

	Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal		
	Departamento de Ensino, Pesquisa, Ciência e Tecnologia		
	Diretoria de Ensino		
	Centro de Treinamento Operacional		
BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-PROFISSIONAL			
024/2022-CETOP	AREA: SALVAMENTO	DATA: MARÇO/2022	
ASSUNTO: ANCORAGENS COM ESTACA HORIZONTAL E VERTICAL			

1. OBJETIVO

O presente Boletim de Informação Técnico-Profissional visa analisar e normatizar os procedimentos técnicos para ancoragens do tipo Estaca Horizontal e Vertical, com base em pesquisa experimental realizada no CETOP.

2. INTRODUÇÃO / FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Ancoragens

As ancoragens são a base de todo sistema de resgate, sendo um dos principais fatores para garantir a segurança da operação. Uma ancoragem é formada por três componentes: ponto, fixação e disposição.

Figura 1 - Esquema da composição de uma ancoragem



Fonte: Os autores

De forma resumida, os pontos são os locais físicos onde a ancoragem é montada. A fixação é a forma como os pontos são equipados, se diretamente ao ponto ou indiretamente por meio de conector e/ou elemento têxtil; e a disposição é o formato ou desenho que a ancoragem assume.

Os pontos de ancoragem improvisados – também conhecidos como “meios de fortuna” – são aqueles que não foram construídos especificamente para serem ancoragens e não se enquadram como naturais ou estruturais, mas que diante da situação são empregados por apresentarem um nível de segurança adequado para sustentar o sistema de resgate.

Ressalta-se que o emprego de ancoragens improvisadas exige do bombeiro militar conhecimento e prática no salvamento. O fato, porém, dos pontos serem improvisados não significa que estes sejam

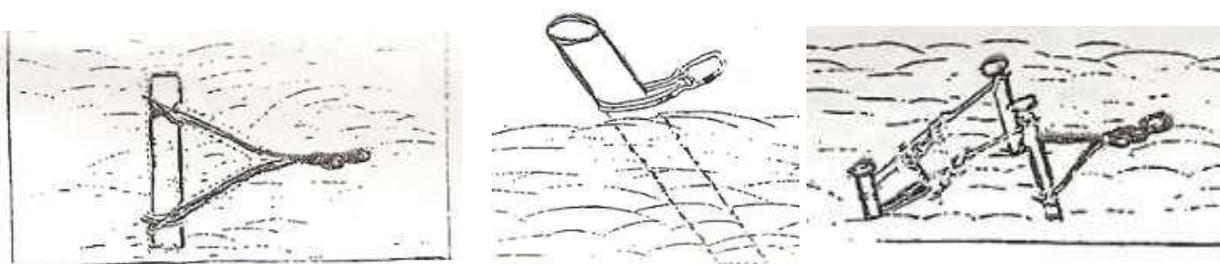
inseguros, estes apenas foram construídos para outro fim que o de uma ancoragem. Todavia, podem desempenhar a função de forma segura.

Uma das principais ancoragens improvisadas empregadas no CBMDF são as estacas horizontais e verticais.

2.1.1. Ancoragem com Estacas Horizontal e Vertical

Estas ancoragens eram historicamente conhecidas como “estaca padrão”. Todavia, percebe-se que não há um padrão bem definido do objeto a ser empregado, sendo pela sua própria natureza uma ancoragem improvisada para emprego em situações onde não existem outros pontos disponíveis.

Figura 2 - Ilustração histórica das Estacas Horizontal e Vertical



Fonte: Apostila de Salvamento do CETOP.

3. METODOLOGIA

A proposta do estudo foi analisar e validar as ancoragens do tipo estacas quanto à carga que suportam, apontando ou não sua segurança, conforme normas nacionais e internacionais.

Tanto a *European Norm EN 795:2012 (Protection against falls from a height — Anchor devices — Requirements and testing)* quanto a sua "equivalente" nacional, a Norma Brasileira NBR 16325-1:A1 (Proteção contra quedas de altura – Parte 1: Dispositivos de ancoragem tipos A, B e D), apresentam como requisito para uma ancoragem segura o **teste de resistência estática**, submetendo a ancoragem a uma **carga de 12kN, que deve ser mantida por 3 minutos**, podendo o dispositivo deformar, porém sem liberar a tensão.

Assim, a metodologia adotada consistiu em tracionar as diferentes ancoragens com um guincho manual de alavanca até esta ceder ou atingir a carga de 1.200 kgf, mensurados nos dinamômetros de tração do CETOP.

Para cada configuração, foram realizadas 5 (cinco) repetições. Caso a ancoragem tenha suportado a carga de 1.200 kgf pelos 3 minutos nos cinco testes, ela foi considerada segura.

Porém, caso a ancoragem tenha se rompido durante um dos testes, foi aplicada a regra dos "3-sigma". Assim, calcula-se a média das amostras e projeta-se um intervalo variando-se três vezes o

desvio padrão (3-sigma) das amostras obtidas, para cima e para baixo. Assim, estatisticamente segundo uma distribuição normal, permite-se afirmar que em 99,73% das vezes, a ancoragem irá se romper em um valor dentro deste intervalo. Ressalta-se que este modelo estatístico é empregado pelos principais fabricantes de equipamentos na marcação da resistência de seus equipamentos.

Ainda para fins de análise, e considerando que o CBMDF adota o fator de segurança de 10:1 sobre a carga de ruptura dos equipamentos, a carga de trabalho (*Safe Working Load – SWL*) considerada na parametrização destas ancoragens corresponde a 10% da força mínima de ruptura (*Minimum Breaking Strength – MBS*) observada nos testes.

4. DESENVOLVIMENTO

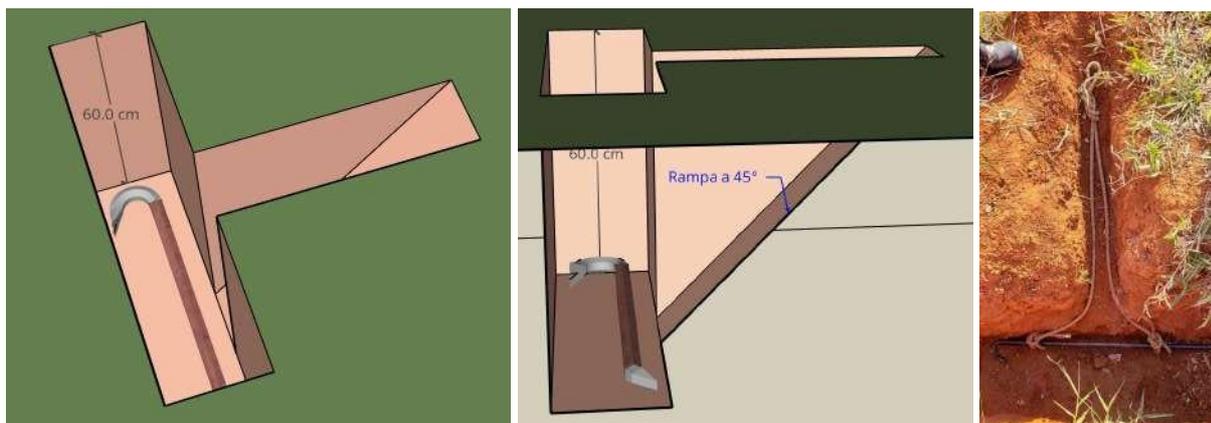
4.1. Estaca Horizontal

A ancoragem com **estaca horizontal** consiste em um pé de cabra, alavanca ou outro objeto resistente, com dois nós fiéis amarrados nos terços distais e um nó oito no seio do cabo. A ferramenta é enterrada em um buraco de no mínimo 60 cm de profundidade, com uma rampa de 45° para a saída do cabo na direção em que será feita a tração.

Esta é uma ancoragem que pode ser utilizada em ambientes urbanos e não urbanos, onde não haja nenhum outro ponto de ancoragem nas proximidades e onde as viaturas não consigam acessar.

Para esta ancoragem foi utilizado um pé de cabra de 60 cm de comprimento. Foi avaliado também se profundidades menores são seguras, bem como o emprego de outros materiais e local de amarração.

Figura 3 - Estaca Horizontal



Fonte: Os autores.

4.1.1. A profundidade da estaca horizontal

A ancoragem foi testada para profundidades de 60cm, 45cm e 30cm.

Com 60 cm, a ancoragem resistiu aos 1.200 kgf por 3 minutos, porém, após esse tempo, ao se incrementar a força para avaliar o comportamento da ancoragem, o pé de cabra começou a romper o

solo, sendo desenterrado a medida que a força era aplicada, com valores de pico entre 1.250 kgf e 1.445 kgf.

Para os testes com 45 cm e 30 cm, os resultados foram bastantes inferiores, com a ancoragem suportando picos de 432 kgf e 245 kgf, respectivamente. **A única configuração considerada segura é com uma profundidade de 60 cm.**

Tabela 1 - Resultados da Estaca Horizontal, variando-se a profundidade

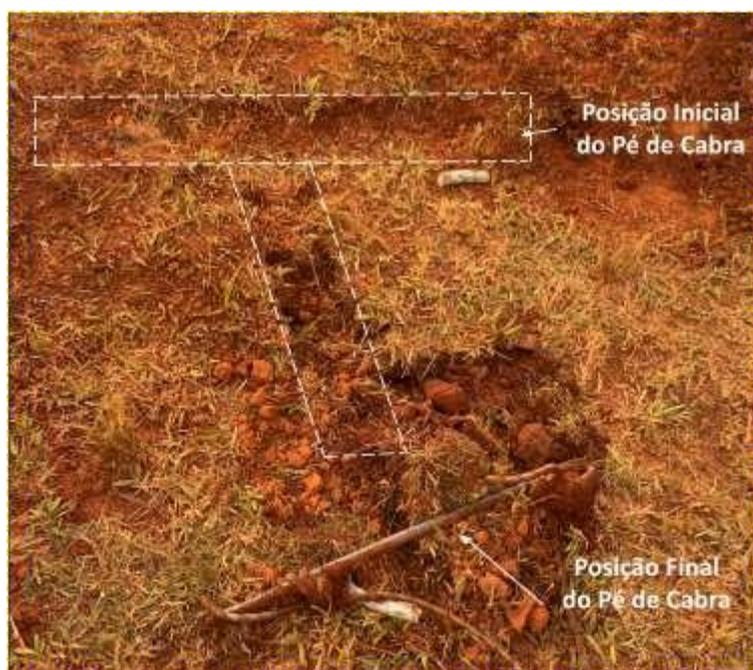
	60 cm	45 cm 	30 cm 
Valor Limite (kgf)	1.250 (menor valor obtido)	432	245

Fonte: Os autores.

Ao tracionar, é perceptível o momento que o solo começa a ceder e a tensão registrada no dinamômetro cai, percebendo-se que esse é o exato momento em que o pé de cabra se movimenta no solo e a terra cede lentamente. Após o solo ceder, a ancoragem se torna absolutamente insegura, conforme figura a seguir, onde é evidenciada o local onde inicialmente estava a ferramenta e o local final, após a tração.

Ressalta-se que, para fins de testes, o solo não foi compactado ao ser fechado, o que poderia aumentar sua resistência.

Figura 4 - Ancoragem estaca horizontal com 60 cm após ceder



Vale ressaltar que essa ancoragem depende da resistência do solo. Nos testes, foram realizados ensaios em um solo relativamente compacto e seco e, ainda assim, os resultados decepcionaram pela pouca carga suportada em profundidades inferiores a 60 cm.

4.1.2. O ponto de amarração na estaca horizontal

Investigou-se neste item o comportamento do local de amarração do nó fiel na alavanca.

A técnica base é repassada amarrando-se um fiel no início dos terços distais da alavanca. Assim, foram testadas também amarrações com o nó ao centro da ferramenta, alinhado com a rampa. Nas duas configurações a profundidade utilizada foi de 60 cm.

Ambas as variações apresentaram valores similares. Entretanto, **na amarração ao centro a alavanca foi danificada**, entortando devido à força aplicada. A amarração na extremidade não apresentou comportamento muito diferente à amarração padrão nos limites do terço médio da alavanca, porém por questão de segurança, o nó não deve ficar muito próximo à extremidade, sob risco de soltura.

Figura 5 - Amarração no início do terço distal e centralizada na alavanca



Fonte: Os autores.

Os resultados são apresentados a seguir:

Tabela 2 - Resultados da Estaca Horizontal, variando-se o local de amarração

	Amarração no terço distal	Amarração no centro 
Valor Limite (kgf)	1.428	1.445 (alavanca danificada)

Fonte: Os

Figura 6 - Alavanca danificada após amarração no centro na alavanca



Fonte: Os autores.

4.1.3. O material da estaca horizontal

Sendo uma ancoragem improvisada, foi avaliado também o comportamento se, ao invés de uma alavanca de aço, fosse empregada uma estaca de madeira.

Para tal, testou-se a ancoragem com uma madeira de cabo de enxada, com 60 cm de comprimento e perfil circular com diâmetro de 3,5 cm. Foram repetidas as amarrações nos terços distais e no ponto centralizado. Os resultados são apresentados a seguir.

Tabela 3 - Resultados da Estaca Horizontal, variando-se o material e local de amarração

	Madeira com amarração no terço distal	Madeira com amarração centralizada 
Valor Limite (kgf)	1.262	879 (a madeira partiu-se ao meio)

Fonte: Os autores.

Figura 7 - Alavanca horizontal com madeira de 3,5x60cm, variando-se o local de amarração



Fonte: Os autores.

Figura 8 - Alavanca horizontal com madeira de 3,5x60cm, partida com amarração ao centro



Fonte: Os autores.

Logo, diante os resultados obtidos, ficam evidentes **as medidas de segurança para o uso de ancoragem com estaca horizontal:**

- Profundidade da vala **mínima de 60 cm;**
- **Angulação da rampa a 45°;**
- Afixação do cabo no início dos **terços distais;**
- Material empregado, **preferencialmente de aço com 60 cm de comprimento ou mais,** sendo porém possível o emprego de madeira em casos extremos;
- Consistência do terreno/solo, **compacto e seco;**
- **Compactação do solo** à medida que a terra é recolocada na vala.

4.2. Estaca Vertical

No CBMDF, as estacas verticais empregadas são semi-eixos traseiros de veículos automotores. Estes materiais são forjados e possuem grande resistência, além de uma flange mais larga na extremidade, o que facilita o martelar ao serem fincados ao solo.

A ancoragem com pontas de eixo é uma opção para quando não há outros meios de ancoragem e o solo é relativamente resistente. **A técnica pode ser feita com uma ou mais pontas de eixo,** devendo ser fincadas ao solo com ângulo de 15° em relação ao eixo vertical e contrárias ao sentido da força de trabalho.

Com a utilização de apenas uma ponta de eixo, a fixação é feita na própria estrutura, sendo esta configuração comumente utilizada para a montagem dos estais de um tripé, como representado na figura a seguir.

Figura 9 - Estaca vertical com 1 (uma) Ponta de Eixo



Fonte: Os autores.

Já a montagem com **duas pontas de eixo pode ser feita em linha ou em paralelo.**

Em linha, as pontas de eixo são unidas com uma amarração e a ponta de eixo da retaguarda não é ligada diretamente à carga, mas sim à ponta de eixo posicionada à frente, com a finalidade de impedir o seu avanço.

Essa amarração de união é feita da seguinte maneira:

1. A corda é afixada com um fiel na parte mais alta da ponta de eixo dianteira (a que recebe a carga);
2. Nesta corda, confecciona-se um nó sete voltado para a ponta de eixo traseira;
3. O chicote do cabo contorna a ponta de eixo traseira e retorna passando por dentro do nó sete;
4. Traciona-se a corda, sendo finalizada com três ou mais cotes próximos ao nó sete ("nó de igreja") ou próximo à ponta de eixo traseira, após contorná-la.
5. Conforme o tamanho da corda, pode-se passar a corda por mais de uma volta entre a ponta de eixo traseira e o nó sete, auxiliando no tracionamento da amarração e criando uma certa "blocagem", facilitando assim a amarração final.

Figura 10 - Estaca Vertical com 2 pontas de eixo em linha



Fonte: Os autores.

Em paralelo, as pontas de eixo são postas lado a lado, com distância mínima igual à altura da estaca utilizada, sendo feita a amarração de um fiel pelos chicotes do cabo em cada ponta de eixo e um nó oito no cabo permeado. Assim, as duas pontas de eixo são tracionadas de forma equalizada. Pode-se também utilizar um anel de fita, montando-se uma ancoragem equalizável em Y conforme mostra a figura a seguir.

Figura 11 - Estaca Vertical com 2 pontas de eixo em paralelo



Fonte: Os autores.

Com **três pontas de eixo**, a ancoragem é montada formando um triângulo, no qual a base fica na direção de onde será feito o trabalho e a ponta de eixo traseira ajuda a evitar o avanço das pontas de eixo da frente.

É importante que o cabo esteja permeado para que as pontas de eixo sejam tracionadas de forma equalizada, podendo também ser utilizado anel de fita. A configuração com três pontas de eixo é a mais difundida no CBMDF para a criação de uma ancoragem de resgate com estacas verticais.

Figura 12 - Estaca Vertical com 3 pontas de eixo



Fonte: Os autores.

4.2.1. Estaca com 1 Ponta de Eixo ("Estaca Simples")

Essa configuração de ancoragem foi testada analisando-se as seguintes variáveis: melhor angulação de trabalho; profundidade mínima necessária; material da estaca e ainda superficialmente a influência do solo úmido.

4.2.1.1. A angulação da estaca

Fez-se a sequência de testes com angulações que partiam de 0° em relação ao eixo vertical até o ângulo de 30°.

Figura 13 - Estaca Vertical com 0°, 15° e 30° de inclinação.



Fonte: Os autores.

De forma geral percebe-se que ao sofrer uma tração, a estaca tende a compactar o solo que lhe oferece resistência à frente. À medida que a força aumenta, a estaca gira e altera sua inclinação, direcionando-se no sentido da tração, até ser completamente arrancada do solo.

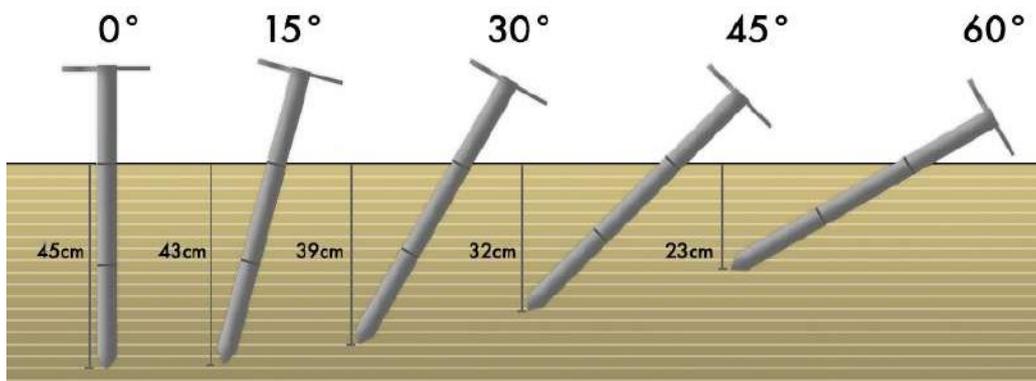
Figura 14 - Sequência de arrancamento de estaca vertical simples.



Fonte: Os autores.

A medida que o ângulo passa dos 30°, a tendência é ocorrer perda de resistência. Com ângulo de 38°, a força caiu para 912 kgf. Isso se dá pois, a medida em que a angulação aumenta – mantida fixo o comprimento de $\frac{2}{3}$ fincado no solo – a altura vertical da barra no solo diminui, havendo como consequência menor quantidade de terra para atuar, diminuindo a área de tensão no solo, reduzindo sua resistência.

Figura 15 - Ângulo de colocação da estaca vertical e seu impacto na profundidade



Fonte: Os autores.

Assim, fica evidente que em inclinações superiores a 30° ocorre a diminuição da resistência da ancoragem pela perda de profundidade no solo. Já quando próximo de 0°, ainda que mantenha boa resistência, ocorre a compactação inicial do solo com a barra já avançando no sentido da tração, adotando uma angulação já no sentido à tração. Desta forma, entende-se que, **sendo aceitável de 0° a 30°, a inclinação de 15° sugerida na literatura é de fato a ideal, permitindo aliar compactação e penetração no solo.**

4.2.1.2. A profundidade da estaca

A bibliografia sugere que a estaca esteja com $\frac{2}{3}$ (dois terços) do seu comprimento enterrado, porém, avaliando-se as pontas de eixo hoje utilizadas, verifica-se que não há um padrão em relação ao comprimento, conforme demonstra a imagem a seguir.

Figura 16 - Pontas de Eixo com diferentes comprimentos.



Fonte: Os autores.

Assim, buscou-se identificar uma profundidade mínima. Com base nas estacas hoje utilizadas, chegou-se a um comprimento aproximado destas de 70 cm. Aplicado os $\frac{2}{3}$ da medida, tem-se uma profundidade sugerida de $\frac{2}{3}$ igual a 46,6 cm, o que foi arredondado para 45 cm nos testes, sendo essa a medida inicial tomada para ser validada.

Foi então observado que com 45 cm a resistência de uma estaca simples era de aproximadamente 1.100 kgf, valor próximo, porém inferior, aos 12 kN previstos nas normas.

Ao se fazer o teste com 30 cm de profundidade, essa resistência média caiu para 562 kgf, representando uma perda de 50%, ficando abaixo do previsto na norma.

Desta forma, **entende-se que – além da simples regra dos $\frac{2}{3}$ – a estaca vertical deve ter uma profundidade de 45 cm ou mais.** Assim, é interessante que as estacas sejam pintadas indicando a área que deve ficar enterrada, funcionando como um alerta caso a tinta esteja visível após sua aplicação.

Figura 17 - Pintura das pontas de eixo com "área de alerta" a ser fincada no solo



Fonte: Os autores.

4.2.1.3. O material da estaca

Durante os testes, os autores optaram por testar outros materiais similares aos já utilizados. Outras alternativas às pontas de eixo, tais como o uso de vergalhões CA 50 de 3/4", fincados 45 cm no solo, porém esses não apresentaram resultados dentro dos padrões exigidos em normas.

Conclui-se dessa forma que não é qualquer elemento metálico que pode ser utilizado como estaca vertical.

Figura 18 - Vergalhões de 3/4" não resistiram ao serem tracionados e deformaram



Fonte: Os autores.

4.2.1.4. A umidade do solo

Ao verificar a umidade do solo, percebeu-se, conforme esperado, que este tem grande influência sobre a resistência da ancoragem, afetando a coesão do solo e diminuindo bastante a resistência.

No solo úmido os testes obtiveram média e intervalo de 3-sigma muito abaixo do resultado dos testes em solo seco e com a mesma configuração. A média caiu de 1.100 kgf para 646 kgf, ou seja, o 3-sigma gerou um intervalo de 397 a 894 kgf (99,73% das ancoragens nestas condições de solo úmido irão ser arrancadas dentro deste intervalo) tendo uma perda de resistência de 42% em relação à estaca em solo seco, tornando o risco da operação elevado.

Figura 19 - Estaca Vertical em Solo Úmido



A seguir é apresentada a tabela com os valores observados para a estaca vertical com uma única ponta de eixo.

Tabela 4 - Resultados da Estaca Vertical com 1 ponta de eixo

	Padrão ângulo de 15°, profundidade de 45 cm, solo seco	Ângulo de 0°	Ângulo de 30°	Profundidade de 30cm 	Solo Úmido 
Média (kgf)	1.115	1.106	1.093	562	646
3-sigma (intervalo em kgf)	809 a 1.421	802 a 1.410	750 a 1.436	160 a 965	894,43 kgf - 397,6 kgf

Fonte: Os autores.

O emprego de uma única estaca vertical mostra-se eficaz para atividades como estaiamento (como já é comumente utilizada no CBMDF) **e segurança de carga não-viva de até 80 kg**, levando em consideração o menor valor do intervalo 3-sigma e o fator de segurança 10:1 adotado na Corporação.

Porém, com uma única estaca, nenhuma configuração pode ser considerada como segura para salvamento com cargas vivas segundo as normas adotadas neste estudo. Logo, **não devendo ser utilizada estaca simples para ancoragens de sistemas de resgate.**

4.2.2. Estacas com 2 Pontas de Eixo ("Estaca Dupla")

As estacas duplas **em paralelo** apresentaram uma média de 1.142,4 kgf e 3-sigma com intervalo de 904,5 kgf a 1.380,3 kgf, ou seja, 99,73% das ancoragens duplas em linha romperão neste intervalo. Aplicado o fator de segurança 10:1 no menor valor do intervalo e considerando a presença de dois pontos, pode-se então afirmar que **essa ancoragem é segura para cargas de 90 kg.**

Figura 20 - Estacas com 2 pontas de eixo em Paralelo



Fonte: Os

Já as estacas duplas **em linha** suportou os 1.200 kgf sem grande deformação no terreno. A carga é presa apenas na estaca dianteira, porém a estaca traseira evita que a estaca à frente avance, fazendo com que a ancoragem desloque menos e suporte o que a norma determina.

Figura 21 - Estacas Vertical com 2 Pontas de Eixo em Linha



Fonte: Os autores.

Esta ancoragem também foi instrumentalizada aplicando-se um dinamômetro na amarração entre as estacas. Foi verificado que ao aplicar uma força de 1.200 kgf na estaca dianteira, aproximadamente 250 kgf são aplicados na estaca traseira.

Figura 22 - Estacas com 2 pontas de eixo em Linha Instrumentalizada



Fonte: Os autores.

Segue a tabela com o comparativo das diferentes configurações testadas para a estaca dupla:

Tabela 5 - Resultados da Estaca Vertical com 2 pontas de eixo em Linha

	Em Linha	Em Paralelo
Média (kgf)	1.200 / 3 min	1.142,4
3-sigma (intervalo em kgf)	-	905 a 1.380

Fonte: Os autores.

Analisando-se a diferença apresentada entre as ancoragens em linha e em paralelo, observou-se que mesmo nas amostras que resistiram 1.200 kgf, ocorreu um avanço desigual entre as estacas, de forma que uma estaca recebeu mais carga que a outra. Tal situação pode ocorrer por variações do terreno à frente de cada estaca ou pequenas variações no comprimento de cada perna no cabo da vida após a amarração do nó. Ocorrendo uma tração desigual, uma parte de força maior é aplicada em uma das estacas, que irá avançar sobre o solo até ocorrer a equalização das forças em um ponto de equilíbrio pela tração na corda ou compactação do terreno.

Figura 23 - Estaca dupla em paralelo com ancoragem equalizada após a tração destacando o avanço desigual



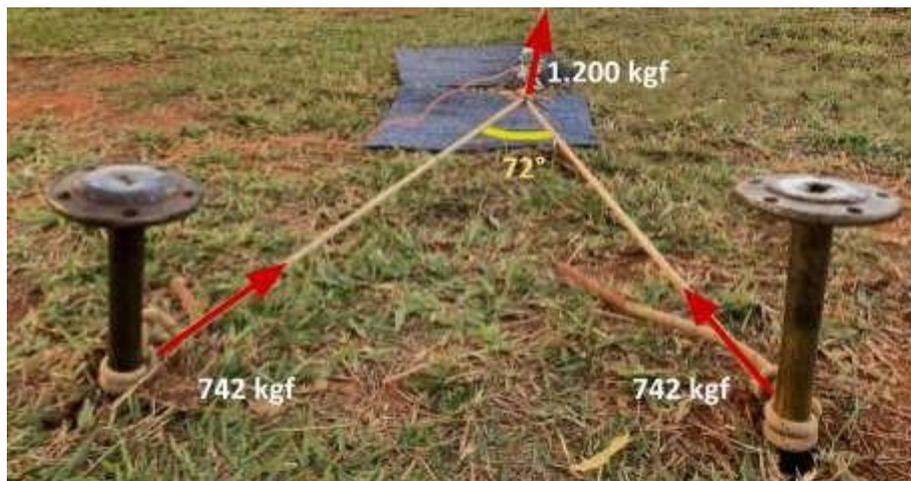
Fonte: Os autores.

Assim, **recomenda-se a utilização de anel de fita com a construção de uma ancoragem equalizável em Y**, o que permitirá distribuir melhor as forças, além de não haver dificuldades para desatar o nó após a tração.

Outro fator que deve ser considerado é a angulação da ancoragem equalizada. **Essas ancoragens devem sempre respeitar um ângulo limite de 120°, sendo o ideal não superior a 90°**. Isso ocorre pois no ângulo limite de 120°, devido à decomposição de força dos vetores aplicados sobre a ancoragem, cada ancoragem recebe 100% da força aplicada no sistema. Assim, é fundamental que a corda ou fita utilizados tenham comprimento suficiente para permitir a formação de um ângulo menor que 120°.

Como exemplo, na imagem a seguir a ancoragem está formando um ângulo na foto calculado em 72° , sendo adequado para o uso da técnica. Ao se aplicar 1.200 kgf de força nesta ancoragem, há a decomposição dos vetores, de forma que cada ancoragem irá receber uma carga de 742 kgf.

Figura 24 - Decomposição da força aplicada na ancoragem equalizada



Fonte: Os autores.

Assim, conclui-se que as configurações com duas estacas obtiveram bons resultados. A ancoragem com estaca dupla em paralelo atende ao requisito mínimo de 10:1 com até 90 kg de carga, enquanto a ancoragem com estaca dupla em linha é considerada segura segundo as normas adotadas neste estudo, tendo suportado todos os testes.

Por fim, quando **com duas pontas de eixo, há preferência pela utilização na configuração em linha.**

4.3. Estacas com 3 Pontas de Eixo ("Estaca Tripla")

A ancoragem com estaca tripla é a configuração mais difundida pelo CBMDF para salvamento, atendendo aos testes que as normas determinam.

Figura 25 - Estacas Vertical com 3 pontas de eixo



Fonte: Os autores.

A tração ocorre nas duas estacas da frente e elas são unidas à estaca traseira por cabos da vida com sistema de tensionamento. Essa estaca que fica atrás não recebe diretamente a carga e segura o avanço das estacas da frente, tornando a ancoragem segura para as atividades de salvamento.

Em testes realizados no Centro de Treinamento Operacional a ancoragem chegou a suportar valores acima 1.800 kgf sem apresentar deformações consideráveis.

Tabela 6 - Resultados da Estacas Vertical com 3 pontas de eixo

	Estaca Tripla
Média (kgf)	1.200 / 3 min

Fonte: Os autores.

Dentre as ancoragens improvisadas, essa é mais segura, pois as três estacas formam um triângulo distribuindo a força e evitando o avanço das pontas de eixo tracionadas, atendendo às normas mais exigentes, como a norma NFPA 1983:2017, sendo a mais indicada nas atividades de salvamento.

Tradicionalmente, havia uma variação dessa ancoragem passando uma alavanca por detrás das estacas da frente. No entanto, ao fazer os testes sem a alavanca, percebeu-se que sua utilização é dispensável, pois ela apenas ajudaria a tracionar as duas estacas concomitantemente. **Assim, a aplicação da alavanca para equalização será descontinuada.**

Ressalta-se que o nó oito possui resistência de 2.292 kgf, de forma que a resistência da ancoragem com 3 pontos de eixo se aproxima muito da resistência do próprio nó. **Assim, não se vislumbra a necessidade de utilização de configuração com mais de 3 pontas de eixo, salvo casos excepcionais de cargas de elevada massa.**

5. CONCLUSÃO

Deste BITP, pode-se depreender algumas conclusões:

■ Estaca Horizontal:

- **O termo “padrão” deixa de ser empregado**, por não haver propriamente uma padronização quanto ao objeto utilizado como estaca;
- A ancoragem **estaca horizontal deve possuir no mínimo 60 cm de profundidade**, sendo insegura em profundidades menores;
- A amarração deverá ser feita com **nó fiel amarrado no início dos terços distais** da estaca;
- A estaca deve ser preferencialmente **de aço, com 60 cm de comprimento ou mais**, podendo em situações extremas ser empregado objetos de madeira;

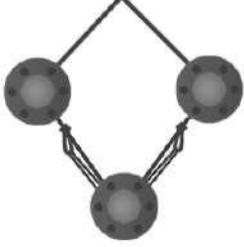
- Pelo tempo no processo de escavação para o emprego da Estaca Horizontal, e pela existência de outros meios mais seguros e ágeis, recomenda-se o emprego desta ancoragem como último recurso na falta de um ponto de ancoragem.

■ **Estaca Vertical:**

- Pontas de Eixo podem ser empregadas com segurança como estacas verticais, devendo ser fincadas com **45 cm de profundidade no solo, no mínimo;**
- A angulação das estacas deve ser posicionada à **inclinação de 15°** em relação ao eixo vertical, **oposta ao sentido da tração**, sendo aceitável variações de 0° a 30°;
- A saturação do solo reduz sua coesão. **Um solo encharcado apresenta perda elevada de resistência** em uma estaca vertical;
- A utilização da **1 (uma) estaca é indicada para estaiamento de tripé** ou para ancorar materiais leves (ex: cilindro de ar comprimido em ventilação de poço), não sendo porém uma única estaca segura para cargas vivas por ser um ponto único de ancoragem;
- A utilização de **2 (duas) pontas de eixo, em linha ou em paralelo, são seguras para a ancoragem de sistemas de progressão para até uma pessoa** (ex: ancoragem para descida técnica vertical). **Há preferência pela ancoragem com 2 pontas de eixo em linha**, por apresentar maior resistência.
- A utilização de **3 (três) pontas de eixo é indicada para a montagem de ancoragem de sistemas de resgate** (progressão de bombeiro com vítima; tirolesas, etc).
- Não se vislumbra a necessidade de mais de 3 pontas de eixo, salvo para situações excepcionais;
- Não se vislumbra a necessidade de utilização de uma alavanca para a equalização das estacas dianteiras, sendo sua aplicação descontinuada.
- **Sugere-se que cada OBM providencie marcação com tinta vermelha delimitando uma área de alerta indicando o limite mínimo até onde a estaca deverá ser fincada no solo.** Caso a estaca esteja fincada e a tinta vermelha esteja visível, é um alerta de que ela não está suficientemente enterrada.
- Deve-se dar **preferência ao uso de fitas ao invés de cordas**, com a montagem de ancoragem equalizável em Y.

O quadro resumo da estaca vertical é apresentado a seguir:

Tabela 7 - Quadro Resumo da Estaca Vertical

	1 Ponta de Eixo "Estaca Simples"	2 Pontas de Eixo Em Paralelo	2 Pontas de Eixo Em Linha	3 Pontas de Eixo "Estaca Tripla"
Ilustração				
Carga de Ruptura Média (kgf)	1.115	1.142	1.200	1.800 ¹
Carga de Trabalho (3-sigma x 10:1) (kgf)	80	90	120	180
Aplicação Indicada	<p>Estaiamento de Tripé e Sustentação de cargas leves não-vivas.</p> <p>OBS: Por ser ponto único, não deve ser empregada sozinha para segurança de cargas vivas</p>	Ancoragem de cargas vivas para progressão individual (máximo de 1 pessoa em suspensão)		Ancoragem de cargas vivas para resgate

¹ Por limitações no sistema de tracionamento, não foi possível exceder os 1.800 kgf;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma brasileira 16325-1: Proteção contra quedas de altura. 1. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- BSI. *Personal fall protection equipment: Anchor devices - EN 795*. Inglaterra: BSI Standards Limited, 2012.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Apostila de Salvamento: Salvamento 1º semestre - Unidade 1. Brasília, 2018a.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Descritivos Técnicos Operacionais: Curso de Especialização em Salvamento em Altura/2019. Disponível em: Documento SEI SEI 00053-00060754/2019-76. Acesso em 27 jul. 2020. Brasília, 2019b.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Salvamento: Apostila do Aluno. 3ª ed. Brasília, 2019c.
- EWING, Jim. What is 3-Sigma? Biddeford: Sterling Rope Company, Inc. Disponível em: <https://sterlingrope.com/logbook/223-what-is-3-sigma#:~:text=The%20three%2Dsigma%20value%20is,average%20of%20the%20entire%20series>. Acesso em 6 fev. 2021.
- FERREIRA JÚNIOR, Haroldo Machado; SOUZA, Paulo José Barbosa de. Manual Técnico Profissional de Salvamento: Materiais e Equipamentos. Vol. I. Brasília, 1973.
- L. A. Firefighters Association. Ropes Knots and Related Rescue Systems: Anchors and Anchor Systems. Vol. IV, Cap. 6, Título 8. Los Angeles, 2004.
- LEITE, Japhet Alves Pereira. Elaboração de protocolo de salvamento por escavação de poço paralelo e túnel de ligação. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2011.

- MAURO, Lúcio. Anotações da Apostila de Salvamento. CETOP, CBMDF. Brasília-DF.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. 1983/2017 - Standard on Life Rope and Equipment for Emergency Services. Massachusetts: NFPA, 2017.
- STATE FIRE TRAINING. Low angle rope rescue operational: Instructor and Student Manual. 2. ed. California: State Fire Training, 2007.
- TRAJANO, Marlúcio Anderson da Conceição. Técnicas verticais aplicadas a ambientes não urbanos: Elaboração de Guia Técnico contendo ancoragens por meio de fortuna para ocorrências de Salvamento em Altura. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, Goiânia, 2017.

EQUIPE RESPONSÁVEL

Elaboração:

- Maj. QOBM/Comb. ESTEVÃO LAMARTINE NOGUEIRA **PASSARINHO** (orientador da pesquisa)
- 2º Ten. QOBM/Intd. JOÃO ROBSON **GABRIEL DE SOUZA**
- Asp. Of. BM **LORRANE SILVEIRA PIRES** (autora da pesquisa)
- SubTen. QBMG-1 **LÚCIO MAURO HENRIQUE DE SOUSA**
- SubTen. QBMG-1 **GILMAR PEREIRA DE SOUSA**
- 2º Sgt. QBMG-1 **ESDRAS LOPES FEIJÃO**
- 3º Sgt. QBMG-1 **FARLEN RHENIR LIMA**
- 3º Sgt. QBMG-1 **ALLAN DE SOUZA NUNES**

Revisão - GBS:

- 2º Sgt. QBMG-1 **ELISIO DE PAULA FERREIRA**

ANEXO 1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O SOLO

O trabalho monográfico do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais (CAO) do então Cap. QOBM/Comb. Japhet, que trata sobre o protocolo de salvamento por escavação de poço paralelo e túnel de ligação, traz importantes considerações sobre o solo, sendo aqui replicadas.

Segundo o autor, os Latossolos são solos minerais, homogêneos (com pouca diferenciação entre horizontes), pegajosos, profundos e bem drenados. No Distrito Federal, o solo é predominantemente de cor vermelha (latossolo vermelho) e possui baixa resistência mecânica, sendo poroso, com alta permeabilidade, não saturado e colapsável. Cerca de 40% do solo do DF possui essas características (LEITE, 2011).

Já os Cambissolos representam aproximadamente 30% da área total do DF, sendo associados a relevos ondulados, variando de rasos a profundos (20 cm a 1m de profundidade). Sua estrutura varia bastante, apresentam textura variada, desde muito argilosa até franco-arenosa, com ou sem cascalho.

Um bom solo para se trabalhar com ancoragens improvisadas é **compacto, duro, firme, plástico e pegajoso**. Assim, existe um método expedito, que pode ser feito na cena sem a necessidade de equipamentos específicos, para analisar a dureza, friabilidade, plasticidade e pegajosidade do solo.

4.3.1. Análise da Dureza

Para avaliar a dureza é indicado pegar um torrão de terra bem seco e tentar quebrá-lo com os dedos ou com as mãos. Segundo Lemos e Santos (1996 *apud* LEITE, 2011), "o solo macio quebra-se facilmente, se pulverizando. O solo ligeiramente duro pode ser quebrado entre o polegar e o indicador. O solo muito duro é difícil de quebrar usando ambas as mãos, e o solo extremamente duro não pode ser quebrado mesmo usando ambas as mãos". Quanto mais duro for o solo, melhor ele será para a ancoragem.

4.3.2. Análise da consistência do solo úmido (friabilidade)

Este teste é similar ao anterior, porém realizado com um torrão ligeiramente úmido, sem porém estar encharcado:

"A friabilidade também é determinada a partir de um torrão de solo, mas este deve estar ligeiramente úmido (não molhado). Tenta-se romper o torrão úmido com os dedos (ou se necessário com a mão), para verificar a resistência à pressão. Este estado de consistência é conhecido como friabilidade e pode variar de solta a extremamente firme. Empiricamente, os produtores rurais normalmente preferem preparar o solo no estado de consistência úmido e solto, pois o solo oferece menor resistência, tendo em vista que as forças de coesão e adesão são menores. O socorrista poderá observar que a força utilizada para romper um torrão úmido é menor do que se o mesmo estivesse seco, pois diminuem as forças de coesão entre as partículas de solo" (LEITE, 2011)

Assim, quando mais firme, mais resistente será o solo. Conforme evidenciado no presente boletim, o solo úmido apresentou uma perda de resistência de 43% em relação à estaca vertical em solo seco.

4.3.3. Análise da pegajosidade

A pegajosidade refere-se à aderência do solo a outros objetos, sendo avaliada com o solo molhado, podendo ser aproveitada a massa de modelar resultante do teste de friabilidade, adicionada mais água. Aperta-se a amostra entre os dedos polegar e indicador: o solo não pegajoso não gruda nos dedos; o solo ligeiramente pegajoso gruda em um dos dedos; já o solo pegajoso gruda em ambos os dedos. Um solo muito pegajoso oferece maior segurança para escavações e ancoragens.

Figura 25 - Representação da Friabilidade de três amostras de



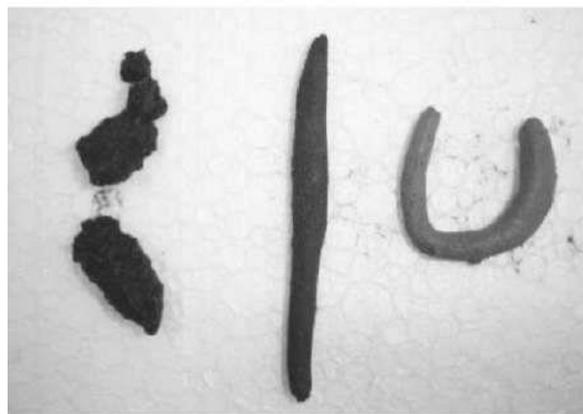
solo

Fonte: Lemos e Santos (1996 *apud* LEITE, 2011)

4.3.4. Análise da plasticidade

Mais uma vez molhando o solo ou aproveitando a amostra do teste de pegajosidade, deve-se amassar bem o solo, como uma massa de modelar, na tentativa de formar um fio de 3 a 4 mm de diâmetro: o solo não plástico não permite formar o fio; o solo ligeiramente plástico permite fazer o fio, mas ele se quebra ao ser dobrado; o solo plástico permite formar o fio e não se quebra ao ser dobrado. Um solo pouco plástico oferecerá riscos às ancoragens.

Figura 26 - Representação da Plasticidade de três amostras de



solo

Fonte: Lemos e Santos (1996 *apud* LEITE, 2011)

VOLTAR