de ruptura:	2214 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	68,0%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	64,8% a 86,3%
Quantidade de cabo utilizado:	110cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	10cm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

Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não
--	-----

Fonte: autor.

6. Nó oito “mordido”

Figura 6. Diagrama Força vs Tempo do Nó oito "mordido".

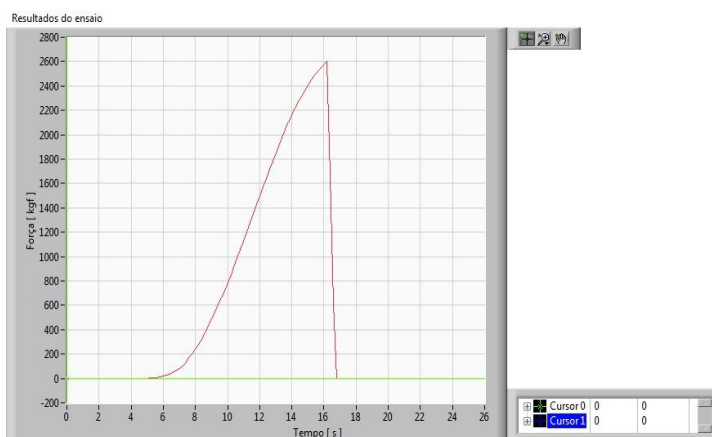


Carga de ruptura:	1838 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	56,5%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	100cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	7cm
Deslizamento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

Fonte: autor.

7. Nó nove

Figura 7. Diagrama Força vs Tempo do Nó nove.

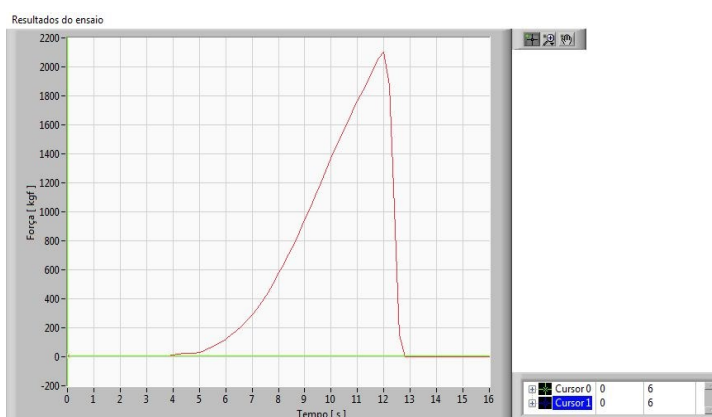


Carga de ruptura:	2602 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	79,9%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	75%
Quantidade de cabo utilizado:	110cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	7cm
Deslizamento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

Fonte: autor.

8. Nó sete

Figura 8. Diagrama Força vs Tempo do Nó sete.



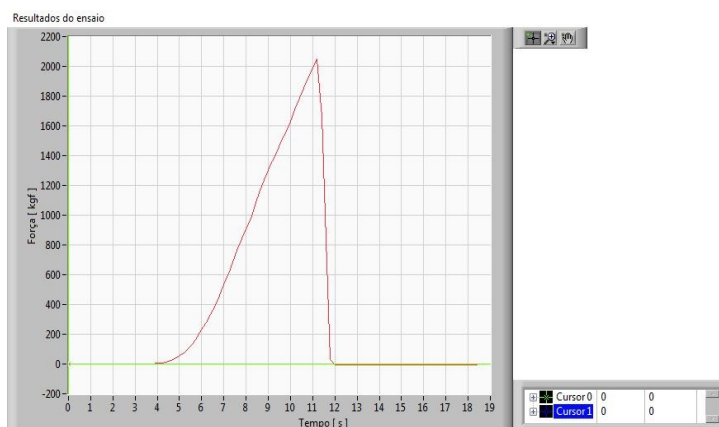
Carga de ruptura:	2106 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	64,7%

Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	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.

9. Nó azelha com alça

Figura 9. Diagrama Força vs Tempo do Nó azelha com alça.

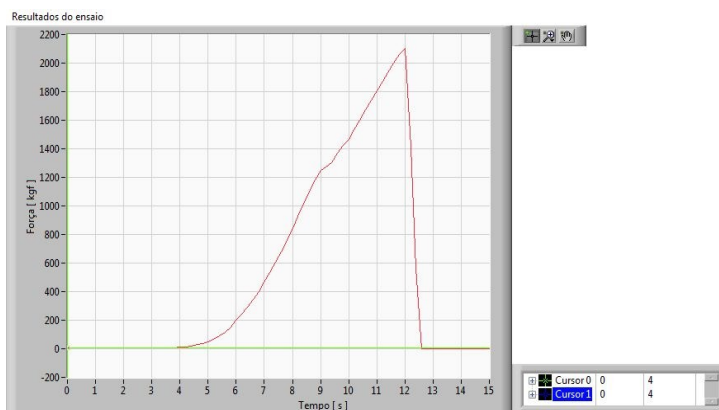


Carga de ruptura:	2046 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	62,9%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	60%
Quantidade de cabo utilizado:	78cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	7cm
Deslizamento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

Fonte: autor.

10. Nó borboleta

Figura 10. Diagrama Força vs Tempo do Nó borboleta.

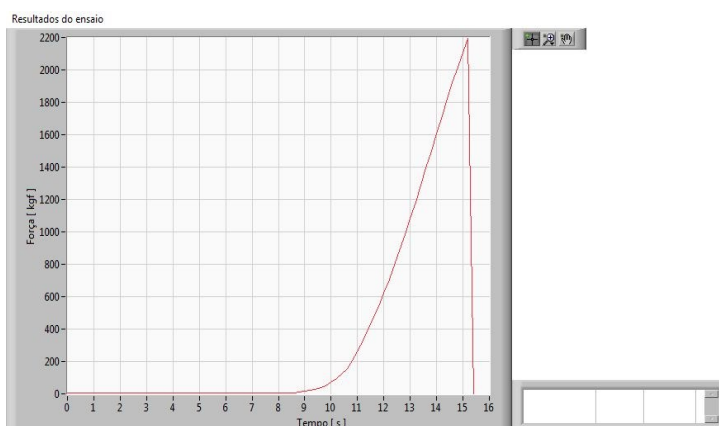


Carga de ruptura:	2012 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	64,6%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	60,7% a 80,6%
Quantidade de cabo utilizado:	78cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	10cm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

Fonte: autor.

11. Nó Lais de guia padrão

Figura 11. Diagrama Força vs Tempo do Nó Lais de guia padrão.



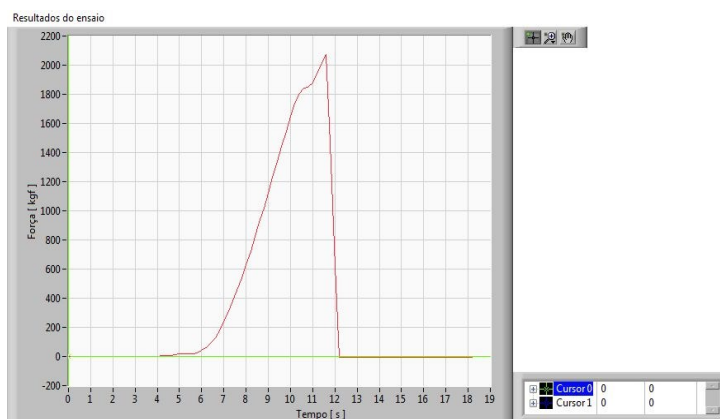
Carga de ruptura:	2120 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	65,1%

Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	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.

12. Nó Lais de guia sem arremate

Figura 12. Diagrama Força vs Tempo do Nó Lais de guia sem arremate.



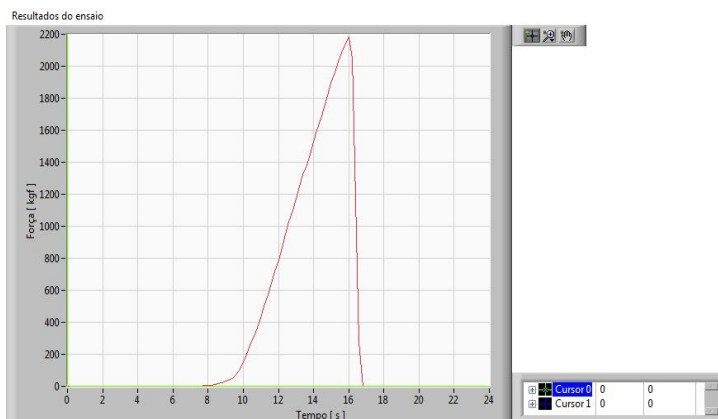
Carga de ruptura:	2070 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	63,6%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	41,8% a 70,7%
Quantidade de cabo utilizado:	80cm
Ponto de ruptura:	3º ponto de tensão, no vivo antes de sair para a alça
Deslizamento do chicote:	nulo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

Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	sim
--	-----

Fonte: autor.

13. Nó Lais de guia chicote por fora sem arremate

Figura 13. Diagrama Força vs Tempo do Nó Lais de guia por fora sem arremate.

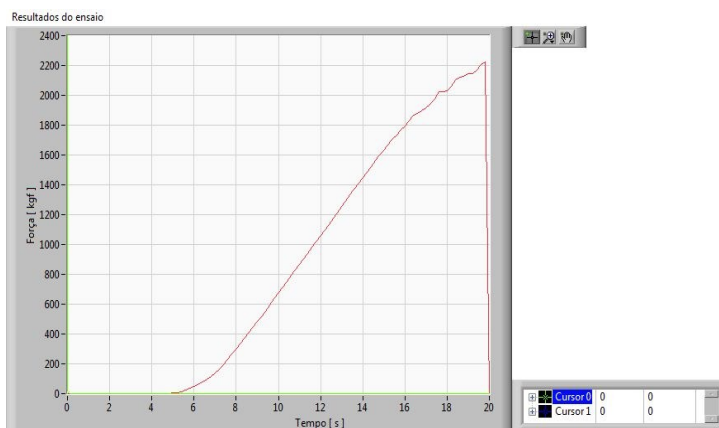


Carga de ruptura:	2182 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	67,0%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	41,8% a 70,7%
Quantidade de cabo utilizado:	80cm
Ponto de ruptura:	3º ponto de tensão, no vivo antes de sair para a alça
Deslizamento do chicote:	nulo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

Fonte: autor.

14. Nó botão triplo

Figura 14. Diagrama Força vs Tempo do Nó botão triplo.

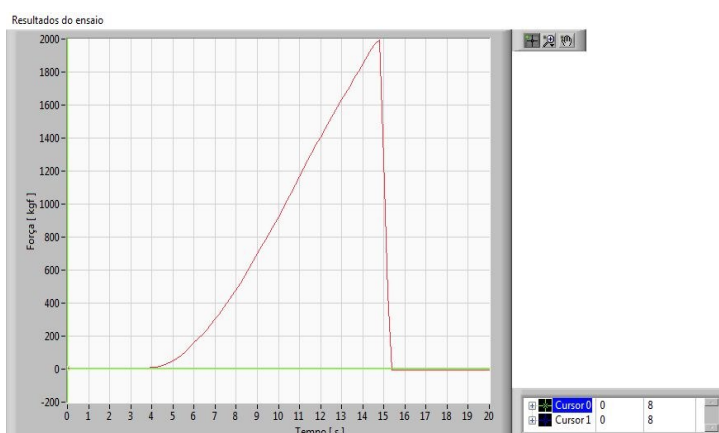


Carga de ruptura:	2222 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	68,3%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	84cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	2cm
Deslizamento do vivo:	23cm
Deslizamento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

Fonte: auto.

15. Nó botão duplo

Figura 15. Diagrama Força vs Tempo do Nó botão duplo.



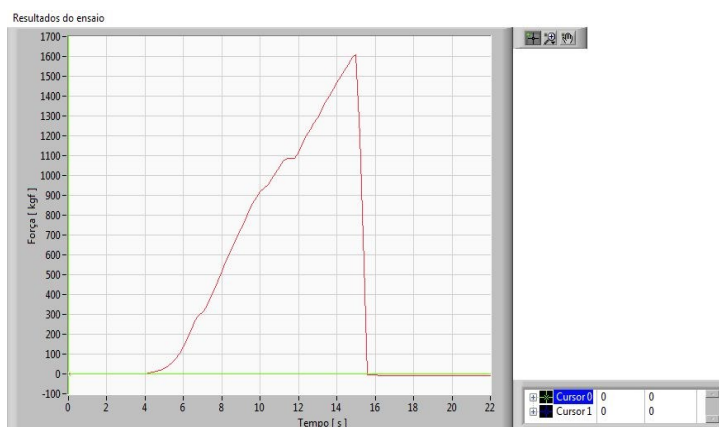
Carga de ruptura:	1992 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	61,2%

Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	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.

16. Nó volta do fiel

Figura 16. Diagrama Força vs Tempo do Nó volta do fiel.

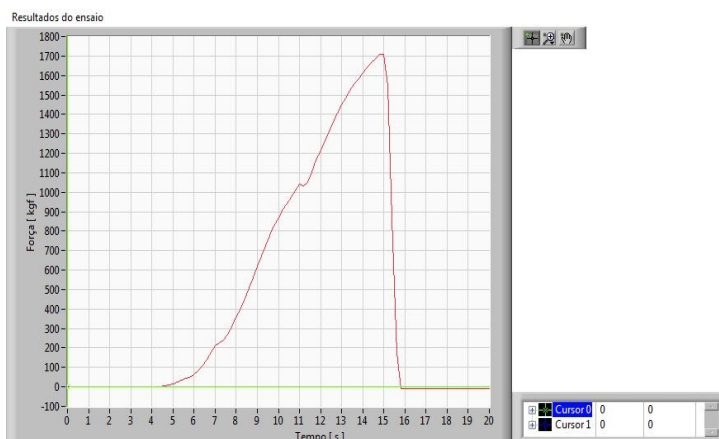


Carga de ruptura:	1610 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	49,5%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	48%
Quantidade de cabo utilizado:	62cm
Ponto de ruptura:	1ª volta do vivo
Deslizamento do chicote:	4cm
Deslizamento do vivo:	15cm
Possibilidade de ser desfeito facilmente após aplicação de tensão:	não

Fonte: autor.

17. Nó volta do fiel reforçado

Figura 17. Diagrama Força vs Tempo do Nó volta do fiel reforçado.

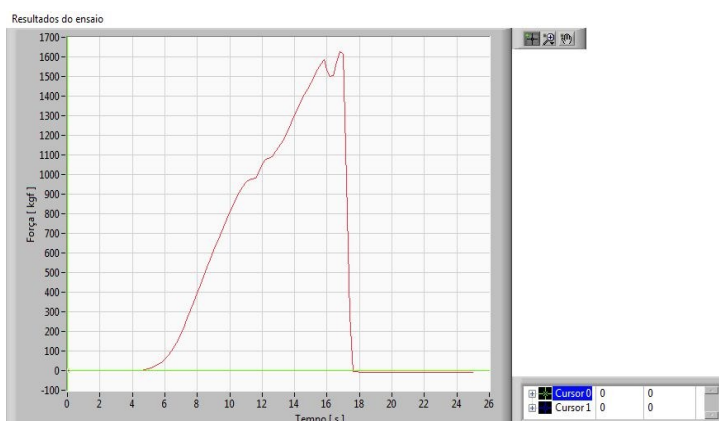


Carga de ruptura:	1710 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	52,5%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	76cm
Ponto de ruptura:	1ª volta do vivo
Deslizamento do chicote:	3cm
Deslizamento do vivo:	16cm
Possibilidade de ser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

Fonte: autor.

18. Nó volta do fiel com arremate distante

Figura 18. Diagrama Força vs Tempo do Nó volta do fiel com arremate distante.



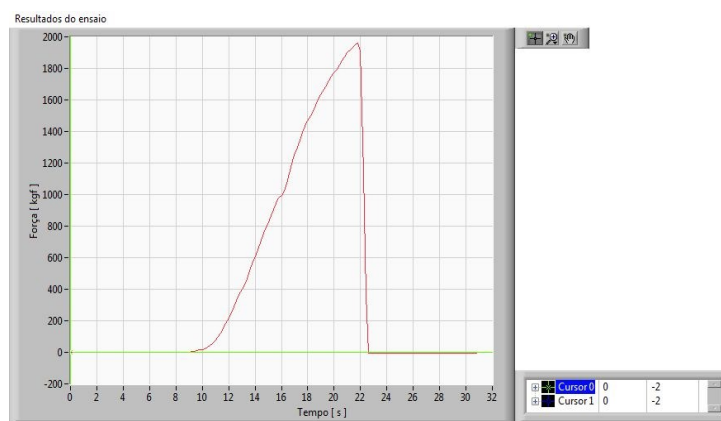
Carga de ruptura:	1626 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	50,0%

Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	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.

19. Nó volta do fiel dobrado

Figura 19. Diagrama Força vs Tempo do Nó volta do fiel dobrado.

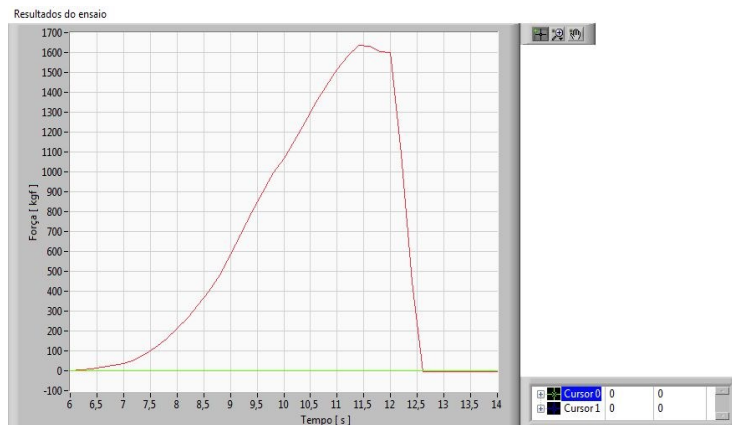


Carga de ruptura:	1962 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	59,6%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	86cm
Ponto de ruptura:	1ª volta do vivo
Deslizamento do chicote:	nulo
Deslizamento do vivo:	15cm
Possibilidade de ser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

Fonte: autor.

20. Boca de Lobo

Figura 20. Diagrama Força vs Tempo do Nó boca de lobo.

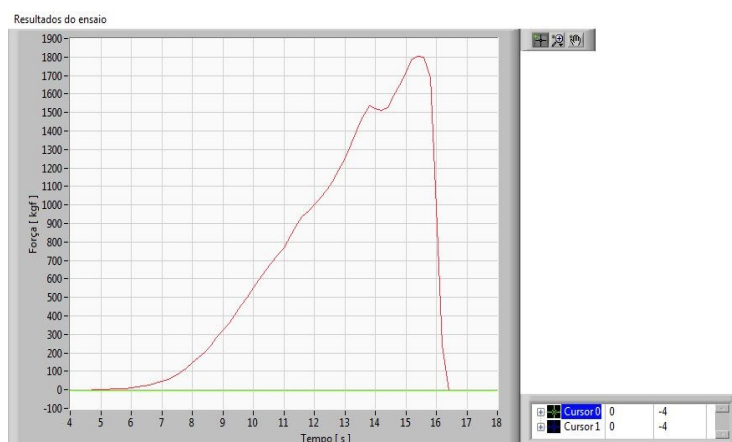


Carga de ruptura:	1636 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	50,3%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	48%
Quantidade de cabo utilizado:	58cm
Ponto de ruptura:	1ª volta do vivo
Deslizamento do chicote:	1cm
Deslizamento do vivo:	9cm
Possibilidade de ser desfeito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

Fonte: autor.

21. Nó de Trapa

Figura 21. Diagrama Força vs Tempo do Nó de trapa.



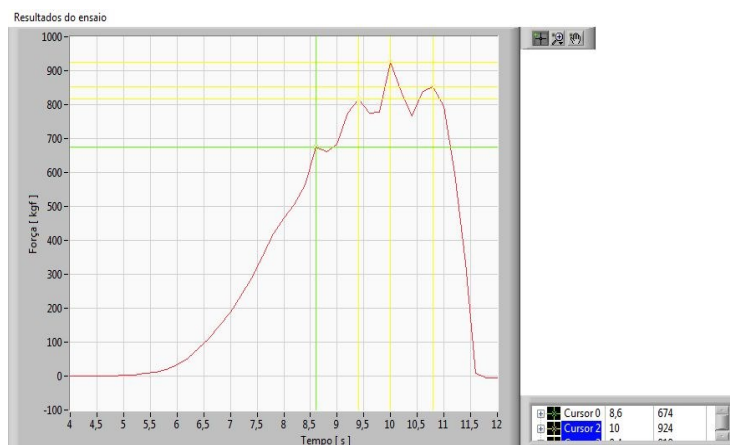
Carga de ruptura:	1804 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	55,4%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	N/D

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.

22. Prussik a 4 voltas

Figura 22. Diagrama Força vs Tempo do Nó prussik a 4 voltas.

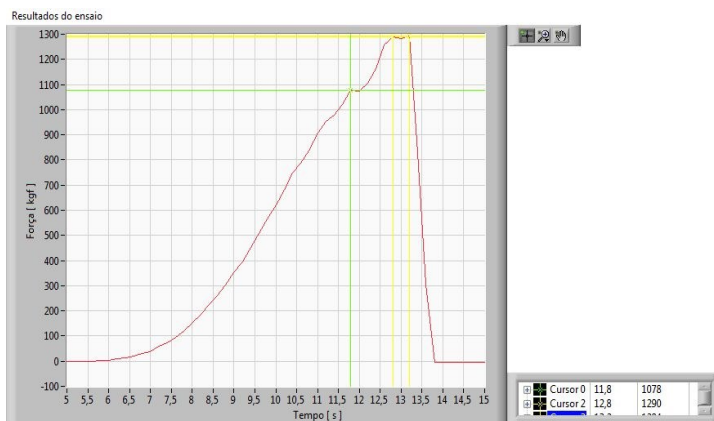


Carga mínima para deslizamento:	674 kgf
Carga de ruptura:	924 kgf
Percentual em relação à resistência do cordelete:	36,7%
Percentual em relação à resistência do cordelete encontrado em literatura*	N/D
Quantidade de cordelete utilizado:	110cm
Comportamento observado:	cordelete se rompeu
Ponto de ruptura: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

Fonte: autor.

23. Prussik a 6 voltas

Figura 23. Diagrama Força vs Tempo do Nó prussik a 6 voltas.

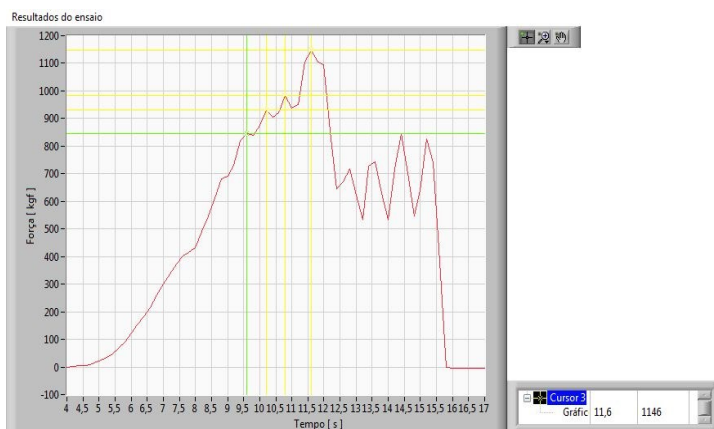


Carga mínima para deslizamento:	1078 kgf
Carga de ruptura:	1294 kgf
Percentual em relação à resistência do cordelete:	58,7%
Percentual em relação à resistência do cordelete encontrado em literatura*	N/D
Quantidade de cordelete utilizado:	110cm
Comportamento observado:	cordelete se rompeu
Ponto de ruptura:	ponto de atrito por fusão da capa e ruptura da alma

Fonte: autor.

24. Marchand unidirecional a 3 voltas

Figura 24. Diagrama Força vs Tempo do Nó Marchand unidirecional a 3 voltas.



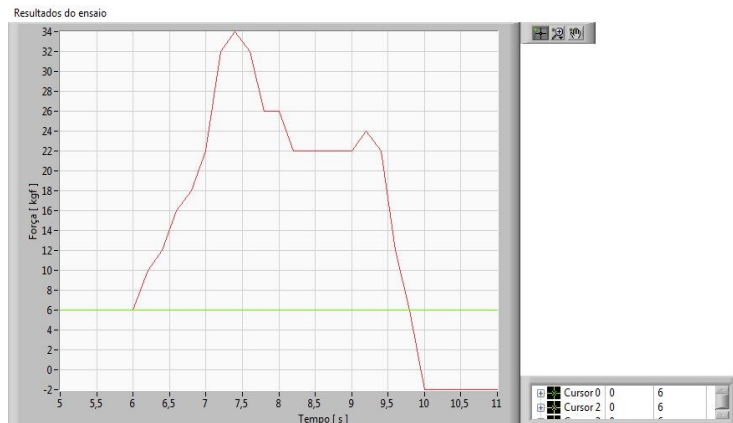
Carga mínima para deslizamento:	844 kgf
Carga de ruptura:	1146 kgf
Percentual em relação à resistência do cordelete:	46,0%
Percentual em relação à resistência do cordelete encontrado em literatura*	N/D
Quantidade de cordelete utilizado:	110cm

Comportamento observado:	descamisou a corda na qual estava ancorado
Ponto de ruptura:	na alça da primeira volta por fusão

Fonte: autor.

25. Marchand bidirecional a 3 voltas

Figura 25. Diagrama Força vs Tempo do Nó Marchand bidirecional a 3 voltas.

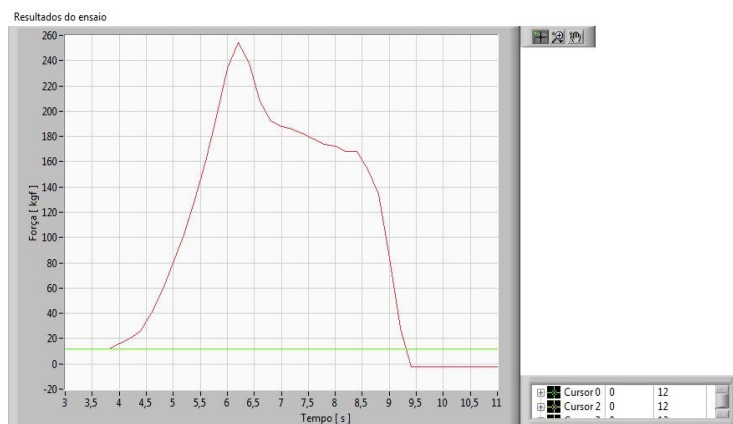


Carga mínima para deslizamento:	34 kgf
Carga de ruptura:	N/A
Percentual em relação à resistência do cordelete:	N/A
Percentual em relação à resistência do cordelete encontrado em literatura*	N/A
Quantidade de cordelete utilizado:	110cm
Comportamento observado:	deslizou até o fim do cabo no qual estava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

Fonte: autor.

26. Marchand bidirecional a 4 voltas

Figura 26. Diagrama Força vs Tempo do Nó Marchand bidirecional a 4 voltas.

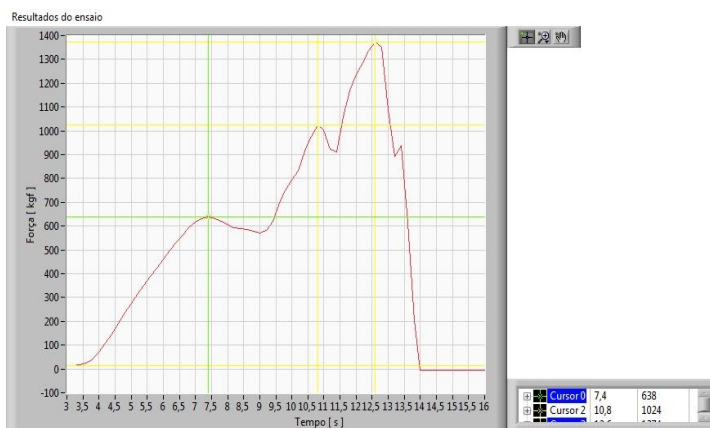


Carga mínima para deslizamento:	254 kgf
Carga de ruptura:	N/A
Percentual em relação à resistência do cordelete:	N/A
Percentual em relação à resistência do cordelete encontrado em literatura*	N/A
Quantidade de cordelete utilizado:	110cm
Comportamento observado:	deslizou até o fim do cabo no qual estava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

Fonte: autor.

27. Bachmann avec mosqueton

Figura 27. Diagrama Força vs Tempo do Nó Bachmann avec mosqueton.

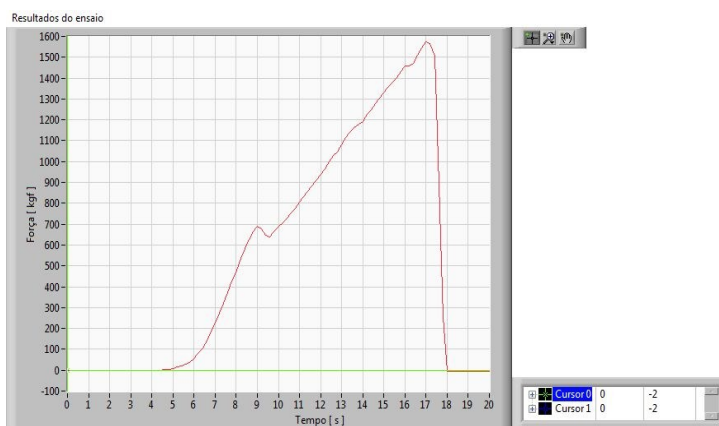


Carga mínima para deslizamento:	638 kgf
Carga de ruptura:	N/A
Percentual em relação à resistência do cordelete:	N/A
Percentual em relação à resistência do cordelete encontrado em literatura*	N/A
Quantidade de cordelete utilizado:	180cm
Comportamento observado:	deslizou até o fim do cabo no qual estava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

Fonte: autor.

28. Nó direito

Figura 28. Diagrama Força vs Tempo do Nó direito.

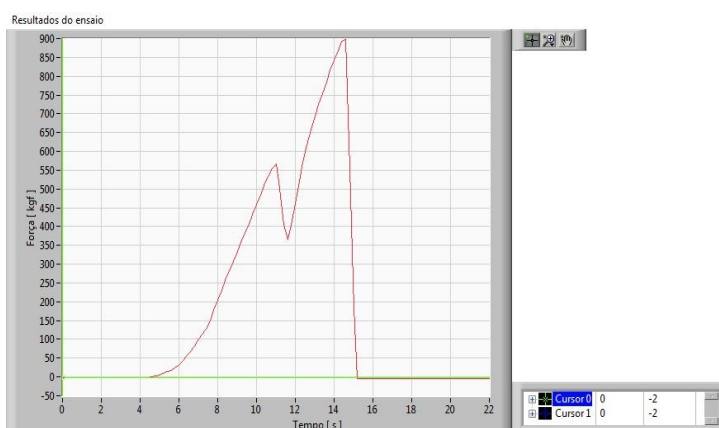


Carga de ruptura:	1576 kgf
Percentual em relação à resistência da corda:	47,0%
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	64cm
Ponto de ruptura:	1º ponto de tensão do vivo
Deslizamento do chicote:	7cm
Deslizamento do vivo:	16cm
Possibilidade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

Fonte: autor.

29. Nó direito sem arremate

Figura 29. Diagrama Força vs Tempo do Nó direito sem arremate.



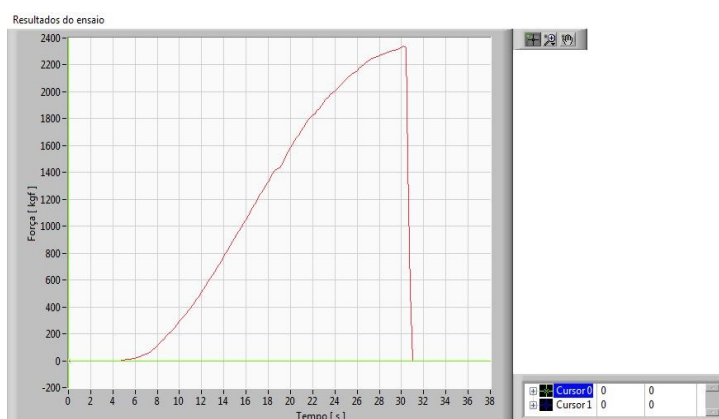
Carga de desatamento do nó:	898 kgf
Percentual em relação à resistência da corda encontrado em literatura*	N/D
Quantidade de cabo utilizado:	52cm

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.

30. Nó pescador dobrado

Figura 30. Diagrama Força vs 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*	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.

5. ANÁLISE

5.1 Nós para formação de alça

O comportamento dos nós da família “oito”, amostras 1 a 6, foi homogêneo. 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).

5.2 Nós para fixar cabo

No tocante aos nós fixadores de cabo (amostras 16 a 21), 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 considerado para um nó seguro pela EN 1891:1998. 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.

5.3 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. 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.

Na análise dos gráficos apresentados para este grupo, amostras 22 a 27, 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.

5.4 Nós para emendar cabos

Para esta família de nós, constatou-se 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 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.

6. CONCLUSÃO

Deste trabalho, pode-se depreender algumas conclusões:

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 com 3 ou 4 voltas 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 4. 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 5. 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 6. 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 7. 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 que podem auxiliar as atividades de salvamento em altura. Dados como os do nó Marchand bidirecional, nó oito “mordido”, lais de guia, nó direito sem arremate entre outros, 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.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. **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.

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 preention of falls from a height – Low strech kernmantel ropes pdf. Bruxelas, 1998. 20 p.

EVANS, Thomas. **A Review of Knot Strength Testing**. 2016. 18p.

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**: Equipamentos. Brasília, 2017. 38p.

APÊNDICE A – Compilação dos dados coletados no estudo.

Quadro 8. Dados obtidos para os nós formadores de alça.

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)	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 9. 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	5	26	Nao

					primeiro cote			
--	--	--	--	--	------------------	--	--	--

Fonte: autor.

Quadro 10. Dados obtidos para nós blocantes.

nº 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	Backmann (avec mosqueton)	638	Deslizou até o fim da corda na	N/A	N/A	N/A	180

			qual ancorado	estava				
--	--	--	------------------	--------	--	--	--	--

Fonte: autor.

Quadro 11. Dados obtidos dos nós para emendar 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
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.