A INTRODUÇÃO DOS GRAMPOS DE TITÂNIO NO BRASIL

(Atualizado em 16/10/2012 com resultados dos testes de tração – ver pags 13-18)

André Ilha & Miguel Freitas

Sumário: *este artigo aborda o início da utilização de grampos de titânio como proteção fixa em vias de escalada à beira-mar na cidade do Rio de Janeiro e é dividido em três partes. Na primeira, André Ilha fala dos precedentes que levaram à opção por este tipo de proteção, e todo o histórico de sua introdução nas falésias cariocas. Na segunda, Miguel Freitas discute as características técnicas dos grampos de titânio e a possibilidade de se utilizar estes mesmos grampos batidos por compressão, como os tradicionais grampos de meia polegada brasileiros, o que, além de simplificar muito o seu uso, garante a continuidade da abertura de novas vias no estilo tradicional, de baixo para cima. Por fim, André Ilha mostra o passo-a-passo de como fixá-los com cola, o método para o qual eles foram originalmente desenvolvidos.*

Aspectos históricos

André Ilha

Quando, na primeira metade da década de 1990, descobrimos o potencial para escaladas com proteção móvel nas inúmeras falésias de Barra de Guaratiba e adjacências, colocou-se com mais urgência um antigo problema: que tipo de proteções fixas usar onde estas se fizessem necessárias?

Grampos de aço comum ficam podres com grande rapidez devido à ação da maresia, a tal ponto que, em poucos anos, eles podem desaparecer por completo, deixando para trás apenas feias marcas de ferrugem abaixo de onde estavam instalados. Grampos pintados duram um pouco mais, e os anodizados mais ainda, mas ainda assim a sua vida útil é muito curta, exigindo trocas regulares que consomem muito tempo, energia e dinheiro, e produzem novas cicatrizes e manchas na pedra, prejudicando a qualidade estética das vias onde são necessários.

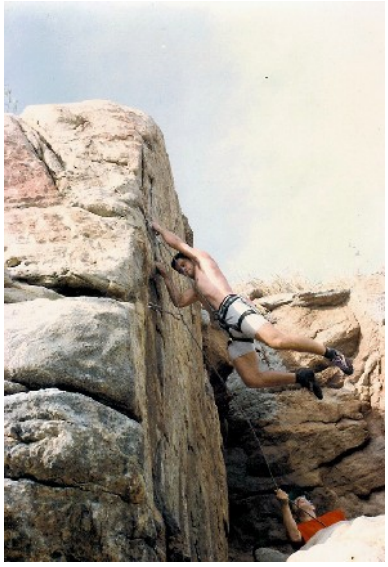
Por esta razão, quando, a partir de 1995, eu e alguns amigos passamos a abrir sistematicamente novas vias na região com vistas à criação de um variado centro para treinamento no uso de equipamentos móveis na cidade do Rio de Janeiro, optamos por só usar como proteção fixa, quando necessária, grampos de aço inoxidável de meia polegada, que são tão resistentes às quedas quanto os grampos de aço comum, porém, em tese, deveriam apresentar durabilidade muito maior à corrosão. Na verdade, tínhamos a expectativa de que tais grampos fossem apresentar uma duração indefinida, "eterna", aliando segurança, estética e economia de tempo e dinheiro no longo prazo,

ainda que num primeiro momento a despesa fosse consideravelmente maior do que se grampos comuns tivessem sido utilizados.

Ocorre que em algum momento da década passada tivemos notícias, num primeiro momento sem muito alarde, de falhas súbitas de chapeletas de aço inoxidável instaladas em falésias próximas ao mar (como as escaladas de Barra de Guaratiba) em locais distantes como a Tailândia e as Ilhas Cayman Brac. A imprevisibilidade de tais falhas e a rapidez com que ocorreram em certos casos deixaram a todos perplexos, e muita discussão e pesquisa teve início então sobre suas possíveis causas. Isso acendeu uma luz de alerta aqui, mas havia muitas perguntas por responder antes de uma medida mais drástica ser adotada: teriam sido os acidentes no exterior causados por alguma reação química entre o aço inox das chapeletas e a rocha calcária onde elas estavam instaladas? Seria o aço utilizado nas chapeletas menos resistente à corrosão marinha do que aquele usado nos grampos brasileiros? Teria sido simplesmente uma falha de fabricação?

Enquanto tais discussões ainda estavam em curso, sem qualquer posição conclusiva a respeito, ocorreu, em novembro de 2009, uma falha de um grampo de inox em Barra de Guaratiba. Um escalador, bombeiro militar, caiu guiando na via *Frango de Macumba*, aberta em julho de 1997, nas Paredes de Cima da Falésia dos Orixás. O grampo de aço inox, para sua surpresa, quebrou, mas o escalador foi felizmente detido, ileso, pouco antes de atingir o chão, pelo grampo de baixo, que funcionou normalmente.

Imediatamente divulguei um alerta pela lista de discussão da Federação de Montanhismo do Estado do Rio de Janeiro (FEMERJ), recomendando extrema cautela na utilização de tais proteções, mas ainda não havia evidências suficientes que justificassem a medida extrema de interdição total das vias próximas ao mar com grampos de inox e, além disso, aguardávamos, por um lado, por informações conclusivas das pesquisas no exterior e, por outro, pelas conclusões de um grupo de trabalho instituído pela própria FEMERJ para estudar o assunto.



O Escalador Marcos Madeira guiando a via *Frango de Macumba*. Foto: André Ilha

No entanto, antes de se firmar um entendimento a respeito, um segundo acidente, desta vez na via *Exu*, aberta em fevereiro de 1997 nas mesmas Paredes de Cima da Falésia dos Orixás, eliminou qualquer resquício de dúvida: em 17 de fevereiro de 2011 o terceiro grampo de aço inox da via, batido, portanto, há 14 anos antes, quebrou somente com o peso do corpo do escalador Henrique Farias, que caiu livre até a base, fraturou a mão e fissurou uma vértebra e teve que ser resgatado de helicóptero. Assim que tomei conhecimento deste fato, escrevi novamente para a lista da FEMERJ, com solicitação de replicação para as demais listas de discussão sobre montanhismo em todo o país, desta vez desaconselhando por completo a utilização de tais proteções até que viessem a ser substituídas por outras mais confiáveis.

André Ilha na conquista da via *Exu*. Foto: Fernando Barroso

Toco quebrado de um grampo de inox que falhou apenas com o peso do corpo do escalador na via *Exu* nas Paredes de Cima, Falésia dos Orixás, Barra de Guaratiba, Rio de Janeiro.

Foto: André Ilha

Tal proteção já existia, na forma dos grampos de titânio, material virtualmente imune à corrosão marinha, independentemente do tipo de rocha onde esteja instalado, que tinha um modelo para uso com cola chamado "Tortuga" comercializado pela pequena empresa *Ushba Mountain Works*, de Jim Bowes, que desenvolveu os Tortugas originais com o engenheiro aeroespacial Mike Shelton, da *Ball Aerospace and Technologies Corporation*, e com John Byrnes, outro engenheiro escalador. Infelizmente Bowes vendeu a empresa e, devido a uma imensa e abrupta elevação no preço destes grampos, que chegaram ao estratosférico patamar de US$35 por unidade – sem contar as despesas com a cola e apetrechos diversos – sua produção foi descontinuada pelos novos donos em 2002, deixando um vazio importante.

Grampo de titânio "Tortuga" original da *Ushba Mountain Works*. Imagens do *site* da empresa.

A resposta para este problema crucial foi dada por escaladores americanos com o mesmo problema, que ainda precisavam de proteções confiáveis para suas vias à beira-mar em locais como Tailândia, Cayman Brac (uma das Ilhas Cayman, no Caribe), Cuba, Havaí etc.. Josh Lyons, escalador do Colorado, cabeça do "Thaitanium Project", o grande projeto coletivo de recuperação de todas as vias esportivas nas paradisíacas praias tailandesas (ver em http://thaitaniumproject.com/), pediu ao mesmo Jim Bowes que redesenhasse os Tortugas, com alterações mínimas sobre o modelo original da Ushba, de forma a permitir sua produção em menor escala, e reuniram um pool de interessados em torno do mundo para encomendar 1.000 grampos de titânio Grau 2 (considerado o melhor para este fim), do tipo Tortuga, de ⅜", à empresa americana *United Titanium Inc*. (UT), que os produziu a US$10 por unidade, um preço absolutamente razoável.

Grampo de titânio americano, do tipo Tortuga, produzido pela *United Titanium Inc.* (3/8" x 8,5 cm). Foto: André Ilha

Paralelo a isto, Mike Richardson, escalador havaiano, produziu de forma artesanal dois modelos de grampos de titânio em "U", ou seja, sem solda e, portanto, fáceis de serem feitos. Tratam-se simplesmente de vergalhões de titânio do tipo 6AL4V dobrados, com roscas nas pontas para melhor aderência à cola vertida nos buracos. São modelos bem simples, que resistiram nos testes a 25.000 libras de força.

Grampos de titânio em "U" ("*staples*") americanos. Fotos: André Ilha

Este momento coincidiu com a minha decisão de substituir, em minhas próprias vias à beira-mar, os inadequados grampos de inox ou de aço comum por outros de titânio, mas não sabia ainda como adquiri-los. Mas Flávio Wasniewski, escalador carioca que há longos anos mora no Canadá, e que juntamente com Henrique Varella havia sido o meu parceiro mais constante, no final dos anos 90, no chamado "Projeto Guaratiba", entrou em cena e, por indicação de Greg Barnes, da American Safe Climbing Association (ASCA), com quem discutira o assunto "titânio", chegou a todo o grupo que já lidava com o material. Assim, adquiriu e me enviou uns 15 grampos Tortugas da UT e três ou quatro grampos em "U" de Mike Richardson, para conhecimento e testes no Rio de Janeiro. Enviou, também, toda a parafernália necessária para aplicá-los com cola: pistola MD-2500, da Hilti; cartuchos de cola HIT-RE 3500, também da Hilti; bicos plásticos sobressalentes; uma escovinha especial para perfeita limpeza dos buracos etc..

Passei então, com amigos diversos, a proceder lentamente às primeiras regrampeações com grampos de titânio no país, enquanto Miguel fazia testes de tração com grampos deste tipo fixados em paralelepípedos, nos laboratórios da PUC/RJ. Uma das primeiras vias a ser recuperadas foi, simbolicamente, a *Exu*, nas Paredes de Cima da Falésia dos Orixás, em Barra de Guaratiba.

Grampo de titânio americano fixado na via *Exu* nas Paredes de Cima, Falésia dos Orixás, Barra de Guaratiba, Rio de Janeiro. Os primeiros foram fixados com o olhal para cima, mas, depois, optou-se por usá-los com o olhal para baixo. Foto: André Ilha

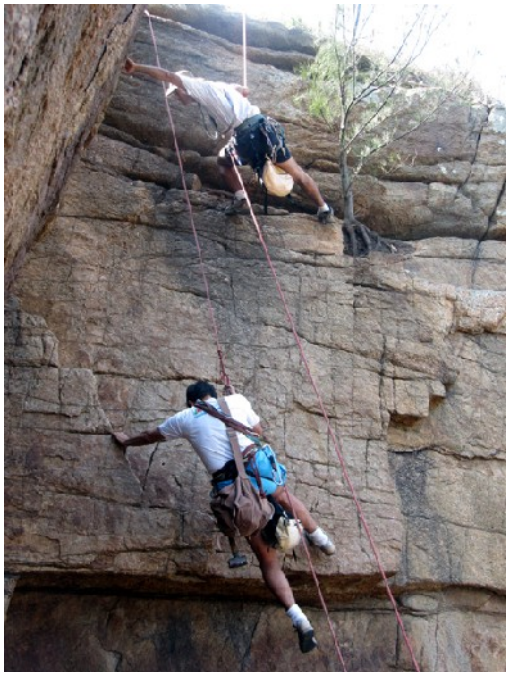
Rapidamente concluímos que este era o caminho, e eu quis entrar no novo *pool* de escaladores que encomendariam grampos de titânio à *United Titanium*. Infelizmente, porém, a empresa havia calculado mal os custos de produção na primeira vez, amargou um prejuízo e informou que só poderia voltar a produzi-los a US$15 por unidade, e assim mesmo desde que assegurada uma encomenda mínima de 1.000 peças.

Isto levou Martin Roberts, escalador britânico também ligado ao Thaitanium Project, que é casado com uma tailandesa e possui uma casa na Baía de Ao Nang, a procurar uma nova alternativa mais barata, o que o levou à empresa chinesa *Weipeing International HK Enterprise Ltd.*, de Hong Kong, que fechou contrato para produzi-los, com base nas mesmas especificações, a US$9 por unidade. Uma vez mais Flávio Wasniewski fez toda a intermediação, e desta forma pude importar 200 grampos Tortugas chineses, cuja haste é de 10 mm de espessura (em vez de ⅜", como nos grampos americanos) e um pouco mais curta: 7,5 cm, em vez dos 8,5 cm dos grampos da UT).

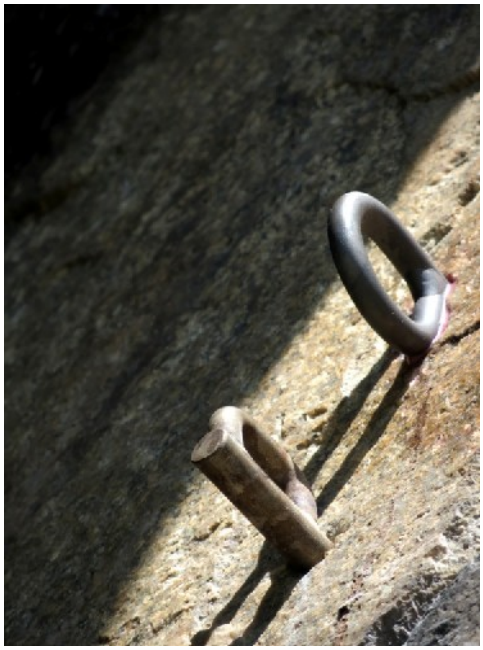
Grampo de titânio chinês, do tipo Tortuga, produzido pela *Weipeing International HK Enterprise Ltd.* (10,07 mm x 7,5 cm). Foto: André Ilha

Além disso, Martin mandou uma amostra de seis grampos aleatoriamente retirados do lote chinês de 1.000 peças para testes no *Sheffield Testing Laboratories* Ltd. (www.sheffieldtesting.com/), conceituado laboratório de testes de materiais situado em Sheffield, Inglaterra. Os testes provaram que os grampos não apenas atendiam às especificações requeridas por aqueles escaladores, mas, também, se fosse o caso, que estes grampos receberiam a chancela da União Internacional de Associações de Alpinismo (UIAA), caso não fosse tão dispendioso contratar este serviço naquela prestigiosa entidade.

Desde então, comecei a trocar sistematicamente todos os grampos de proteção de inox existentes em minhas vias em Barra de Guaratiba e em outras falésias à beira-mar da cidade por estes grampos de titânio chineses. No momento do fechamento deste artigo, todas as minhas vias na falésia da Praia do Pepino e no Pico do Perigoso já foram regrampeadas com grampos de titânio, assim como algumas das Paredes de Cima da Falésia dos Orixás.



André Ilha e Miguel Freitas nas primeiras regrampeações de vias com grampos de titânio nas Paredes de Cima, Falésia dos Orixás, Barra de Guaratiba, Rio de Janeiro. Fotos: Cristine Cury



Grampo de titânio chinês fixado, com o olhal para baixo, ao lado de outro de inox na Fissura Stalingrado, Pico do Perigoso, Barra de Guaratiba, Rio de Janeiro. Foto: André Ilha

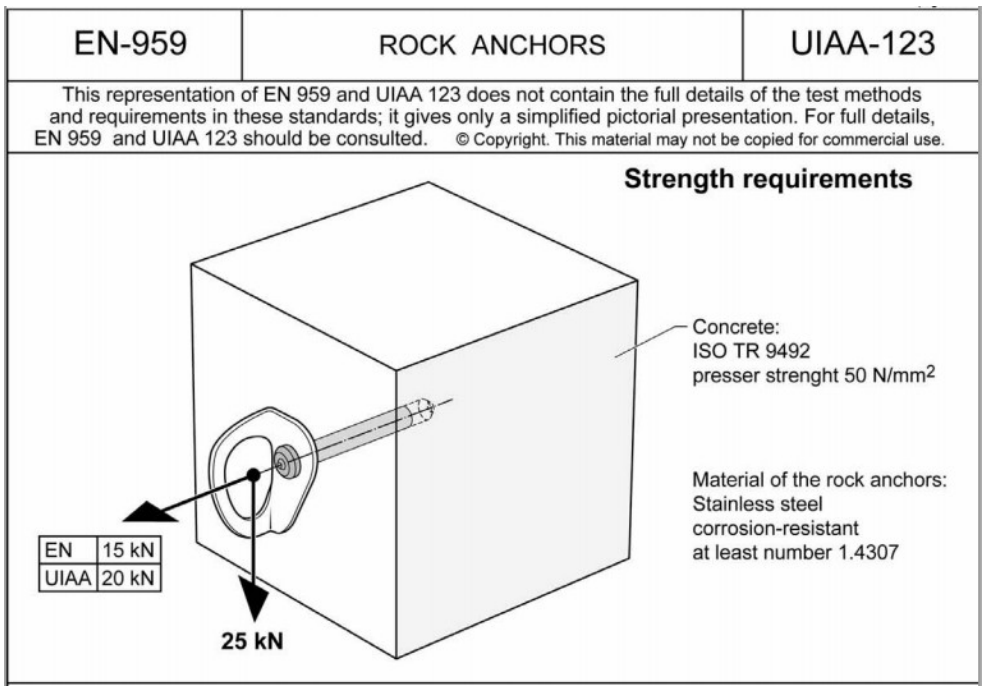
Este processo se estenderá ainda por um longo tempo, mas o caminho agora está traçado, e é irreversível.

A investigação do uso do grampo de titânio por compressão

Miguel Freitas*

A fixação química (cola) utilizada nas grampeações com grampos de titânio na Tailândia e em Cayman Brac (Ilhas Cayman) apresenta vantagens técnicas, mas também limitações importantes, quando comparada ao sistema tradicionalmente utilizado no Brasil. Destaca-se, como desvantagens da fixação química: (1) a necessidade de esperar a cola secar/curar antes de utilizar o grampo, o que praticamente inviabiliza o seu uso em novas conquistas; (2) o custo elevado da cola Hilti e do kit aplicador; e (3) todas as dificuldades operacionais observadas nas regrampeações-piloto.

O padrão da União Internacional de Associações de Alpinismo (UIAA) exige que uma proteção fixa resista a 20kN de força axial (teste de "pull-out") [1], isto é, uma força na direção de arrancar o grampo da pedra, equivalente a 2 toneladas-força. Já a norma européia EN-959 exige apenas 15kN de força axial. Para a força transversal ("shear"), ou seja, a direção de força que seria esperada no caso de uma queda em uma parede vertical, o padrão UIAA é mais exigente, 25kN. A figura abaixo [2] representa estas exigências (obs.: esta imagem não pode ser usada com propósitos comerciais).



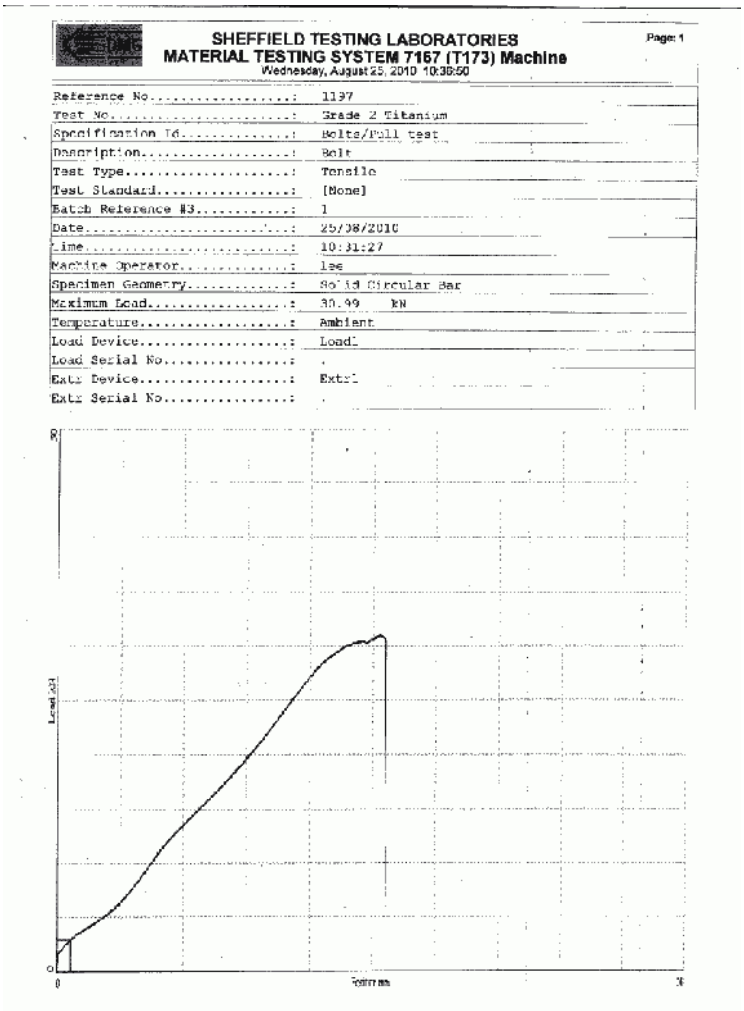
Representação simplificada das normas EN-959 e UIAA-123.

Um estudo realizado em 1999 com os grampos de aço carbono utilizados no Brasil por guias do Clube Excursionista Carioca [3], mostrou que **a força mínima transversal da norma somente é atendida no caso em que os grampos são batidos com o olhal para baixo**. Não obstante, devido à falta de certificação do processo de soldagem, estes grampos são tradicionalmente utilizados com o olhal para cima. **A evidência empírica, isto é, o histórico de mais de 50 anos de uso, com milhares de grampos de 1/2 polegada resistindo às mais variadas quedas sem histórico de falhas, corroboram a prática dos escaladores brasileiros**. As exceções conhecidas se restringem aos grampos de ⅜" [4] (que não são adequados), grampos com corrosão avançada e aos grampos inox com trincas [5] (caso Barra de Guaratiba). Não se pretende aqui reproduzir a discussão de [3] sobre posicionamento do olhal, mas basta lembrar que, caso o grampo com olhal para cima estivesse realmente subdimensionado quanto à sua resistência transversal, deveria ser bastante comum encontrar grampos entortados nas vias – ao menos naquelas com maior número de quedas.

Os grampos de titânio que chegaram ao Brasil em 2012 utilizam barras de cerca de 10mm de diâmetro, ou seja, mais finos do que os tradicionais grampos de aço carbono de ½" (12.7mm). **Contrariando o senso comum, o titânio não é necessariamente um material super-resistente em comparação ao aço carbono.** Por exemplo, o limite de escoamento de um titânio grau 2 (275 - 410MPa) não é muito diferente de um aço carbono 1030 (260MPa) ou 1060 (372MPa) [7]. É fato que o titânio é significativamente menos denso e possui propriedades de resistência à corrosão excepcionais, mas quanto ao posicionamento do olhal ele está, basicamente, sujeito às mesmas considerações dos grampos brasileiros. Há porém diferenças importantes: (1) o grampo de titânio tem apenas 1 solda, ao contrário da maioria dos grampos P brasileiros; (2) o processo de soldagem é padronizado, realizado por uma única empresa em condições controladas; e (3) **a mais recente recomendação dos engenheiros responsáveis pelo projeto do grampo Tortuga de titânio é que ele seja utilizado com o olhal para baixo**.

Testes realizados no laboratório *Sheffield Testing* (Inglaterra) pelo escalador Martin Roberts encontraram valores de **31-34kN de resistência transversal no grampo de titânio**. O gráfico de um destes testes é reproduzido na próxima página.

Estes resultados são bastante semelhantes aos obtidos no estudo de 1999 [3] para **grampos de aço carbono de 1/2" com olhal voltado para baixo (cerca de 35kN)**. Nesta configuração, tanto os grampos brasileiros quanto o grampo de titânio excedem, com folga, a especificação da UIAA.



SHEFFIELD TESTING LABORATORIES
MATERIAL TESTING SYSTEM 7167 (T173) Machine
Wednesday, August 25, 2010 10:36:50

Page: 1

Reference No.....:	1197
Test No.....:	Grade 2 Titanium
Specification Id.....:	Bolts/Pull test
Description.....:	Bolt
Test Type.....:	Tensile
Test Standard.....:	[None]
Batch Reference #3.....:	1
Date.....:	25/08/2010
Time.....:	10:31:27
Machine Operator.....:	lee
Specimen Geometry.....:	Solid Circular Bar
Maximum Load.....:	30.49 kN
Temperature.....:	Ambient
Load Device.....:	Load1
Load Serial No.....:	.
Ext: Device.....:	Ext:1
Ext: Serial No.....:	.

Teste do grampo de titânio em carregamento transversal.

O estudo das proteções fixas de 1999 [3] não analisou quantitativamente a resistência à tração axial dos grampos de aço carbono. **A resistência da fixação química, porém, é reconhecidamente superior à fixação mecânica, seja ela por compressão ou expansão**. Esta afirmação é demonstrada em um estudo do DAV (o Clube Alpino Alemão) [6]. Neste estudo, os **grampos colados resistiram a mais de 40kN no teste axial**. Nos testes, os grampos arrebentavam fora da pedra, isto é, a resistência da cola era superior à resistência do próprio grampo e não pôde ser determinada. **Para os grampos com fixação mecânica (expansão) o resultado típico da resistência axial foi acima de 30kN**, com algumas exceções como uma chapeleta Long Life Petzl que ficou abaixo de 20kN. Todos os testes atenderam à norma EN-959, escolhida como critério de aceitação no trabalho [6].

Após esta breve introdução, retoma-se a motivação inicial deste artigo (as limitações práticas da fixação química) para se colocar a seguinte questão: **é possível utilizar os grampos de titânio da mesma forma que os grampos brasileiros são utilizados, isto é, por fixação mecânica (compressão)?** A pergunta não admite respostas apressadas.

Primeiramente é preciso analisar a prática atual dos grampos batidos por "compressão", que é um processo tipicamente brasileiro e diferente dos mecanismos de expansão utilizados no exterior. **A evidência empírica novamente favorece a experiência brasileira, ainda que não sejam conhecidos estudos específicos sobre a força axial necessária para arrancar os grampos P**.

O princípio da fixação mecânica baseia-se na geração de forças transversais no interior da rocha contra o eixo do grampo. Estas forças podem ser geradas por mecanismos de expansão, como em "parabolts" e "cunhas reversas", ou por interferência. Denomina-se "interferência" quando uma peça maior é colocada (forçadamente) dentro de uma menor. Obviamente, ao menos uma das duas peças terá que ceder e deformar, produzindo tensões entre elas.

Atualmente, muitos escaladores brasileiros têm adotado como prática para colocação de grampos P em furos feitos por furadeira a utilização de duas brocas com diâmetros diferentes, uma de 12 e outra de 13mm (valores nominais). A parte do furo de 13mm apenas guia o grampo, sem fornecer resistência à tração axial, permitindo que a compressão ocorra apenas no interior da rocha e não próximo à superfície. É a parte do furo de 12mm que produz a interferência e realmente "prende" o grampo. É importante destacar que embora a broca tenha 12mm nominais, a ponta de vídia apresenta cerca de 12.3mm na diagonal, **o que produz uma interferência de aproximadamente 0.4mm para fixação do grampo de 12.7mm**. Outra técnica também utilizada é a colocação de palhetas de alumínio para produzir a interferência necessária.

Para se entender como o grampo de titânio se comportaria em uma fixação por compressão, é necessário destacar outro fato a respeito dos grampos brasileiros: um resultado secundário observado no trabalho de 1999 [3] para **grampos inox foi que eles apresentaram menor resistência de fixação (tração axial) quando comparados ao aço carbono**. O efeito dos grampos inox "escorregarem" foi repetidamente observado. Naquele trabalho, porém, a fixação realizada era aço-aço e não aço-rocha. Em conversas com alguns escaladores experientes, que já retiraram tanto grampos comuns quanto inox em regrampeações em rocha, tal fato foi também observado. O que leva à seguinte conclusão: **a qualidade da fixação do grampo por compressão, para uma mesma interferência, depende do material do grampo**.

Caso fossem conhecidas as propriedades relevantes do material para determinar a qualidade da fixação por compressão seria possível realizar uma comparação objetiva entre o grampo de titânio e o de aço carbono. Os parâmetros mais relevantes parecem ser o coeficiente de atrito, por motivos óbvios, o limite de escoamento do material, que é a maior tensão para a qual ele apresenta uma deformação elástica e o módulo de Young. Abaixo do limite de escoamento, o material funciona como uma mola, o que pode contribuir para manter uma força perpendicular na parede do furo. A dureza desta mola é dada pelo módulo de Young.

Já o coeficiente de atrito precisa ser determinado para o par de materiais, no caso, metal-rocha. Diferentes rochas apresentam diferentes coeficientes de atrito e a

forma mais eficiente de encontrar este coeficiente é testando. **O titânio, de modo geral, é um material que apresenta alto atrito na literatura** [8], porém, segundo John Byrnes (um dos escaladores envolvidos com o projeto de regrampeação com titânio) o grampo seria revestido naturalmente de TiO2, que seria um óxido de baixo atrito.

Abaixo são listadas algumas propriedades (relevantes?) para o aço carbono (boa fixação), aço inox (fixação pior, mas suficiente) e titânio (desconhecido). A comparação não parece ser conclusiva. É interessante notar que **o titânio possui Módulo de Young significativamente menor, ou seja, para uma mesma deformação, em milímetros, a força será menor na mola de titânio**.

	Aço 1030	Aço Inox 316L	Titânio Grau 2
Limite de escoamento	260 MPa	380 MPa	275 - 410 MPa
Módulo de Young	200 GPa	193 GPa	105 GPa

Mesmo com toda esta teoria, a prática é o teste definitivo de fixação do grampo de titânio. Para comprovar a viabilidade desta proposta, foram realizados três ensaios de "pull-out" com grampos fixados em blocos de granito (paralelepípedos). Os testes são descritos a seguir:

Teste 1: Grampo de titânio chinês, haste de diâmetro aproximado de 10.3mm batido em um furo feito com broca de 10.03mm (**0.27mm de interferência**). **Carga máxima (antes de sair da rocha): 6.5kN**. A figura a seguir mostra o grampo após o teste. O grampo está solto e pode ser retirado com a mão. A trinca mostrada na figura é superficial, não sendo o fator determinante no teste de tração.

Grampo de titânio em furo de 10.03mm: carga máx 6.5kN.

Teste 2: Grampo de titânio chinês, haste de diâmetro aproximado de 10.3mm batido em um furo feito com broca de 9.95mm (**0.35mm de interferência**). **Carga máxima: 22kN**. A figura a seguir mostra o grampo após o teste. A área branca na base

do grampo mostra a pequena quantidade de haste que saiu da pedra quando a fixação cedeu (cerca de 1cm). Não foi possível bater este grampo até o final, devido à elevada interferência (furo feito com apenas um diâmetro de broca). O grampo ainda encontra-se razoavelmente bem preso, não é possível retirá-lo com a mão. Este grampo foi batido com o dispositivo que é descrito no final do artigo.

Grampo de titânio em furo de 9.95mm: carga máx 22kN.
Grampo batido com o dispositivo descrito no final do artigo.

Teste 3: Grampo inox de 1/2" batido em furo feito com duas brocas, metade em 13mm e metade em 12mm (valores nominais das brocas), **fixação "Padrão Ilha"**. **Carga máxima: 26kN**. A figura abaixo mostra o grampo após o teste, que foi interrompido devido à ruptura do olhal na solda. A haste chegou a sair cerca de 1cm para fora do furo, porém o grampo novamente "pegou carga" até a ruptura final do olhal.

Grampo inox de 1/2", fixação Padrão Ilha: carga máx 26kN. A haste chegou a sair cerca de 1cm do furo e depois o olhal partiu.

Observa-se que os dois últimos testes atendem tanto a norma EN-959 (15kN) quanto a norma UIAA (20kN) no teste tração axial. O teste 3 é mostrado aqui como referência da fixação de grampos de 1/2" atualmente utilizado. **O teste 1 apresentou interferência insuficiente para uma proteção fixa. O teste 2 mostra que a fixação do grampo de titânio por compressão, com interferência suficiente, é adequada para uso em escalada.**

Após os testes animadores quanto à fixação do grampo de titânio por compressão, uma dúvida tão (ou até mais) importante se coloca: **como reagiria o material (titânio) às marretadas necessárias à colocação do grampo? Isso poderia causar danos à sua estrutura?**

Esta pergunta pode ser colocada em termos da "deformabilidade" ou "maleabilidade" do material. Mais relevante do que a resistência é a facilidade ou não com que o material quebra. É possível que um material seja extremamente resistente, porém estilhace como o vidro quando submetido a um choque mecânico. Aqui entra a questão fundamental da "liga" utilizada: **o titânio "grau 2" é considerado titânio puro (99.2%) e é maleável. Já o titânio "grau 5" é uma liga com 90% de titânio, apresentando características de um material bem mais quebradiço** (embora com limites de escoamento bem superiores, mais do que o dobro).

Duas características principais podem ser comparadas para se ter uma idéia de quão quebradiço é o material: o alongamento na ruptura (quanto ele deforma antes de romper, quanto maior melhor) e o fator de Charpy ou Izod (duas metodologias diferentes). Estes fatores são determinados em testes padronizados com um "pêndulo" lançado contra o material para medir a quantidade de energia que o material absorve durante a fratura. Novamente, no caso do grampo que deve suportar melhor as marretadas sem trincar, quanto maior o fator de Charpy ou Impacto de Izod, melhor.

Para efeito de comparação são apresentados os valores não apenas do aço e do titânio, mas também do duralumínio usado em mosquetões Petzl. É de conhecimento geral dos escaladores que o duralumínio é um material leve, resistente, porém não suporta os choques e pancadas (daí a necessidade de se aposentar um mosquetão que caia batendo na pedra).

	Aço 1020	Aço 1030	Aço 1060	Titânio Grau 2	Alumínio 7075-T6
Alongamento na ruptura	36%	20%	22%	20%	11%
Izod	123 Joules	69 Joules	11 Joules	114-171 Joules	6.1 Joules [9]

Segundo estes parâmetros, o titânio grau 2 parece ser comparável em termos de "maleabilidade" aos aços mais "macios" (1020 e 1030) que são utilizados nos grampos P. O aço 1060 foi incluído para comparação, pois ele é realmente mais duro/quebradiço.

A maleabilidade do grampo de titânio também fica evidente nas imagens enviadas pelo escalador Martin Roberts após o teste de tração na Inglaterra. É possível verificar que os grampos apresentaram grande deformação antes de romper, o que é uma ótima característica.

Alongamento dos grampos de titânio após o teste de ruptura na Inglaterra. À direita há um grampo original, sem deformação, para comparação.

O fabricante dos grampos de titânio chineses (*Weipeing International HK Enterprise Ltd.)* emitiu um certificado de sua composição, garantindo o "grau 2", conforme mostrado na figura a seguir.

宝鸡市虹华有色金属有限公司

钛材合格证书

QUALITY CERTIFICATA OF TIANIUM PRODUCT

ISO 9001:2000 生产许可证：XK27-006-00022 证书编号 (Certificate))/28508

合同号 Contract No	牌号 Designation NO.	炉批号 Lot No.	交货状态 Condition	规格 (mm) Size	数量 (片) Quantity(pc)	重量 (KG) Net weight	技术条件 Specification
3484/4AS H12196	GR2	7082	M	M10	/	120	ASTM B 348
化学成分 Chemical Composition %							其他元素 (Others)
Fe	C	N	H	O	AL	V	单个 (Each)<0.1
0.08	0.05	0.02	0.009	0.1	/	/	总和(Total)<0.4
\	\	\	\	\	\	\	
备注 Remarks						检验结论：合格 Conclusion:acceptable	

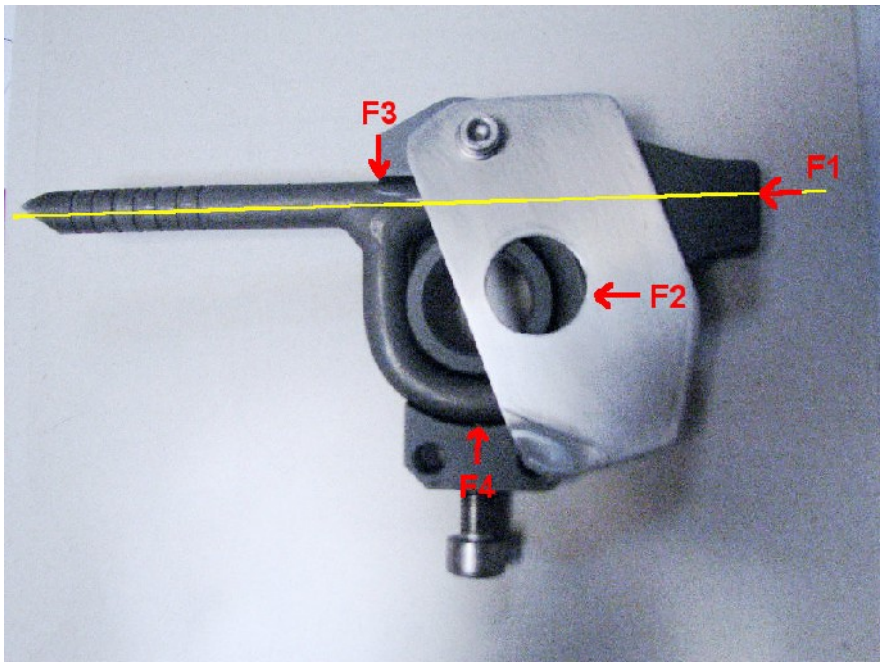
质检：陈 主管：张 签章： 2011.12.10

Certificado de composição fornecido pelos chineses.

Observação: Recomenda-se que o teste de composição química seja repetido no Brasil para confirmação.

Há ainda um obstáculo para que os grampos de titânio sejam batidos/marretados: ao contrário dos grampos P brasileiros, **o grampo de titânio não possui uma cabeça alinhada com o seu eixo para receber o impacto**. Assim, duas coisas podem acontecer quando o grampo é batido: (1) o olhal pode deformar, achatando; e (2) o grampo tenderia a entortar sua haste. Em ambos os casos o efeito não é o desejado, pois a energia da marretada é perdida sem que o grampo seja obrigado a entrar no furo. Com a haste do grampo torta, torna-se muito difícil forçá-lo a entrar até o final do furo.

Para resolver o problema de bater tais grampos de titânio, foi desenvolvida uma peça que permite direcionar o impacto das marretadas. Assim, espera-se que a energia seja usada precisamente para forçar o grampo para dentro do furo, como ocorre com o grampo P tradicional que recebe as marretadas em seu eixo principal. O dispositivo foi fabricado em aço 4340 com tratamento térmico que dá 38-42HRc de dureza. A foto a seguir mostra o dispositivo pronto com um grampo encaixado.



Dispositivo para bater o grampo de titânio.

Uma análise estática simples explica o funcionamento do dispositivo: quando a força da marretada F1 é aplicada, ela será transferida para o grampo no ponto de contato marcado pela força F2. Como F1 e F2 não estão alinhadas, haverá uma tendência de o dispositivo rodar em torno do grampo (momento). Este momento de rotação é compensado com a aplicação da força no ponto F3. Esta força gera, porém, outro problema, uma tendência de empurrar o grampo para baixo, separando grampo e dispositivo. O equilíbrio é então completado com a adição de mais uma força, F4, que mantém as duas peças unidas. Com a solução do equilíbrio estático, verifica-se que não há amplificação das forças (F2, F3 e F4 não são maiores do que F1). A peça permite

então a aplicação da marretada de forma alinhada com o eixo do grampo, identificado pela linha amarela.

Como o grampo de titânio chinês apresenta um diâmetro de aproximadamente 10.3mm pode ser necessário realizar mais testes para definir a interferência ideal para sua adequada fixação. Os testes apresentados neste trabalho sugerem que **a fixação com 0.35mm de interferência (broca de 9.95mm) já seria adequada, atendendo as normas de segurança EN-959 e UIAA-123 (mais de 20kN de resistência à tração axial).**

A interferência de 0.3-0.4mm, porém, impede que o grampo seja batido sem o dispositivo mostrado acima. Sem o dispositivo, simplesmente não é possível aplicar a força necessária para colocar o grampo dentro do furo com tamanha interferência. Além disso, deve-se estabelecer também um novo procedimento de duas brocas, idêntico ao utilizado para grampos de 1/2", permitindo acomodar variações de dureza da própria rocha.

Apesar de não possuir representatividade estatística que permita maiores extrapolações, uma vez que apenas 3 ensaios foram realizados, acreditamos que este é o primeiro resultado publicado sobre a qualidade da fixação do grampo "P" usado no Brasil. Ainda que a qualidade da fixação possa depender (e muito) da experiência e do cuidado do conquistador, o mesmo também poderia ser dito a respeito de qualquer outro tipo de proteção fixa. O importante aqui é destacar que um grampo "P" brasileiro bem batido, assim como grampo de titânio fixado por compressão, atendem as normas EN e UIAA do teste de "pull-out".

---

* *O autor é escalador, Guia de Montanha do Clube Excursionista Carioca (CEC), engenheiro elétrico e Doutor em Eletromagnetismo Aplicado. Em termos de mecânica/metalurgia é apenas um curioso, portanto, as informações deste artigo não devem ser consideradas "definitivas".*

Referências:

[1] UIAA (International Mountaineering and Climbing Federation) – UIAA 123 'ROCK ANCHORS' - Baseada na norma EN 959.

[2] http://www.hamradio.si/~s51kq/photo_album/Climbing_and_Mountaineering/pdf_climbing/UIAA/PictUIAA123-EN959RockAnchors.pdf

[3] Marcelo Roberto Jimenez e Miguel Freitas - Estudo sobre as Proteções Fixas Utilizadas no Brasil – Curso de Formação de Guias, Clube Excursionista Carioca, 1999. http://www.carioca.org.br/2010/08/estudo-sobre-as-protecoes-fixas-utilizadas-no-brasil-grampos/

[4] Grampo de 3/8" quebrado por queda de guia na via Italianos, Pão de Açúcar. Informativo do Carioca, Ano 59 – Número 2 – Março/2005. http://www.carioca.org.br/infos_pdf/2005_02_mar.pdf

[5] Grampo de inox se parte e coloca em dúvida a resistência do material em vias junto ao mar - noticias FEMERJ, 2011. http://www.femerj.org/noticias/noticias/193-grampo-de-inox-se-parte-durante-escalada-em-guaratiba-e-coloca-em-duvida-a-resistencia-do-material-em-vias-junto-ao-mar

[6] DAV (German Alpine Club) – Bohrhaken (Grampo) – Deutscher Alpenverein e.V., 2007. http://www.alpenverein-bw.de/downloads/dav_bohrhaken.pdf

[7] Folhas de especificação de materiais:

Titânio Grau 2 http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MTU020

Titânio Grau 5 http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MTP641

Aço Carbono 1030 http://www.matweb.com/search/datasheettext.aspx?matid=6911

Aço Carbono 1060 http://www.matweb.com/search/datasheetText.aspx?bassnum=M1060F

Aço Inox 316L http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MQ316R

Alumínio 7075 http://www.crptechnology.com/sito/images/PDF/Aluminum%207075-T6-7075-T651.pdf

[8] Titanium Information Group, Titanium and Titanium Alloys - Wear Behaviour and Lubrication. http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2617

[9] Alcoa – Development of Aluminum Base Alloys, Section III – Alcoa Research Laboratories, 1966. http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=AD0487764

PASSO A PASSO DA COLAGEM DE UM GRAMPO DE TITÂNIO

André Ilha

Apresentaremos aqui, com ilustrações, como se fixar um grampo de titânio com cola, na forma para a qual eles foram originalmente projetados. Os equipamentos necessários são:

1. furadeira elétrica, com broca de calibre um pouco superior ao do grampo a ser fixado;
2. "pistola" para aplicação de cola MD-2500, da Hilti:
3. bicos plásticos sobressalentes para esta pistola, uma vez que a cola endurece muito rapidamente dentro dos bicos em uso;
4. fita veda-juntas, para se colocar na rosca da pistola e, assim, evitar que o bico plástico fique excessivamente preso;
5. alicate, para soltar os bicos que ainda assim fiquem muito presos à ponta da pistola;
6. cola HIT-RE 3500, da Hilti;
7. ducha ginecológica comprida, que antigos escaladores brasileiros chamavam de "fuc-fuc", para soprar a poeira de dentro dos buracos sem deixar umidade;
8. escovinha comprida especial, também da Hilti, para perfeita limpeza dos buracos, já que não pode haver poeira ou umidade nos mesmos, sob pena de comprometer a eficiência do processo de colagem;
9. pano para limpeza do excesso de cola que sai do buraco quando o grampo é inserido nele;
10. marreta e talhadeira, para cavar um pequeno sulco onde ficará assentado o olhal do grampo, para que este não gire no buraco (servem também para se arrancar os grampos velhos de aço inox ou comum a serem substituídos); e
11. durepoxi, para se fechar os buracos dos grampos velhos arrancados, reduzindo assim o impacto visual das cicatrizes.

Equipamento para regrampeação com grampos de titânio colados.

Escolha um local o mais liso possível e faça o furo com uma furadeira elétrica. Marque a broca previamente com esparadrapo ou fita colorida até aonde deve ser feito o furo.

O buraco deve ser limpo com algo que não leve para ele umidade, como acontece com sopradores. Uma ducha ginecológica, tamanho grande, faz muito bem este serviço.

Para melhor desempenho do processo de colagem, o buraco deve estar realmente muito bem seco e limpo. Alterne o uso da ducha com uma escovinha, para remover todas as partículas de pó.

Para que não haja risco de o olhal do grampo rodar depois de aplicada a cola (o que não prejudicaria a segurança, mas causaria uma má impressão...), faça uma pequena canaleta abaixo do furo, onde o olhal ficará assentado.

Grampo perfeitamente assentado na canaleta. O olhal fica voltado para baixo.

Retire o bico antigo da pistola de cola. Se ele estiver muito preso, use um alicate.

Antes de colocar um bico novo, coloque um pouco de fita veda-junta na rosca da pistola. Isto fará com seja muito fácil retirar o bico da próxima vez.

Aplique a cola no buraco. Encoste o bico da pistola no fundo do buraco e aperte o gatilho até o fim uma vez. Isto talvez já coloque cola suficiente no buraco; se não, aplique mais um pouco em seguida.

Limpe a cola que escorreu do bico na canaleta, para melhor fixação do olhal.

Colocada a cola no buraco e na canaleta, introduza o grampo, girando-o no final para furar eventuais bolhas de ar que tenham ficado na cola.

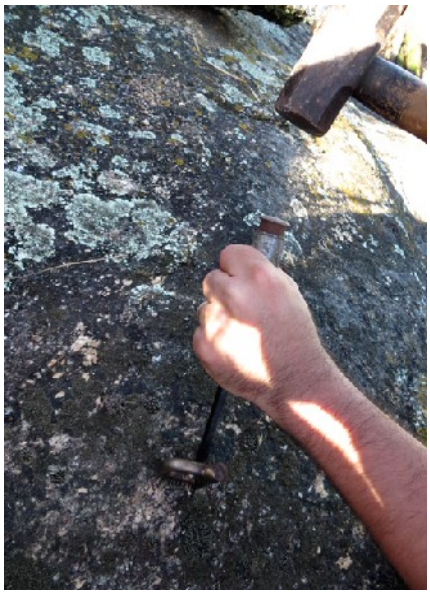
Quando o grampo tiver sido perfeitamente assentado no buraco, haverá um excesso de cola, maior ou menor, para fora do buraco.

Retire o excesso de cola primeiro com o dedo, mesmo, e depois complete a limpeza com um pano. Depois de seca, a cola muda de cor: passa de rosa a um castanho-claro bem discreto.

Aspecto do grampo já batido. Em dias quentes, a cola pode ficar seca em até 6 horas. Por precaução, é melhor não usar os grampos no mesmo dia em que forem fixados.

Grampo de titânio em “U” fixado.

Às vezes há um grampo antigo a ser substituído.



Para arrancá-lo com mais facilidade, faça uma pequena incisão com uma talhadeira de cada lado do grampo.

Em seguida, marrete-o de um lado para o outro até que se quebre.

O local ficará com esta aparência.

Tape então o buraco com durepoxi, por uma questão estética e para cobrir eventuais farpas metálicas.

Para um serviço mais caprichado, coloque pedrinhas no durepoxi ainda mole, e o buraco ficará, em geral, bem mimetizado com a rocha à sua volta.

ANEXO I

LINKS DE INTERESSE

Artigo "Titânio – Corrosão e Propriedades de Superfície" (http://www.infomet.com.br/metais-e-ligas-conteudos.php?cod_tema=10&cod_secao=14&cod_assunto=96) - Infomet

Artigo "Titânio e suas ligas" (http://www.infomet.com.br/metais-e-ligas-conteudos.php?cod_tema=10&cod_secao=14&cod_assunto=113) - Infomet

Thaitanium Project: http://thaitaniumproject.com/

Grampos de titânio "Tortugas" originais, da Ushba Mountain Works: http://www.ushba.com/catalog/rock.html#tortuga

Passo a passo da instalação de grampos Tortugas, da Ushba: http://www.ushba.com/catalog/tortuga.htm

ANEXO II

ALERTAS SOBRE FALHAS DE GRAMPOS INOX NAS LISTAS DE DISCUSSÃO NA INTERNET

ROMPIMENTO DE GRAMPO INOX EM VIA À BEIRA-MAR (23/11/2009)

Olá a todos,

Parece brincadeira, mas na semana em que há um imenso debate na lista sobre a questão da proteção fixa de vias à beira-mar com grampos ou chapeletas inox, com a conclusão genérica de que estes seriam preferíveis aos de aço comum, recebi a péssima notícia (e o pedaço junto!) de que um grampo da via Frango de Macumba, em Barra de Guaratiba, quebrou com uma pequena queda de guia.

O pedaço (olhal) do grampo está disponível para que se possa fazer um teste em laboratório próprio para que se determine que a ruptura se deveu a um efeito como SCC ou "pitting" (parece-me que são esses os nomes), que ocorreria em proteções de inox em ambientes de alta salinidade, ou se por coincidência seria uma falha de material ou soldagem ou outra causa qualquer.

Seja como for, antes mesmo de haver uma posição conclusiva a respeito, e por mais que isto seja triste, eu me senti no dever de divulgar este fato para que os escaladores decidam se querem continuar usando estas vias ou não até que se tenha a tal posição conclusiva. Peço, aliás, que este e-mail seja enviado a todas as listas de escalada conhecidas, por medida de segurança.

Como proteções de aço comum não duram nada e deixam marcas pavorosas na rocha, além de acabarem saindo mais caras e trabalhosas no médio prazo (1 grampo de inox = 3 grampos de aço comum, mais ou menos), e sobre as de inox agora pesam esta suspeita, a única solução possível seria empreendermos uma campanha de regrampeação das vias à beira-mar, aqui, em Niterói e onde mais elas existirem, com os caros grampos de titânio da Ushba - solução cara, trabalhosa e demorada, mas talvez a única possível para a manutenção para sempre deste patrimônio de todos nós.

Concluo lembrando que para vias longe do mar os grampos de inox são excepcionais, e na minha opinião, a melhor opção, pois sua duração será imensa e sem este tipo de risco.

Abraços,

André Ilha

QUEBRA DE GRAMPO INOX À BEIRA-MAR! (18/2/2011)

Olá a todos,

Ontem aconteceu um acidente de rapel em Barra de Guaratiba, motivado pela quebra de um grampo inox na via Exu. Não sei o nome do acidentado, mas sei que ele teve fratura do pulso e escoriações, e felizmente nada mais grave.

Só que, considerando que é o segundo acidente deste tipo lá com grampos inox, e considerando ainda os relatos de problemas semelhantes em outras partes do mundo, é com pesar - porém agora sem hesitação - que digo que as vias que dependem de grampos inox lá e em todas as demais falésias à beira-mar devem ser interditadas ou, no mínimo, postas sob forte suspeição (já que eu arranquei grampos lá para teste e pela dificuldade em arrancá-los vi que eles ainda estavam bons).

Isso coloca um problema gigantesco para todos nós, pois grampos de aço comum têm uma durabilidade muito pequena no ambiente à beira-mar, além de deixarem marcas horrorosas de ferrugem quando se vão, o que é péssimo para a pedra, e grampos de inox estão efetivamente sujeitos a falhas inesperadas mesmo quando aparentemente bons, o que é péssimo para a segurança dos escaladores. Portanto, para aquelas vias que exigem grampos (felizmente muitas podem ser feitas apenas com equipamento móvel, e grampos de topo substituídos por paradas móveis), a única saída confiável parece ser mesmo os grampos de titânio da Ushba. O problema é que eles, que já eram caríssimos, ficaram ainda mais depois da elevação do preço do titânio no mercado internacional, e precisamos ver agora como está isso.

Muitas vias minhas e de outras pessoas tornam-se inacessíveis agora, mas paciência, pois este fato é muito grave.

Lembro, no entanto, que isto NÃO afeta as vias distantes do mar, sendo tais grampos ainda excelentes nesta situação.

Peço que esta mensagem seja repassada para todas as listas e sites de escalada em todo o país, antes que tenhamos uma fatalidade.

Abraços,

André Ilha