

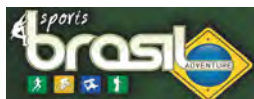
# FORÇAS NA ESCALADA

---

Por Marco Aurélio Nalon

Ilustrações Thais Makino

Revisão Marilyn Novak





## INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos, as técnicas e os equipamentos para a prática do montanhismo, em todos seus estilos e variações, foram evoluindo, muitas vezes à custa de grandes perdas para os escaladores.

Essa história pode ser entendida como a busca de harmonia entre duas forças. De um lado, a força de vontade dos seres humanos de estarem nas montanhas e de buscarem novos ambientes naturais; de outro, as forças da natureza – incontrolláveis e maravilhosas, e com grande poder diante de nossa fragilidade.

Nosso conhecimento sobre as forças naturais também aumentou com o passar do tempo. Hoje temos ferramentas matemáticas e laboratórios que nos ajudam a testar e a simular grande parte das situações de risco em atividades na natureza.

O material a seguir é parte desse conhecimento. Em particular, falaremos sobre as forças envolvidas na atividade da escalada.

### 1. TIPOS DE FORÇA

Temos três tipos de forças na atividade da escalada:

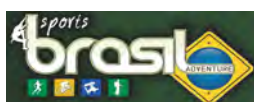
**Força estática:** É o tipo de força que ocorre entre os elementos de um sistema, uns em relação aos outros. Por exemplo, entre as proteções fixas, os mosquetões e as fitas em um sistema de ancoragem.

**Força dinâmica:** Ocorre quando os elementos de um sistema são submetidos a uma aceleração ou a uma desaceleração. Por exemplo, durante a queda do escalador-guia.

**Força de pico:** São os extremos atingidos pelas forças dinâmicas, entre o repouso (ou seja, zero) e seus valores máximos. Essa força é de difícil determinação e medição, mas é a mais importante a ser entendida, pois serve de base para o dimensionamento de uso de todos os equipamentos de escalada e dos sistemas de ancoragem.

### 2. LEIS DE NEWTON

Vamos lembrar as famosas Leis de Newton, que nos ajudarão a entender esses processos de força.



**Inércia:** O que está em repouso tende a continuar em repouso, e o que está em movimento tende a continuar em movimento, a não ser que uma força externa mude esse estado.

Por exemplo, se o guia sofre uma queda, a força externa para mudar esse movimento indesejável é a mão do segurador. Ou ainda, se o escalador está pendurado na corda, parado, o segurador também pode mudar esse estado, descendo-o. (Como vocês viram nesses exemplos, o papel do segurador é muito importante).

**Ação e reação:** Para toda força aplicada existe uma reação de mesma intensidade no sentido oposto.

Por exemplo, se durante uma queda o escalador-guia bate em algum obstáculo, ou mesmo pendula e atinge a parede, a energia que ele adquire durante a queda será transferida para a rocha, e em seguida devolvida a ele, podendo causar lesões. Também nesse caso, o segurador pode intervir de forma intensiva nesse processo: ou bloqueando a corda o mais rápido possível, evitando choques com obstáculos, ou deixando a corda deslizar um pouco no aparelho bloqueador, dissipando o máximo possível essa energia.

**F = m.a:** a força (F) é igual à massa (m) multiplicada pela aceleração (a).

No caso da escalada, a massa principal é a do escalador-guia, mas a massa do segurança também deve ser levada em conta. Já a aceleração é a inexorável aceleração da gravidade, cerca de  $10 \text{ m/s}^2$ , ou seja, logo após 1 segundo de queda o escalador atinge a velocidade de  $10 \text{ m/s}$  ( $36 \text{ km/h}$ ), e a cada segundo a mais de queda a velocidade aumenta mais  $10 \text{ m/s}$ .

A função de todo sistema de segurança montado durante uma escalada é justamente permitir que a força da queda seja absorvida e neutralizada ao desacelerar o escalador-guia da forma mais suave possível, minimizando, assim, impactos e lesões.

### 3. UNIDADE DE MEDIDA DE FORÇA

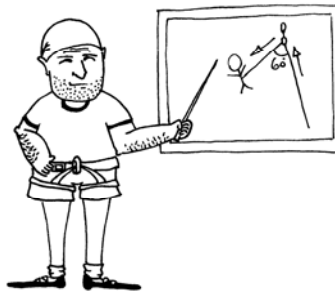
A força é medida em N (newton). No caso da escalada, a aceleração envolvida é a da gravidade, bastando multiplicar a massa do escalador por 10 para obter o valor da força. Entretanto, ao lermos as informações de carga suportada pelos equipamentos de escalada encontramos outra unidade: o kN (kilonewton), que nada mais é do que uma divisão da força por 1.000 (mil). A tabela abaixo mostra essa relação:

massa (kg)	força (N)	força (kN)
1	10	0,01
10	100	0,10
80	800	0,80
900	9.000	9,00
1.000	10.000	10,00
2.200	22.000	22,00
2.400	24.000	24,00

Em termos práticos, se queremos saber quanto quilogramas aquele equipamento aguenta, é só pegar o valor em kN e multiplicar por 100.

#### 4. SITUAÇÕES DE ESCALADA

Vamos analisar três situações que podem ocorrer na escalada, isoladamente ou, às vezes, combinadas.



##### 4.1. Top rope

O top rope, ou corda de cima, é amplamente utilizado em ginásios de escalada e também comum em falésias, onde o comprimento das vias geralmente é inferior à metade do comprimento de uma corda padrão, de 60 metros (veja figura 1, pág. 5).

Um ponto de suma importância nesse procedimento é o sistema de ancoragem, que irá suportar todas as forças envolvidas, uma vez que ele será praticamente o único ponto de segurança do escalador – diferentemente de uma escalada guiada, quando há diversas proteções ao longo da via.

No top rope, as forças envolvidas são praticamente estáticas. Recomenda-se que o segurador mantenha a corda levemente frouxa para que haja maior absorção de energia no caso de queda.

Vamos analisar as forças nos três pontos envolvidos nesse triângulo: o segurador, a última ancoragem e o escalador-guia.

**Segurador:** A força na corda do segurador é cerca de  $2/3$  o peso do escalador, ou seja, o segurador não sente todo o peso do escalador – por isso um segurador ligeiramente mais leve que o escalador consegue segurá-lo sem ser puxado para cima.

**Ancoragem:** Nela é aplicada a força peso do escalador mais  $1/3$  de seu peso. Esse  $1/3$  é absorvido na ancoragem e não é transmitido ao segurador.

**Escalador:** A força na corda do escalador é a sua própria força peso.

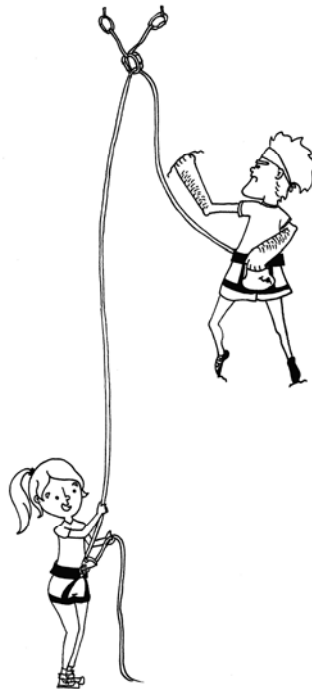


Figura 1: Escalada usando top rope (corda de cima)

Caso o escalador não esteja totalmente parado, mas sim se movendo pendurado na corda, dando pequenos solavancos com o corpo, a força que ele passa a aplicar na sua corda é simplesmente o dobro de seu peso e, conseqüentemente, as forças na ancoragem e na corda do segurador também aumentam. Exemplo:

Sendo:

Massa do escalador (m)	80 kg
Peso do escalador (Pe)	800 N ou 0,8 kN
$2/3$ Pe	530 N ou 0,53 kN
$1/3$ Pe	270 N ou 0,27 kN

Se o escalado permanecer parado:

Força na corda do segurador	0,53 kN
Força na corda do escalador	0,8 kN
Pico de força na ancoragem	1,07 kN

Se o escalador ficar dando solavancos:

Força na corda do segurador	1,07 kN
Força na corda do escalador	1,6 kN
Pico de força na ancoragem	2,13 kN

## 4.2. Rapel

Nessa situação, as forças são praticamente estáticas (veja figura 2).

O peso suportado pela ancoragem é o peso do escalador, e como vimos anteriormente, quando o escalador aplica alguns solavancos na corda, a força peso dobra de valor. O solavanco é necessário durante o teste do sistema de rapel, quando o escalador, ainda preso na ancoragem, aplica um solavanco no aparelho de rapel, para verificar se tudo está devidamente preso. Somente após esse teste, ele inicia o procedimento de descida pela corda.



Figura 2: Rapel

Às vezes, durante a descida, o escalador precisa parar para recolher algum equipamento, desprender a corda de obstáculos ou até mesmo corrigir a sua trajetória. Nesses momentos também podem ser gerados solavancos.

Lembre-se que durante o rapel você está preso a um único sistema de ancoragem, com a corda sob tensão, e, às vezes, ainda com o atrito da rocha, valendo assim a máxima do “mínimo impacto no sistema”.

### 4.3. Queda do escalador-guia

Quando as forças são dinâmicas, as forças de pico são bem maiores que as forças estáticas. Por isso, usamos sistemas de ancoragem que, integrados à corda e com a atuação do segurador, formam o sistema de segurança global da escalada, que tem o objetivo de parar vagarosamente o escalador, evitando assim que as forças de pico atinjam níveis causadores de danos físicos e de equipamentos (veja figura 3, pág. 8).

A força de pico atingida por um escalador em queda ocorre em uma fração de segundo, no mesmo tempo em que ocorre a força de pico no segurador. Em praticamente 1 segundo após a queda, todo o sistema atinge o repouso.

De forma geral, muita coisa acontece, e rápido, durante uma queda. Isso nos dá a falsa impressão de que tudo está fora do controle. E o que pode ser feito é o segurador travar a corda o mais rápido e forte possível.

Entretanto, outras coisas podem ser feitas, como a montagem adequada do sistema de segurança e maior atenção do segurador durante a escalada do escalador guia.

Teoricamente, aplicando-se conhecidas fórmulas para calcular todas as forças envolvidas durante uma queda, os valores obtidos são bem altos. Na prática, essas forças atingem valores mais baixos, pois há uma série de variáveis, difíceis de equacionar, como o tipo e a espessura da corda, o número e o tipo de proteções, a geometria da via e a absorção de energia por nós e aparelhos de segurança, que trazem essas forças para níveis mais baixos.

Vamos analisar as forças nos três pontos envolvidos nesse triângulo: o segurador, a última ancoragem e o escalador-guia.

**Segurador:** Numa situação estática, uma mão pode aplicar uma força de 0,18 kN por 1 segundo, o que seria insuficiente no caso de uma queda. Para dar uma “mãozinha” a essa mão, utilizamos aparelhos de segurança, que nada mais são que multiplicadores de força de atrito.

A força de pico na corda do segurador pode atingir até 3 kN, com pequeno deslizamento da corda. Essa força pode ser reduzida em até 15% caso o segurador desloque seu próprio corpo até 1 metro para frente, na direção da força. Esse procedimento também ajuda a reduzir a energia da queda sentida pelo escalador.

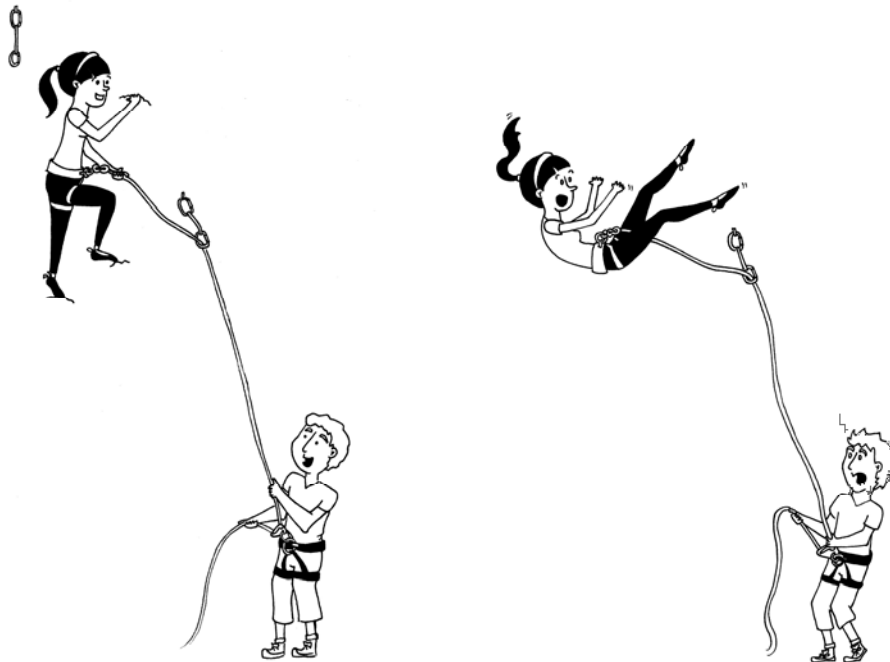


Figura 3: Escalada guiada

Então, sair correndo para trás no momento da queda pode até parecer uma boa estratégia, mas na maioria dos casos só aumenta as forças de pico, pois haverá as somas do solavanco do escalador-guia em uma ponta com o solavanco do segurador na outra, fazendo aumentar a força de pico na última ancoragem e, conseqüentemente, sobrando mais energia para o guia.

Aqui vale a pena fazer uma observação sobre os aparelhos de segurança. Os denominados autoblocantes, como o Grigri, tendem a travar a corda rapidamente, sem deixá-la correr um pouco. Podem ser confortáveis para o segurador, mas fazem com que sobre mais energia e força à última ancoragem e ao escalador-guia.

Muitas vezes, o uso desse tipo de equipamento é justificado pelo fato de o segurador ter pouca experiência ou de se sentir inseguro para segurar o escalador-guia em queda. Seria como se esses aparelhos fossem à prova de falhas. Mas não o são, principalmente em relação a falhas de manuseio.

Bem, o que vemos então é que realmente o papel do segurança é fundamental durante um evento de queda e que, quanto mais experiente ele for, melhor será o seu procedimento. Nesse caso, ampliar a sua capacidade técnica de manuseio de outros equipamentos e de alguns nós vai ajudá-lo a melhorar suas habilidades de segurador.

**Escalador-guia:** A força na corda no escalador-guia terá o valor equivalente a 150% da força aplicada na corda do segurador. Esse valor maior se deve ao atrito da corda com o mosquetão na última ancoragem.





O corpo humano pode suportar uma força de até 12 kN. A partir desse valor, ele pode sofrer danos – para se ter uma ideia do que isso significa, imagine-se deitado com um cobertor de 1.200 quilos sobre você. Por isso, uma norma da Federação Internacional de Montanhismo e Escalada (UIAA) determina que as cordas de escalada devam ser construídas de forma a absorver a maior parte da força da queda, transmitindo para o escalador uma força abaixo desse valor suportado por ele. Essa característica é chamada de força de impacto e vem declarada na embalagem da corda, juntamente com seu comprimento, diâmetro e gramatura. As cordas modernas têm força de impacto de 8 kN, em média.

**Última ancoragem:** Quanto mais corda e pontos de proteção houver entre o segurador e o escalador, maior será a absorção de energia por esses elementos, e menor será a força de pico.

A última ancoragem sofrerá a soma da ação de duas forças – a da corda do segurança e a da corda do escalador-guia – que em um sistema simples, com uma única ancoragem, pode atingir até 7,5 kN.

Para termos uma ideia do que seria essa força, se essa ancoragem estiver em uma chapeleta bem fixada, sua carga máxima será de 25 kN. Já um equipamento móvel do tipo “cam” suporta 14 kN. Nuts médios/grandes entre 4 e 10 kN.

## 5. CONSIDERAÇÕES

Na verdade, a força da queda é absorvida um pouco por cada parte do sistema de segurança: pelo corpo do segurador, sua cadeirinha, nó, deslocamento do segurador, deslizamento da corda, corda, proteções, nó do escalador, cadeirinha do escalador e, finalmente, pelo corpo do escalador.

Mas é importante ressaltar que o maior responsável pela absorção de energia em todo o sistema é a corda. E para que toda a capacidade de absorção da corda seja aproveitada, é fundamental que haja pouco atrito entre ela e as proteções colocadas. Aqui, atrito não é um bom amigo.

Depois da atuação de todos esses elementos e forças durante a queda, a força que é sentida pela corda do escalador-guia equivale a 150% a força da corda do segurador. Esse aumento se deve ao atrito da corda com as proteções colocadas e à última ancoragem.

## 6. CONCLUSÕES (ou dicas importantes)

1. Cheque seus equipamentos básicos de escalada, verificando se estes estão em boas condições de uso. Na dúvida, substitua-os. Verifique sua cadeirinha, corda, capacete, sapatilha, fitas e cordeletes, mosquetões, costuras, aparelhos de segurança e de descida e proteções móveis.
2. Verifique a sua cadeirinha e a do seu segurador. Antes de escalar, certifique-se de que o cinto de ambos está colocado corretamente e que as alças das pernas estão corretas – às vezes, as alças estão torcidas, e você acaba vestindo-as errado. Também veja se as fitas de sua cadeirinha estão sendo passadas corretamente pelas fivelas (e com uma volta para trás em alguns modelos), de modo que não haja chances de ela abrir em caso de uma queda.
3. Amarre-se na ponta da corda de escalada com um nó oito. Conclua com um nó de back-up, usando a ponta que sobra. Tanto o escalador guia quanto o segurador devem verificar seus nós e se estes estão corretamente ligados. Também verifique se a corda está passada através da presilha das pernas e do cinto da cadeirinha. Não se distraia enquanto faz o nó.
4. Verifique o número de proteções na via. Não confie cegamente na contagem de proteções do croqui. Geralmente é uma boa ideia adicionar uma costura extra. Também verifique se há a necessidade de costuras mais longas, que diminuem o atrito da corda.
5. Verifique o comprimento da rota e o comprimento de sua corda. Certifique-se de que a sua corda de escalada é longa o suficiente para completar a via com segurança e voltar para a base. Sua corda deve ter, pelo menos, o dobro do comprimento da via. Amarre a outra ponta da corda no segurador, ou, no mínimo, dê um nó nesta ponta.
6. Faça uma boa leitura da via antes de sair do chão. Verifique se há seções cortantes ou com platôs.
7. Leve um mosquetão ou uma fita de abandono. Antes de subir, pergunte-se se há a possibilidade de você não completar a via. Se tiver que descer a partir de uma única proteção, verifique se esta tem boas condições. Nunca passe a corda diretamente pelo olhal da chapeleta – isso pode danificar ou até mesmo cortar a sua corda!
8. Segurador: fique, o tempo todo, atento ao guia enquanto este escala! Não se distraia com outras coisas. A queda ocorre em uma fração de segundos e a sua atuação, como visto, é muito importante para minimizar as forças atuantes nesse momento.



## BIBLIOGRAFIA

*The Mountaineering Handbook: Modern Tools and Techniques That Will Take You to the Top*, de Craig Connally, Ragged Mountain Press e The McGraw-Hill Company (2005)

*Mountinnering: The Freedom of The Hills*, de Steven M. Cox e Kris Fulsaa, The Mountaineers Books, 7ª edição (2003)

## CONTATOS

Federação de Montanhismo do Estado de São Paulo - FEMESP  
[www.femesp.org](http://www.femesp.org)

Associação Paulista de Escalada Esportiva – APEE  
[www.apee.com.br](http://www.apee.com.br)

Confederação Brasileira de Montanhismo e Escalada - CBME  
[www.cbme.org.br](http://www.cbme.org.br)

Casa de Pedra  
[www.escaladaindoor.com.br](http://www.escaladaindoor.com.br)

90 Graus Escalada Esportiva  
[www.90graus.com.br](http://www.90graus.com.br)

Brasil Adventure Sports  
[www.facebook.com/pages/Brasil-Adventure-Sports/252181521510586](https://www.facebook.com/pages/Brasil-Adventure-Sports/252181521510586)

Cadena Escalada Esportiva  
<http://cadenaescalada.blogspot.com.br/>

