



RELATÓRIOS CIENTÍFICOS E TÉCNICOS

SÉRIE DIGITAL

**TECNOLOGIA DA PESCA: CARACTERIZAÇÃO DE CABOS
REAIS PARA PESCA A GRANDE PROFUNDIDADE**

Victor Henriques



2007

35



Os **RELATÓRIOS CIENTÍFICOS E TÉCNICOS DO IPIMAR** destinam-se a uma divulgação rápida de resultados preliminares de carácter científico e técnico, resultantes de actividades de investigação e de desenvolvimento e inovação tecnológica. Esta publicação é aberta à comunidade científica e aos utentes do sector, podendo os trabalhos serem escritos em português, em francês ou em inglês.

A **SÉRIE COOPERAÇÃO** destina-se, primordialmente, à divulgação de trabalhos realizados com países terceiros no âmbito de programas de cooperação.

A **SÉRIE DIGITAL** destina-se a promover uma consulta mais diversificada e expedita dos trabalhos na área da investigação das pescas e do mar.

Edição

IPIMAR
Avenida de Brasília
1449-006 LISBOA
Portugal

Corpo Editorial

Francisco Ruano - Coordenador
Aida Campos
Fátima Cardador
Irineu Batista
Manuela Falcão
Maria José Brogueira
Maria Manuel Martins
Rogélia Martins

Edição Digital

Anabela Farinha/Irineu Batista/Luís Catalan

As instruções para os autores estão disponíveis no “site” do IPIMAR w.w.w.ipimar.pt ou podem ser solicitadas aos membros do Corpo Editorial desta publicação.

Capa

Luís Catalan

ISSN

1645-863X

Todos os direitos reservados.

TECNOLOGIA DA PESCA: CARACTERIZAÇÃO DE CABOS REAIS PARA PESCA A GRANDE PROFUNDIDADE

Victor Henriques

Departamento de Tecnologia da Pesca e Prospecção – IPIMAR
Av. Brasília 1449-006 LISBOA
Email: victorh@ipimar.pt

Recebido em 2006.11.29

Aceite em 2007.01.23

RESUMO

Os cabos reais desempenham uma função importante nas operações de pesca de arrasto, particularmente quando a pesca se desenvolve a grandes profundidades, dado que a utilização de elevados comprimentos passa a gerar uma fracção relevante, não só da força total aplicada aos cabos e guinchos de arrasto, como da resistência hidrodinâmica gerada no arrasto.

Neste trabalho descrevem-se os diferentes tipos de composição dos cabos de aço utilizados como cabos reais. Para este tipo de aplicação analisam-se as características de funcionamento de maior importância, destacando-se a carga de ruptura e a resistência à corrosão, atrito e fadiga.

São discutidas formas de limitar o diâmetro dos cabos para minimizar as forças geradas na pesca de profundidade sem que tal afecte o tempo de vida útil destas estruturas ou a segurança de trabalho a bordo. É destacada, também, a importância do correcto posicionamento e dimensões dos equipamentos auxiliares dos cabos reais a bordo e da manutenção para a maximização da vida útil dos cabos reais.

Palavras chave: Pesca, Arrasto, Cabos de aço, Cabos reais.

ABSTRACT

Title: Fishing technology: characterization of warps to deep-water trawling.

Warps are structures that play an important role in trawling, in particular when they are used in deepwater fishing. Under these circumstances the high lengths of rope involved are responsible for a strong increase of the total forces on warps and winches and also for the hydrodynamic forces generated in trawling.

In this report the differences of composition of steel wire rope types when used as warps are described. For this purpose, the most important rope characteristics are analyzed with an emphasis on the minimum breaking force as well as on the corrosion, abrasion and fatigue resistances.

Ways of limiting rope diameters in order to minimize the forces induced in deepwater trawling without affecting both the service life expectancy of warps and the working safety on board, are also discussed. The importance of the correct dimension and position of auxiliary equipments on fishing deck as well as of the maintenance service to extend the service life of warps is underlined.

Keywords: Fishing, Trawling, Steel wire ropes, Warps.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

HENRIQUES, V., 2007. Tecnologia da pesca: caracterização de cabos reais para pesca a grande profundidade. *Relat. Cient. Téc. IPIMAR, Série digital* (<http://ipimar-iniap.ipimar.pt>) n°35, 38 p.

1 - INTRODUÇÃO

De um modo geral, o funcionamento dos métodos de captura usados na pesca comercial é baseado na manobra de estruturas físicas, as artes de pesca, imersas no meio marinho, operando sobre os fundos ou na coluna de água. Estas estruturas são sempre operadas a partir dos navios através de cabos, em particular durante as fases de calagem e a alagem, sendo a correcta utilização destes componentes uma das condições necessárias para a efectuação da pesca.

A importância que os cabos, em geral, desempenham nas operações de pesca e a necessidade de promover a segurança de trabalho a bordo, exige que a sua utilização resulte de uma correcta selecção prévia dos parâmetros técnicos que os caracterizam. No caso particular da pesca de arrasto, o comportamento dos cabos reais assume elevada importância pela influência que exercem no posicionamento das portas de arrasto e na profundidade admissível de operação.

No arrasto praticado a profundidades reduzidas, as forças geradas pelos cabos reais são de baixo valor quando comparados com aqueles gerados pelas redes e portas de arrasto. Neste caso, torna-se possível, até certo ponto, sobredimensionar tanto o diâmetro dos cabos usados como o comprimento armazenado nos guinchos, sem implicar alterações operacionais significativas a bordo. Porém, na operação a grandes profundidades, a exigência de elevados comprimentos de cabo real tem como consequências não só um aumento muito significativo das forças hidrodinâmicas e do peso gerados, que passam então a ser importantes na operação de pesca, como, também, um aumento da complexidade do seu manuseamento a bordo.

Estas dificuldades implicam a operação de arrasto utilizando uma relação entre profundidade envolvida e comprimento de cabo com valores reduzidos, pelo que será importante que estes possam ser estabelecidos em função dos parâmetros que regulam o seu funcionamento: a velocidade de arrasto, a profundidade de operação e as forças transmitidas pelas artes. Estas condições de operação adversas tornam menos fiável a prática de arrasto quando baseado, apenas, no conhecimento empírico, sendo importante o uso de métodos analíticos no apoio ao funcionamento dos cabos reais.

2 – OBJECTIVOS E METODOLOGIA

Este trabalho tem como objectivo reunir informação técnica e analisar os vários factores que podem afectar a operacionalidade e o tempo de vida útil dos cabos de aço usados como cabos reais, em particular quando estes têm de ser projectados para operar em arrasto de grande profundidade, dada a elevada importância que assumem no exercício deste tipo de pesca. Pretende-se discutir aspectos teóricos e práticos da utilização destes componentes do arrasto, centrando-se nos parâmetros que possibilitem aos utilizadores optar pelo dimensionamento, manutenção e operação mais correctos.

Para tal, de início, procede-se neste relatório a uma descrição geral das características de construção mais importantes que apresentam os tipos de cabo de aço usados em cabos reais na pesca.

Numa segunda fase faz-se uma análise das características mecânicas dos cabos de aço e do uso dos seus equipamentos de manobra localizados no convés, orientada para a minimização das diferentes formas de degradação que afectam estas estruturas.

Por fim, realiza-se uma discussão de características dos cabos de aço que possam melhorar o desempenho dos cabos reais no caso específico da sua operação em pesca de grande profundidade, e procura-se salientar, também, os procedimentos mais correctos que possam ser adoptados pelos utilizadores quanto à sua manutenção.

3 – COMPOSIÇÃO DOS CABOS DE AÇO

Do ponto de vista geral, os cabos de aço devem considerar-se sistemas mecânicos complexos, constituídos por um elevado número de componentes flexíveis (os arames) que, apesar de entrelaçados, se podem deslocar entre si.

A constituição dos cabos de aço pode apresentar padrões geométricos muito diversificados em face da enorme variedade de áreas de actividade onde são aplicados. No caso da pesca, os arames usados são de secção circular, apresentando-se uniformemente agrupados em cordões, os quais se mantêm coesos através de torção, produzida em torno de um arame central. Por sua vez, os

cordões são, igualmente, enrolados entre si (cochamento), em torno de um cordão central, a alma ou madre, resultando na formação de uma estrutura única, como se apresenta na figura 1.

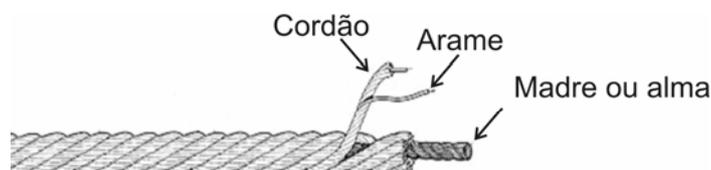


Figura 1 – Estruturação geral de um cabo de aço.

A análise que se segue incidirá, apenas, sobre as características dos cabos passíveis de utilização na pesca de arrasto, tendo em conta os objectivos estabelecidos para este trabalho.

No caso da pesca, os cabos apresentam cordões com arames dispostos em diferentes arranjos, sendo possível identificar 4 tipos básicos mais comuns, que se exemplificam na figura 2.

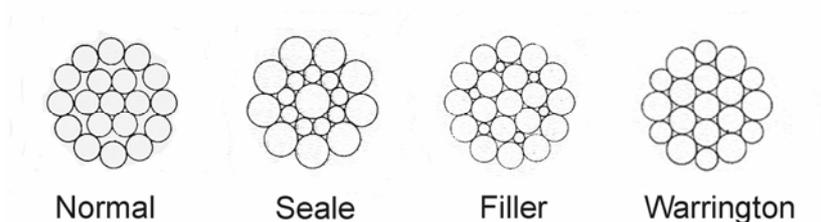


Figura 2 - Tipos de arranjos básicos em cordões de cabos usados na pesca.

Nestes arranjos pode-se salientar as seguintes características:

- Normal – Os cordões caracterizam-se por todos os arames terem o mesmo diâmetro;
- Seale – Os cordões distinguem-se por terem o mesmo número de arames nas duas camadas que o constituem, tendo maior diâmetro os que formam a camada exterior;
- Filler – Os cordões têm na camada exterior o dobro do número de arames da inferior, sendo aplicados arames mais finos entre estas camadas;
- Warrington – Os cordões têm na camada exterior o dobro do número de arames da inferior e utilizam-se arames de dois diâmetros.

É possível encontrar dois ou mais tipos de arranjos combinados num cabo, como são exemplo os

cabos Warrington Seale.

Os cabos reais podem utilizar-se com alma ou madre constituída por cordão em material têxtil, aço ou misto. Este componente dos cabos, tal como o nome indica, localiza-se na zona central do cabo e preservada de todo o contacto com o exterior. No caso das almas em aço, estas podem também ser constituídas por um cabo independente (Fig. 3).

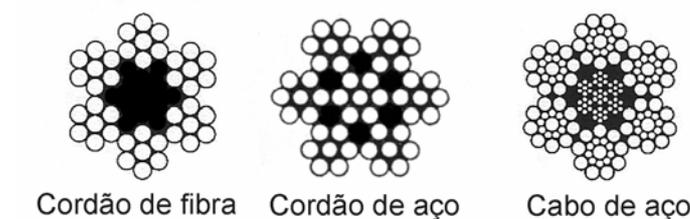


Figura 3 - Representação de tipos de almas usadas em cabos de aço.

Os cabos de aço mais usados no arrasto são constituídos por cordões de secção circular com arranjos do tipo Normal ou Seale, utilizando alma em fibra (Fig. 4).

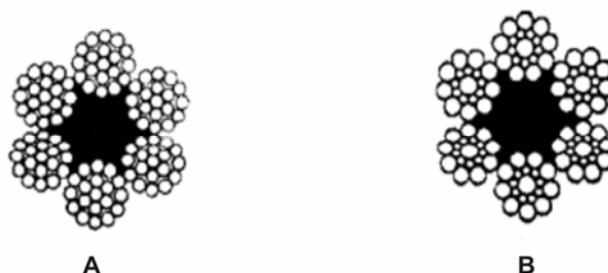


Figura 4 - Secção transversão de dois tipos de cabo mais utilizados como cabos reais.
A - Normal, B - Seale.

A torção dos arames ou cordões num cabo pode ser efectuada com dois sentidos diferentes, conferindo ao cabo propriedades distintas. Designa-se por Torção Direita (S) quando for executada no sentido dos ponteiros do relógio, e por Torção Esquerda (Z) no caso de produzida em sentido contrário.

Caso a torção dos cordões seja efectuada em sentido contrário à dos arames diz-se que o cabo tem torção do tipo Cruzado ou Regular. Quando o sentido de torção dos cordões coincide com o dos arames denomina-se por Torção Lang. Resulta, deste modo, que poderão ser produzidos quatro variedades de torção diferentes para um determinado tipo de cabo de aço (Fig. 5).

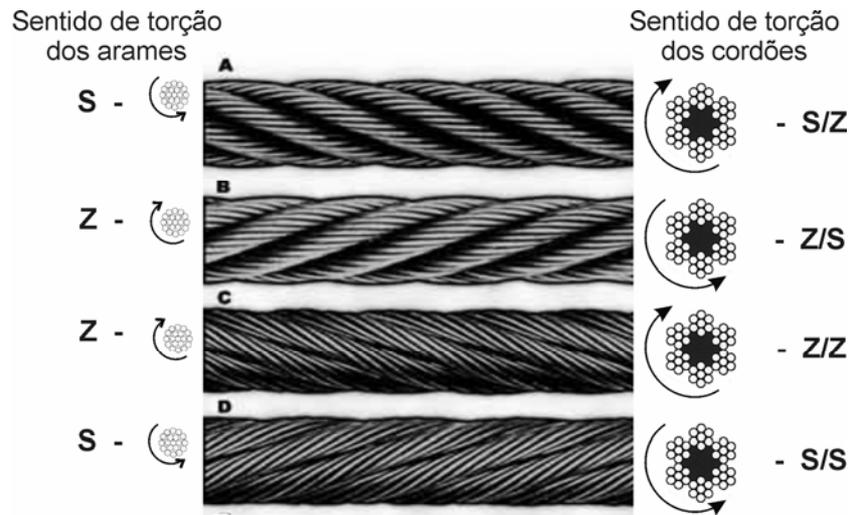


Figura 5- Tipos de enrolamento de arames e cordões usados num cabo de aço: A) Regular direito, B) Regular esquerdo, C) Lang direito, D) Lang esquerdo.

Os cabos de cochamento Cruzado são os mais utilizados por apresentarem menor tendência à distorção, apesar dos cabos Lang apresentarem maior flexibilidade e permitirem, também, maior superfície de apoio no seu contacto sobre a garganta de polias, opondo-se ao seu desgaste por fadiga e corrosão.

Para expressar o grau de torção dos arames de um cordão, ou dos cordões que compõem um cabo, utiliza-se o passo de torção (t), que expressa o comprimento do cordão ou do cabo ao longo do seu eixo, ocupado por uma volta. O valor deste parâmetro pode ser obtido usando a expressão seguinte:

$$t = \frac{d}{n} \quad (mm / volta) \quad (1)$$

A variável d (mm) expressa o comprimento ao longo do eixo ocupado por n voltas.

Esta propriedade pode quantificar-se, também, pelo grau de torção, parâmetro que permite expressar o número de voltas presentes no cordão, ou no cabo, por unidade de comprimento sobre o eixo.

A carga que é possível aplicar aos cabos é, também, estabelecida pela qualidade do aço dos arames através da resistência específica, parâmetro que, normalmente, se apresenta dividido nos seguintes intervalos ou classes:

- Comum - 1170 – 1370 N/mm² (120 – 140 kgf/mm²);
- Especial - 1370 – 1570 N/mm² (140 – 160 kgf/mm²);
- Super - 1570 – 1770 N/mm² (160 – 180 kgf/mm²);
- Extra - 1770 – 1970 N/mm² (180 – 200 kgf/mm²).

Apesar de ser comum a construção de cabos usando apenas arames com aço da mesma classe, são comercializados cabos que incorporam arames de mais de uma qualidade de aço (Royal Lankorst Euronete, 2005).

Na pesca é importante o uso de cabos galvanizados por retardarem o desgaste por corrosão provocado pela água salgada, meio bastante corrosivo para o aço. Neste tipo de acabamento, a camada superficial dos arames é, quase sempre, apenas constituída por zinco, embora também se possam adquirir cabos galvanizados em que este metal forma uma liga com o alumínio (entre 5 e 10%), para aumentar a sua resistência à corrosão (Cordoaria Oliveira Sá, 2005).

A especificação correcta dos cabos é importante por permitir referenciar, desde logo, algumas das suas características mecânicas básicas. Esta especificação pode efectuar-se por designação simbólica da sua composição, expressa numa linha de caracteres sucessivos, segundo regras estabelecidas (norma NP-1843, 1982). Para este fim, a designação pode ter uma forma abreviada ou completa se necessário.

Reportando-nos apenas à formação da designação abreviada, é de salientar que esta deve indicar, pela seguinte ordem:

- O diâmetro nominal (em mm) do cabo (em cabos redondos);
- O acabamento da superfície dos arames:
 - NAT - arame branco;
 - ZAA – arame zincado qualidade A;
 - ZAB – arame zincado qualidade AB;
 - ZBB – arame zincado qualidade B;
- O número de cordões;
- O número de arames por cordão;
- O tipo de construção do cabo: S – Seale; F – Filer; WR – Warrington; WS - Warrington-Seale, etc.;

- O tipo de madre: FC-Fibra natural ou sintética; WR – aço (ou WSC-cordão e WRC-cabo).

Para expressar cabos, cordões e arames de secção circular (aqueles que se utilizam na pesca), consideram-se formas designadas implicitamente, pelo que não têm símbolo atribuído. Na figura seguinte é apresentada, como exemplo, a designação abreviada de um cabo de aço.

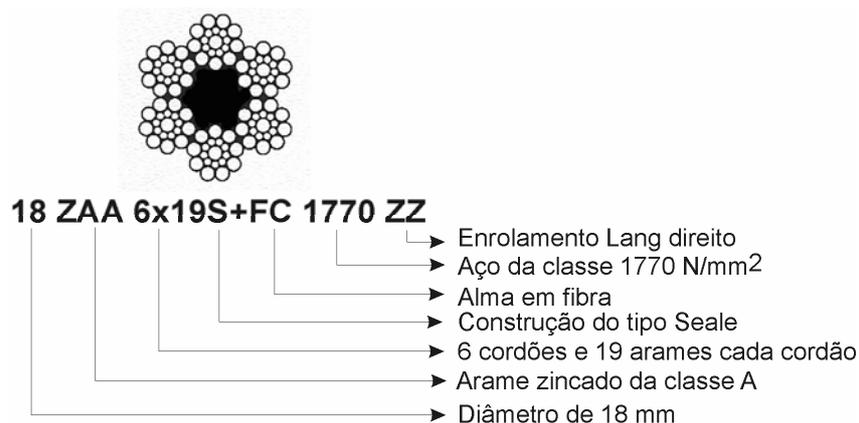


Figura 6 – Exemplo de designação abreviada de um cabo de aço.

O número de cordões e arames que podem formar um cabo de aço é variável. Na pesca de arrasto os cabos são formados, geralmente, por 6 cordões, sendo a configuração 6x19 com alma em fibra sintética a mais habitual em cabos reais.

Este número de cordões e arames constitui um bom compromisso entre a obtenção de uma secção de cabo suficientemente circular para uniformizar o desgaste por atrito produzido sobre a sua superfície e uma boa flexibilidade e resistência à abrasão, permitindo a maximização do tempo de vida útil destas estruturas.

4 – ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DOS CABOS DE AÇO PARA ARRASTO

A utilização de cabos de elevado comprimento em pesca para operar a grandes profundidades resulta no desenvolvimento de maiores esforços aplicados, pela acção conjugada do seu próprio peso e das forças hidrodinâmicas, que tornam mais difícil o exercício da pesca. Este facto implica que na definição dos cabos para operarem nestas condições particulares se torne

necessário seleccionar as características que minimizem os esforços gerados e, deste modo, reduzir os seus efeitos indesejados.

Deve atender-se, por outro lado, a que os cabos reais em arrasto fazem parte de um sistema de elevação específico, trabalhando em conjugação com os guinchos como elementos de força, cuja existência se destina praticamente à manobra das redes de arrasto, pelo que as dimensões e cargas projectadas para os cabos afectam as suas características operacionais. A figura 7 apresenta a correlação observada entre os vários factores importantes no estabelecimento deste sistema.

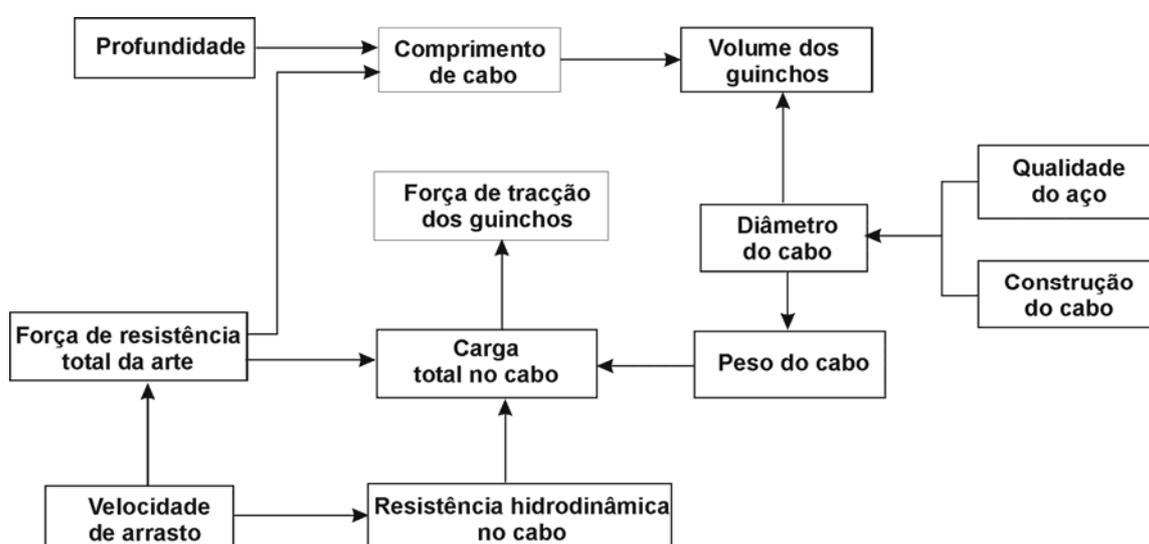


Figura 7 – Diagrama que apresenta a relação de factores a considerar no sistema de cabos reais existente nos arrastões.

Aos cabos de aço para aplicação em cabos reais são exigidas características específicas, e na sua selecção deve atender-se, em particular, aos seguintes factores:

- Carga de ruptura;
- Diâmetro nominal;
- Tipo de construção;
- Resistência à abrasão;
- Resistência à corrosão;
- Resistência à fadiga.

que a seguir se examinam em detalhe, com o objectivo de permitir uma melhor adequação destas estruturas à pesca de arrasto, com destaque para a operação a grandes profundidades.

4.1. - Carga de ruptura e diâmetro do cabo

O diâmetro e a carga de ruptura mínima dos cabos constituem os parâmetros de maior importância na definição dos cabos reais para operar em cada arrastão. A carga de ruptura (CR) é, por definição, a carga mínima necessária aplicar a um cabo durante um ensaio estático de resistência à tracção para que se dê a sua ruptura. Do ponto de vista prático, o diâmetro é seleccionado atendendo à carga de ruptura mínima (CRM) de cada tipo de cabo fornecida pelo fabricante e à carga máxima de utilização (CMU) estabelecida pelo utilizador.

Na relação entre estes dois valores é estabelecido um factor de segurança (FS) que visa garantir uma carga máxima de utilização aplicada ao cabo muito abaixo da sua tensão de ruptura:

$$CMU = \frac{CRM}{FS} \quad (2)$$

O factor de segurança tem implicações na prevenção de rupturas e na extensão do tempo de serviço do cabo, devendo o seu valor ser recomendado pelo fabricante. Para o tipo de aplicação aqui discutido é usual encontrar factores mínimos de 4 a 5.

Em grande parte das áreas de aplicação fora das pescas, os cabos são expostos a cargas com um comportamento quase estático, facto que facilita, em muito, a sua selecção e a elaboração de normas de segurança regulando aspectos de fabrico e utilização bem adaptadas às condições de operação a que se aplicam. Para estes casos, é suficiente que as cargas de ruptura apresentadas pelos fabricantes resultem apenas de ensaios estáticos de resistência à tracção, efectuados segundo procedimentos, igualmente, prescritos por normas.

De modo diferente, a carga a que os cabos reais são submetidos na pesca tem uma componente dinâmica muito importante, causada pelo deslocamento do cabo através da água em arrasto, pelos movimentos característicos de cada navio face às condições do estado do mar, pelas operações de calagem e alagem das redes e pela morfologia e natureza dos fundos sobre os quais as redes arrastam. Para este último caso, é de salientar, ainda, os picos de carga a que os cabos podem ser esporadicamente submetidos quando as redes ou portas prendem no fundo (presença de peguilhos). Deste modo, a grande variabilidade das cargas e a necessidade de garantir a segurança de trabalho no convés, torna muito importante nesta aplicação específica dos cabos respeitar os factores de segurança estabelecidos pelos fabricantes.

Na selecção de cabos reais, considerando a sua utilização em pesca a grandes profundidades, a

minimização do diâmetro é importante. A importância da limitação deste parâmetro resulta de depender dele, em grande parte, a minimização das forças geradas num cabo. Com efeito, apesar do aumento do diâmetro permitir o aumento da carga de ruptura, origina, de igual modo, um aumento proporcional do peso, dado serem ambos função directa da secção apresentada (NP-1844, 1982). Como exemplo, a figura 8 apresenta, para uma mesma construção (6x19S+FC), a variação da carga de ruptura nominal (Cr) e do peso (P) do cabo com o diâmetro, na qual se pode observar a semelhança de comportamentos.

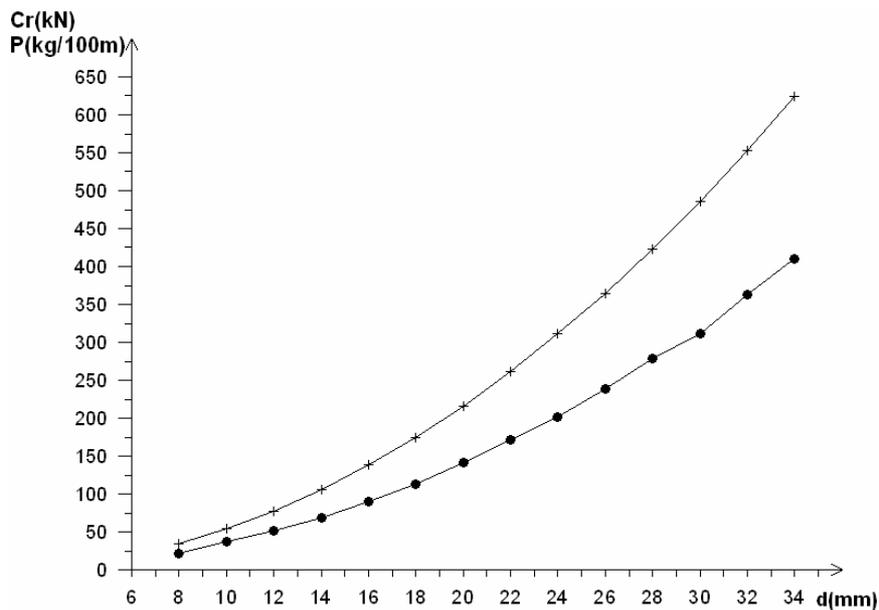


Figura 8 - Variação da Carga de Ruptura (+) e do Peso (•) com o diâmetro (9x16S+FC)
(Nota: 1 kN=102,0 kgf).

Neste exemplo, o cálculo da razão entre os dois parâmetros (Cr/P) permite obter um valor constante (1,5), tal como era esperado, dado ambos dependerem da secção do cabo.

Complementarmente ao aumento do peso com o aumento do diâmetro do cabo, verifica-se também um aumento da força de resistência hidrodinâmica desenvolvida, implicando a utilização de guinchos de arrasto com maior volume e poder de tracção, factores que exigem maior complexidade de operação e elevam os custos de aquisição e operação.

4.2 – Construção do cabo

O tipo de construção permite que os cabos apresentem características básicas diferenciadas, como é o caso da carga de ruptura mínima e a resistência à deterioração.

Neste contexto, pode-se obter maior carga de ruptura mínima através de selecção das características de construção. É o caso da utilização de madre em aço e cabos pré-formados, característica esta que resulta da indução de uma curvatura helicoidal maquinada sobre os cordões do cabo durante o processo de manufactura. A pré-formação, vulgar nos cabos reais usados actualmente na frota nacional, permite maior resistência à fadiga devido à obtenção de melhor distribuição da carga pelos arames (existência de menores tensões internas), facilita o trabalho a bordo (mais fácil de manusear e construir terminais e costuras) e gera menor rotação quando sob carga.

A obtenção de maior carga de ruptura pode resultar, também, da utilização de cabos compactados. Neste caso, os cordões são sujeitos a um processo de compressão durante a sua construção, que permite não só um melhor preenchimento dos espaços internos vazios pelos arames, ou seja, uma maior densidade de metal como, também, numa superfície externa mais plana por alisamento da parte exposta dos arames exteriores (Fig. 9).

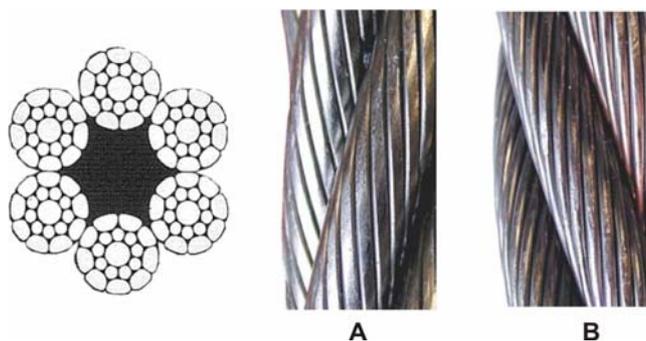


Figura 9 – Aspecto da superfície de cabo compactado (A) em comparação com a apresentada pelo cabo normal (B).

Para além do aumento da carga de ruptura, obtém-se maior resistência à abrasão devido à redução do atrito no contacto interno entre os cordões e no contacto externo, entre a superfície do cabo e as polias e guinchos. Como desvantagem aponta-se a estes cabos o facto de a compactação fazer diminuir a resistência à fadiga.

A compactação e a madre em aço são duas propriedades que podem usar-se caso se procure maximizar a carga de serviço sem aumentar o diâmetro. Para se avaliarem os ganhos a obter com a adopção destas características, apresenta-se a Tabela 1 que permite comparar valores de carga de ruptura nominal para quatro cabos de construção Seale (Royal Lankorst Euronete, 2005): com madre em fibra ou madre em aço, usando cordões standard ou compactados. Neste exemplo,

todos os cabos têm arames exteriores com aço da classe 1770 N/mm² e os restantes da classe 1570 N/mm². Nesta tabela também se apresentam, entre parêntesis, as diferenças de carga relativas (em %), tendo como referência o cabo standard (não compactado com madre em fibra).

Tabela 1 - Carga de ruptura em diferentes tipos de cabo 6x19S (Classe de aço: arames exteriores 1770 N/mm², arames interiores 1570 N/mm²).

Madre:	FC	IWRC	FC-Compactado	IWRC-Compactado
d mm	Cr kN	Cr kN (%)	Cr kN (%)	Cr kN (%)
10	54,0	58,9 (9,1)	-	-
12	77,7	84,8 (9,1)	87,5 (12,6)	-
14	106,0	116,0 (9,4)	122,0 (15,1)	130,0 (22,6)
16	139,0	151,0 (8,6)	158,0 (13,7)	168,0 (20,9)
18	175,0	191,0 (9,1)	199,0 (13,7)	214,0 (22,3)
20	216,0	236,0 (9,3)	252,0 (16,7)	270,0 (25,0)
22	262,0	286,0 (9,2)	301,0 (14,9)	323,0 (23,3)
24	311,0	340,0 (9,3)	359,0 (15,4)	386,0 (24,1)
26	365,0	400,0 (9,6)	423,0 (15,9)	455,0 (24,7)
28	423,0	462,0 (9,2)	489,0 (15,6)	527,0 (24,6)
30	486,0	532,0 (9,5)	554,0 (14,0)	597,0 (22,8)
32	553,0	604,0 (9,2)	-	-

Neste caso, observa-se que a madre em aço permite aumentar a carga de ruptura entre 8 a 9 % e a compactação permite um aumento deste parâmetro entre 12 a 15 %. Estes valores indicam que o cabo Seale com madre de aço e compactado apresenta valores de ruptura equivalentes aos apresentados pelo cabo Seale standard (madre em fibra não compactado) com diâmetro superior em 2 mm.

A Tabela 2 apresenta valores referentes ao peso dos cabos representados na tabela anterior. Observa-se neste caso que a adopção de madre em aço e da compactação induzem, igualmente, um aumento do peso, factor sempre indesejável, tanto para a manobra a executar pelos guinchos como na tracção total desenvolvida. Este aumento do peso resulta do aumento da quantidade de aço contido num mesmo volume de cabo.

Tabela 2 - Peso de diferentes tipos de cabo 6x19S (Classe de aço: arames exteriores 1770 N/mm², arames interiores 1570 N/mm²).

Madre:	FC	IWRC	FC-Compactado	IWRC-Compactado
d (mm)	P kg/100m	P kg/100m (%)	P Kg/100m (%)	P kg/100m (%)
10	36,8	40,7 (10,6)	-	-
12	51,8	58,0 (12,0)	56,4 (8,9)	-
14	69,2	77,9 (12,6)	78,4 (13,3)	88,1 (27,3)
16	90,6	102,0 (12,6)	102,0 (12,6)	113,0 (24,7)
18	113,0	128,0 (13,3)	128,0 (13,3)	142,0 (25,7)
20	141,0	158,0 (12,1)	162,0 (14,9)	182,0 (29,1)
22	172,0	190,0 (10,5)	194,0 (12,8)	217,0 (26,2)
24	201,0	226,0 (12,4)	230,0 (14,4)	259,0 (28,9)
26	239,0	269,0 (12,6)	272,0 (13,8)	306,0 (28,0)
28	278,0	311,0 (11,9)	314,0 (12,9)	358,0 (28,8)
30	312,0	349,0 (11,9)	358,0 (14,7)	399,0 (27,9)
32	363,0	400,0 (10,2)	-	-

A figura 10 permite comparar a carga de ruptura mínima de diferentes tipos de cabos de aço de maior utilização na frota de pesca.

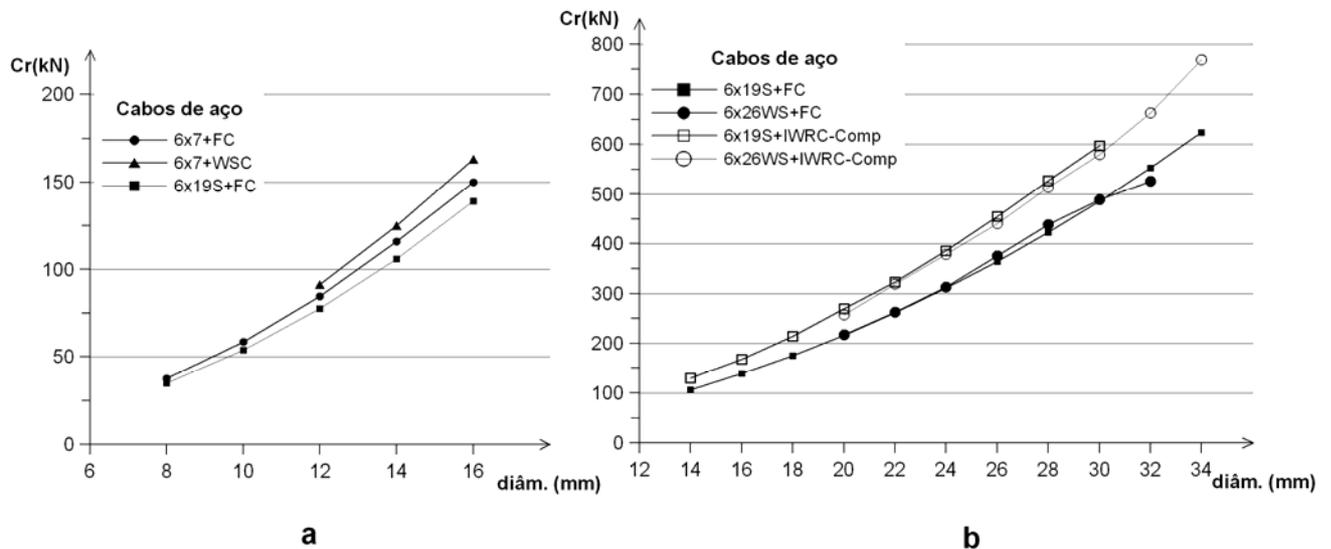


Figura 10 – Comparação da carga de ruptura mínima entre tipos de cabo usados como cabos reais (a- pesca local e b- pesca costeira e longínqua).

4.3 - Resistência ao desgaste

A par do interesse em utilizar cabos com máxima carga de ruptura, é igualmente importante que estes apresentem elevada resistência ao desgaste de modo a prolongar o seu tempo de serviço. Tal facto implica que, na sua selecção, tenham de considerar-se as características que possam atenuar as diferentes causas de degradação impostas pelas condições específicas de trabalho.

Na pesca, a degradação dos cabos de aço deve-se, fundamentalmente, ao efeito conjugado de três factores igualmente importantes: a corrosão (por efeito da oxidação), a abrasão (por efeito do atrito) e a fadiga dos materiais (devido à flexão exercida durante a sua manobra e armazenamento). A seguir analisa-se cada um destes factores.

Corrosão

Os mecanismos de corrosão da maior parte dos metais são acelerados quando expostos à água salgada, dado este meio constituir um electrólito com boa condutividade e conter iões de cloro (Cl^-), factores que contrariam a formação de camadas superficiais de óxidos (corrosão galvânica).

Para combater esta causa de deterioração recorre-se a dois factores de grande importância: à lubrificação (contra a oxidação e a abrasão) e à galvanização (contra a oxidação).

Os cabos de aço são equipamentos cuja construção pressupõe a existência de lubrificação adequada durante todo o tempo de serviço, conferindo assim uma película protectora à superfície dos arames que retarda o processo de corrosão e minimiza o atrito interno entre arames e entre cordões.

Os cabos de arrasto são fornecidos de origem adequadamente impregnados com lubrificante, permitindo uma protecção eficaz durante o período inicial de utilização. Contudo, a quantidade de lubrificante vai-se reduzindo com o uso do cabo ao ser expelido pela acção da compressão axial dos cordões sobre a alma, face às cargas a que é submetido pelo que, caso não se efectue lubrificação periódica, estas estruturas tornam-se plenamente sujeitas aos efeitos corrosivos do meio e aos efeitos do atrito como se analisará adiante. Assim, após a instalação dos cabos nos guinchos de arrasto, a lubrificação a bordo constitui a acção de manutenção mais importante na limitação da deterioração destas estruturas ao longo do tempo de serviço, podendo aumentar para mais do dobro a sua esperança de vida útil.

Tal como a lubrificação, a galvanização constitui também um meio muito importante de protecção contra a corrosão. Este processo baseia-se na adição de uma camada superficial de zinco aos arames que, por ser menos sujeito à corrosão, passa a constituir o metal protector. Este metal tem uma utilização quase generalizada nos cabos de pesca por oferecer uma boa relação entre custos, facilidade de aplicação e efectividade.

Neste caso, o zinco ao corroer-se vai mantendo a existência uma fina camada superficial de óxido que, por ser um produto mais estável que o zinco inicial, aumenta a sua protecção à acção da água salgada. Por outro lado, a camada de zinco age também como ânodo sacrificial quando a oxidação começa a desenvolver-se no aço dos arames, seja quando incide sobre pequenas fracturas ou sobre a superfície em geral. Neste caso, o zinco é corroído em primeiro lugar (ânodo galvânico) nas reacções electroquímicas que se estabelecem, protegendo, por consequência, o aço da acção da corrosão. Os cabos de aço usados na pesca têm zincagem de qualidades AB ou A (que indica a maior espessura de zinco)

Saliente-se que, mesmo no período de estiva dos cabos nos guinchos persistem as condições favoráveis à corrosão, devido ao meio húmido presente no convés, especialmente se localizados em espaço aberto, e à eventual formação de pontos de corrosão galvânica que se podem estabelecer entre diferentes zonas do cabo colocadas em contacto directo.

Abrasão

A abrasão pode considerar-se como a causa de desgaste mais importante pelo atrito desenvolvido na superfície de sólidos em contacto, quando sujeitos a movimento relativo entre si.

No caso específico dos cabos, a abrasão pode ser interna ou externa. A abrasão interna pode considerar-se ser o resultado do movimento oscilatório relativo, de baixa amplitude, desenvolvido entre arames e entre cordões (Takeuchi, 1989). Por outro lado, a abrasão externa resulta do contacto entre a estrutura e os equipamentos de manobra do convés ou do contacto entre espiras ao estivar-se no tambor durante a alagem.

Na pesca, os cabos são submetidos a forças de flexão e forças de pressão transversais na sua passagem pelas patescas e durante a sua estiva nos guinchos. Em ambos os casos, a curvatura momentaneamente induzida num troço impõe ao cabo uma distribuição de forças não uniforme nessa zona, ao longo da sua secção (a carga sobre os arames aumenta a partir da área de contacto). Esta alteração da distribuição de forças obriga ao movimento dos arames e cordões entre si, ajustando-se livremente, de modo a compensar a diferença de distância que se estabelece entre a zona inferior e superior do troço sob flexão, resultando na deformação do cabo. O movimento de curvatura e o seu inverso executados durante um ciclo de flexão

geram abrasão interna e fadiga, para além das que advêm das cargas dinâmicas transmitidas pelos navios no seu movimento induzido pelas condições de mar.

A lubrificação também tem um efeito importante na protecção dos cabos contra o atrito. No caso de lubrificação deficiente, aumenta a oposição ao movimento entre arames adjacentes em contacto, aumentando, deste modo, a abrasão interna. A lubrificação reduz, igualmente, o atrito gerado por partículas de óxido soltas que possam existir no interior do cabo e favorece a sua passagem para o exterior.

A acção continuada do atrito tem, em primeiro lugar, um efeito destrutivo sobre a camada protectora de zinco, pelo que o aumento da abrasão interna antecipa o seu desaparecimento e, deste modo, o desenvolvimento da corrosão dos arames. Por consequência, a protecção do zinco reforça a importância da prática de lubrificação logo desde o início da utilização do cabo.

A abrasão interna e a fadiga geradas pela repetida flexão e compressão externa sobre os cabos podem ser reduzidas ao diminuir-se o grau de deformação através do uso de madres em aço. Por outro lado, o uso de cabos com torção Regular permite maior resistência ao esmagamento que a torção Lang.

Paralelamente à abrasão interna, ocorre abrasão externa devido ao contacto dos cabos, sob tensão, com a superfície dos apoios que orientam a sua passagem pelo convés e ao contacto entre espiras nos guinchos de arrasto. A abrasão sobre o cabo aumenta com o número de pontos de apoio no convés, por onde é conduzido. No caso das patescas, deve haver uma adaptação correcta das dimensões da gola ao cabo (quanto à forma e diâmetro).

A figura 11 apresenta os casos possíveis de relação entre as dimensões das secções da patesca e do cabo que suporta.

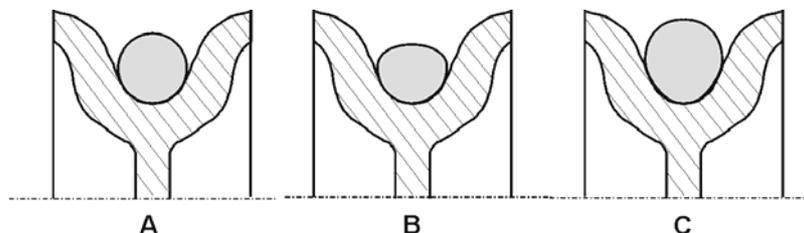


Figura 11- Relação entre diâmetros da gola e do cabos reais. A) Adaptada, B) Sobredimensionada e C) Subdimensionada.

Quando o diâmetro da gola é excessivo (caso B) permite a deformação do cabo, cujas

implicações no atrito interno e fadiga foram destacadas anteriormente. No caso oposto (C), desenvolve-se atrito excessivo entre a superfície do cabo e a gola, sendo possível detectar a sua presença pelo aumento da abrasão que incide sobre as zonas laterais da superfície da gola da patesca.

Para minimizar a abrasão produzida sobre os cabos, em especial sobre as superfícies, considera-se que uma gola da patesca oferece um bom apoio quando apresentar secção circular, que permita apoiar cerca de $1/3$ ($\pm 120^\circ$) da secção do cabo devendo, para tal, usar-se um diâmetro (Dg) superior em cerca de 5 % ao diâmetro do cabo (d):

$$Dg = 1,05.d \quad (3)$$

A superfície da gola das patescas também pode aumentar a fadiga e o atrito induzido quando se apresenta deformada (sulcos inscritos) devido ao efeito de forças de pressão exercidas ao longo do tempo pelos pontos mais salientes da superfície dos cabos. Para limitar esta deformação, as patescas devem ser constituídos com aço de dureza superior à usada nos cabos.

O atrito externo gerado pelas patescas pode resultar, igualmente, de uma deflexão excessiva do cabo a partir do guincho de arrasto pela proximidade que estes dois equipamentos de convés possam ter, pelo que se deve manter uma distância mínima de separação.

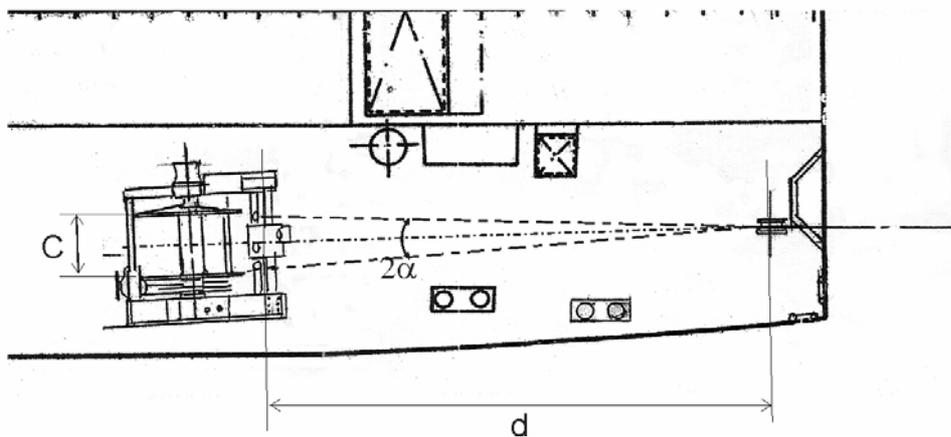


Figura 12– Variáveis a considerar no estabelecimento da distância mínima (d) entre o guincho de arrasto e a patesca dos cabos reais.

Pode obter-se a distância mínima recomendada entre um guincho e a patesca (d) em função da largura do tambor (C) e o ângulo de deflexão máximo (α_{\max}).

$$d_{min} = \frac{1}{2 \cdot \tan \alpha_{max}} \cdot C \quad (4)$$

Neste caso, é habitual indicar 1,5° para valor do ângulo de deflexão máximo.

Fadiga

Considera-se fadiga como a tendência que os materiais têm para falhar após repetida aplicação de carga num mesmo ponto. Consequentemente, a resistência à fadiga avalia a capacidade das estruturas para suportar cargas repetidas. No caso dos cabos reais, as cargas que mais contribuem para a sua fadiga são as de flexão, resultantes do encurvamento efectuado em torno de patescas e tambores de guinchos.

A falha por fadiga é a consequência do aparecimento de fissuras de pequena dimensão à superfície dos arames em resultado da exposição a repetidas forças de flexão. Posteriormente, estas fissuras vão-se gradualmente propagando para o interior do material até a secção não afectada se reduzir a ponto de se fracturar por ruptura, por não suportar a carga aplicada (Fig. 13).

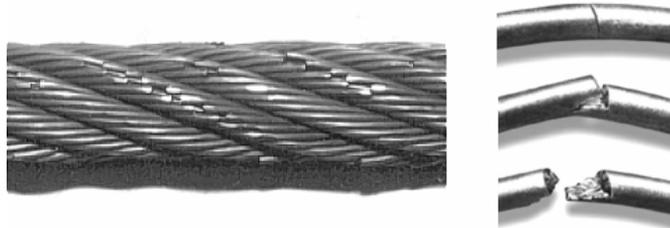


Figura 13 - Formação de fracturas num cabo de aço.

Uma vez que fadiga resulta, maioritariamente, da flexão cíclica a que o cabo é sujeito, pode ser reduzida limitando a passagem por patescas e roletes, a fim de minimizar o número de ciclos de flexão produzidos. Para além do número de pontos de apoio, a deterioração por fadiga é, também, função do raio de curvatura da flexão, ou seja, depende do diâmetro dos componentes de apoio e das condições de carga aplicada. Neste caso, o efeito negativo da flexão depende da razão entre os diâmetros da patesca (D) e do cabo (d). A importância que a fadiga exerce sobre um cabo pode ser avaliada através da figura 14, que representa uma variação característica entre o tempo de serviço do cabo e o parâmetro D/d .

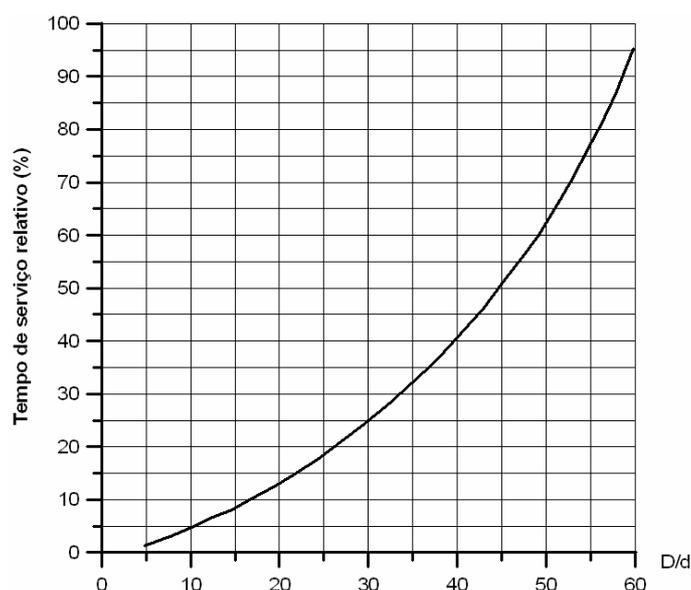


Figura 14 – Variação do tempo de vida útil de um cabo em função do parâmetro D/d.

A partir da figura anterior verifica-se que a minimização dos efeitos da fadiga num cabo exige a utilização de polias com o maior diâmetro possível, sendo o seu valor apenas limitado por razões de espaço disponível e de operacionalidade necessários no convés de pesca.

Apesar de por vezes ser difícil aplicar diâmetros óptimos às polias e tambores dos guinchos, devem ser, sempre, seleccionados os valores recomendados pelos fabricantes. Alguns fabricantes apresentam valores que permitem seleccionar o diâmetro mínimo das polias em função do diâmetro e tipo de construção do cabo, como os que constam da Tabela 3, utilizados em cabos reais.

Tabela 3 – Razão entre os diâmetros das polias e cabos de aço (D/d) para diferentes construções de cabo.

Tipo de construção	D/d	
	Sugerido	Mínimo
6x7	72	42
6x19S	51	34
6x26WS	45	30
6x31WS	39	26

A fadiga prematura do aço também pode ocorrer devido à formação de placas de martensite que resultam do elevado aquecimento local gerado acima de certa temperatura crítica (700 °C ou superior) seguido de um arrefecido rápido pela menor temperatura do meio envolvente (contacto com arames não aquecidos no caso dos cabos reais) (Cottrell, 1975).

Nos cabos reais este fenómeno pode ocorrer, localmente, nos arames externos, em especial,

na fase de alagem das redes. Resulta do atrito gerado durante o enrolamento dos cabos nos guinchos, pelo deslizamento entre espiras sob carga caso exista armazenamento desordenado, ou do atrito gerado sobre a superfície das patescas no caso de subdimensionamento da abertura das golas em relação ao diâmetro dos cabos. Como resultado, a modificação da estrutura do aço nas zonas afectadas, que ficam com maior dureza, facilita a formação de pequenas fissuras, cujo posterior desenvolvimento, nos ciclos de flexão a que o cabo naturalmente é submetido, leva à fractura prematura dos arames. Este fenómeno tende a ocorrer com maior frequência nos arrastões de maior porte devido à presença de cargas mais elevadas nos cabos reais.

Em resumo, a figura 15 apresenta várias configurações típicas dos arames após ruptura para os tipos de falha mais comuns que têm vindo a ser descritos.

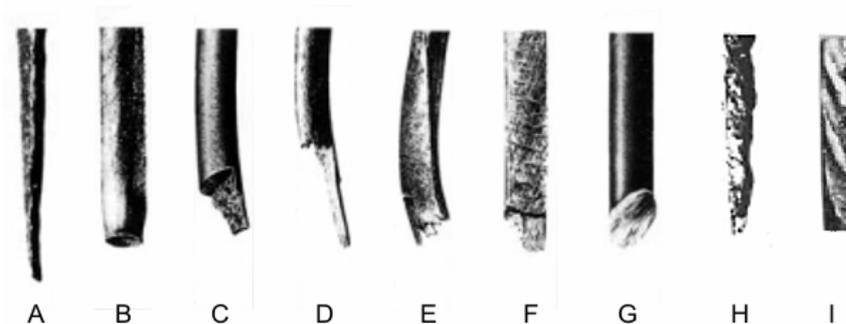


Figura 15 - Tipos de falha mais comuns nos arames de cabos de aço: A- Desgaste, B- Sobrecarga, C- Fadiga, D- Fadiga e corrosão, E- Atrito, F- Martensite, G- Aplicação de força de corte, H- Corrosão, I- Deformação plástica.

5 – ADAPTAÇÃO DOS CABOS REAIS AO ARRASTO DE PROFUNDIDADE

A definição das cargas de utilização constitui o factor mais importante na selecção dos cabos reais. A partir do seu conhecimento são seleccionados outros parâmetros, tal como o diâmetro e podem, igualmente, definir-se os equipamentos auxiliares de manobra instalados no convés.

Os valores de tracção disponíveis para o arrasto, que caracterizam o poder de pesca de um arrastão, devem ser obtidos da documentação fornecida pelo estaleiro ao armador aquando

da construção do navio. Na impossibilidade de obter este parâmetro, valores aproximados podem ser estimados a partir do conhecimento da potência da máquina principal.

Para além da carga a aplicar, o padrão de utilização expectável para os cabos reais constitui também um factor qualitativo importante na sua selecção. A avaliação deste factor pode basear-se, de forma simplificada, na dimensão do navio e na sua potência propulsora, uma vez que estes parâmetros se relacionam com factores operacionais importantes tais como o afastamento da costa das zonas de pesca (profundidades de arrasto), dimensões das artes (forças de tracção desenvolvidas) e extensão das marés (períodos consecutivos em operação). Deste ponto de vista, pode estabelecer-se para este estudo uma divisão empírica da frota de arrasto baseada na potência dos navios.

- Potências até 200 Hp – Inclui o arrasto local;
- Potências de 200 até 1000 Hp - Arrasto costeiro;
- Potências superiores a 1000 Hp - Arrasto longínquo.

No caso do arrasto local, as artes de pesca desenvolvem baixas tracções, localizando-se os pesqueiros explorados próximo da costa, a baixas profundidades, pelo que se exigem reduzidos comprimentos de cabo real em operação. Nesta situação, as condições de desgaste sobre os cabos são reduzidas, permitindo o uso de construções simplificadas, de menor custo, usualmente o 6x7+FC, cujos cordões têm apenas uma camada de arames, apresentando estes arames o mesmo diâmetro. Dado o reduzido comprimento de cabo usado, o seu diâmetro e comprimento podem ser sobredimensionados para permitir um aumento do tempo de serviço útil. A madre de fibra confere a flexibilidade necessária para admitir menores raios de curvatura. Nestas condições de arrasto utilizam-se, normalmente, diâmetros até 14 mm.

No arrasto costeiro e longínquo, as condições de degradação dos cabos reais são maiores devido à possibilidade de se submeterem a elevadas forças de tracção e de poderem operar de modo intensivo durante todo o período em que os navios pescam, o que obriga a uma selecção mais elaborada das suas características, que permita uma maximização do seu tempo de vida útil (que contribui para uma redução dos custos de operação) e das condições de segurança a bordo.

No caso específico do arrasto a grandes profundidades (que consideraremos superiores a 600 m), as elevadas forças axiais geradas durante as operações de pesca e a maior dificuldade no seu armazenamento e operação a partir do convés, tornam ainda mais imprescindível a otimização das suas características. Considerando as condições extremas de operação do arrasto a grande profundidade, este trabalho centra-se agora, apenas, na avaliação das características que possam maximizar o seu funcionamento neste tipo de pesca.

A carga de serviço adicional aplicada sobre os cabos reais nestas condições de trabalho resulta do aumento do peso e das forças hidrodinâmicas geradas devido aos maiores comprimentos utilizados, assim como a um aumento do peso das portas de arrasto que se destina a permitir um melhor afundamento da arte durante a calagem e o seu contacto permanente com os fundos ao longo do arrasto.

A figura 15 apresenta as forças envolvidas no arrasto. No extremo superior do cabo (sobre as patescas) são aplicadas as forças totais F_t geradas no arrasto, resultantes das que se geram nos cabos reais e na arte.

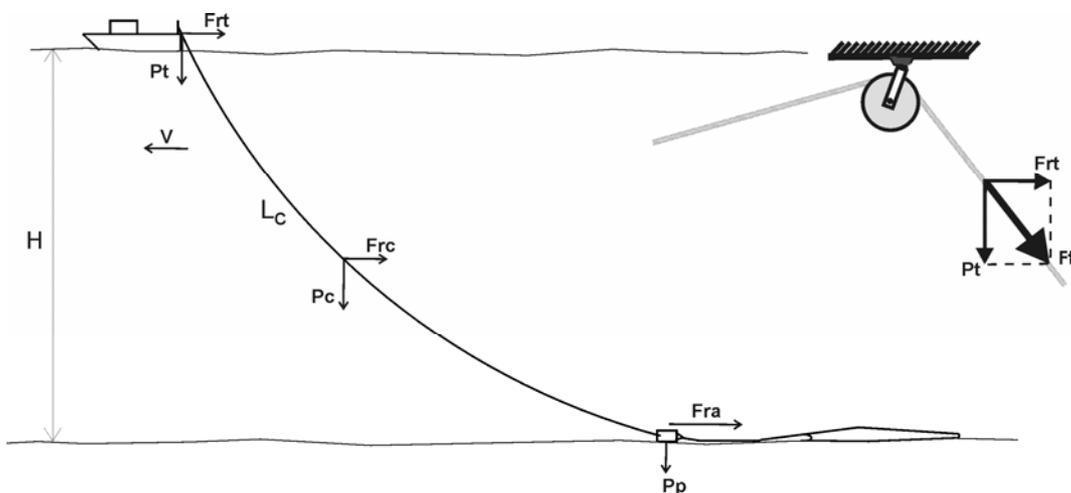


Figura 15 – Relação de forças aplicadas aos cabos reais quando em arrasto (F_t – Força total aplicada ao cabo, F_{rt} – força de resistência, P_t – Peso do cabo em operação).

Tomando como exemplo o cabo de aço 6x19S+FC de 20 mm de diâmetro, a Tabela 4 apresenta o comprimento, o peso quando imerso e a área projectada (responsável pela resistência hidrodinâmica) em função da profundidade de operação.

Tabela 4 – Exemplo de valores de operação num cabo real em função da profundidade (d=20 mm, 6x19S+FC).

Prof. (m)	Compr. (m)	Peso (kg)	Área proj. (m ²)
100	300-400	384-512	6-8
200	600	767	12
300	900	1151	18
400	1000-1200	1279-1535	20-24
500	1300-1400	1680-1790	26-28
600	1500-1600	1918-2046	30-32
700	1700-1800	2174-2304	34-36
800	1800-2000	2304-2558	36-40
900	2000-2300	2558-2941	40-46
1000	2300-2500	2941-3197	46-50

Para este caso, pode observar-se na Tabela os elevados valores de peso e área transversal gerados em cada cabo real quando se passa a operar em profundidade. Do ponto de vista mecânico, este aumento de carga sobre os cabos implica o aumento do atrito e da fadiga, sujeitando-os a uma mais rápida deterioração e a maiores possibilidades de ruptura em serviço. A minimização destes efeitos deve resultar da selecção correcta de características, da adequação ao serviço dos equipamentos auxiliares de manobra e da prática de manutenção.

5.1 - Características dos cabos

Na selecção dos cabos reais pretende-se que estes sejam dotados de características que permitam: a) compatibilizar a sua carga máxima de utilização com as cargas previstas desenvolver em operação de arrasto e b) apresentar uma resistência ao atrito e à fadiga que maximizem o seu tempo de vida útil.

Contudo, algumas das características exigidas são contraditórias, como é o caso das que favorecem a limitação da fadiga e do atrito dos cabos, pelo que a sua selecção resulta de uma solução de compromisso, atendendo às condições particulares de utilização.

Embora seja escassa a informação experimental disponível acerca dos factores dos cabos (reais) que mais influenciam a sua degradação nestas condições de pesca, analisaremos detalhadamente as suas características, tendo em vista uma selecção mais correcta destes equipamentos.

- **Carga de ruptura**

A carga a que um cabo real é sujeito em arrasto resulta de uma relação complexa de factores como a massa linear e espessura do cabo, a velocidade de arrasto e a resistência da arte de pesca.

Na selecção dos cabos para pesca de profundidade, a limitação do diâmetro constitui um factor restritivo da maior importância, pela necessidade de limitar a dimensão dos guinchos e as forças geradas em operação. Quanto às cargas aplicadas, os cabos são sujeitos a forças hidrodinâmicas durante a sua deslocação no arrasto, cuja intensidade da componente de resistência (R_{cr}) pode ser expressa por:

$$R_{cr} = \frac{l}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot S \cdot V^2 \quad (5)$$

em que:

- R_{cr} - Resistência hidrodinâmica dos cabos (kgf);
- ρ - Densidade da água do mar ($\text{kgf} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-4}$);
- S - Área projectada dos cabos (m^2);
- C_d - Coeficiente hidrodinâmico de resistência;
- V - Velocidade de arrasto ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Nesta expressão verifica-se que a força hidrodinâmica é proporcional ao diâmetro do cabo, ao depender da sua área projectada. Quanto ao peso, por outro lado, sendo um valor proporcional ao volume do cabo, conclui-se ser esta componente da força total função do quadrado do diâmetro.

Dada esta dependência das forças geradas nos cabos reais com o diâmetro, interessa limitar este parâmetro, pelo que pode obter-se a maior carga de utilização admissível seleccionando as seguintes características:

- A resistência específica do aço;
- O tipo de construção;
- Grau de compactação;
- Tipo de madre.

Uma maior carga de ruptura nos cabos pode obter-se quer utilizando aço de melhor qualidade quer utilizando construções com maior factor de preenchimento. Como exemplo, podem comparar-se na Tabela 5 os valores obtidos para a carga de ruptura do cabo 6x19S, usando aço de três qualidades presentes no mercado.

Tabela 5 – Comparação das cargas de ruptura para cabos 6x19S com madre em fibra e em aço (valores em kN).

d (mm)	1570 kN/mm ²		1770 kN/mm ²		1970 kN/mm ²	
	FC	IWR	FC	IWR	FC	IWR
20	221	238	249	268	271	291
22	259	282	292	318	318	345
24	307	335	346	378	376	410
26	373	408	421	460	459	499
28	430	466	484	525	527	570

Contudo, apesar do aumento da resistência específica do aço associado ao aumento do conteúdo em carbono, permitir o aumento a carga de ruptura, não se obtém um acréscimo correspondente da resistência à fadiga dos cabos, observando-se em ensaios de duração um decréscimo desta última característica em aço das classes superiores. Tal motivo leva a que na pesca se utilize aço com teores de carbono que não ultrapassem os 0,6% (aço de médio-carbono), pelo que não é recomendável a utilização de cabos reais com aço de classes superiores a 1770 kN/mm².

Para aumentar a carga de ruptura dos cabos pode-se utilizar, também, madre em aço (ver Tabela 5), apesar desta opção poder implicar uma diminuição da resistência à fadiga. Adicionalmente, a maior rigidez deste tipo de madre limita a distorção dos cabos que resulta da compressão que se exerce sobre patescas e tambores e, por outro lado, permite obter uma repartição mais uniforme da carga pelos arames.

Porém, o aumento do peso dos cabos resultante da utilização de madre em aço constitui um factor a ter em conta quando estão envolvidos elevados comprimentos. Para este caso, a Tabela 6 permite comparar os aumentos de peso e carga máxima de utilização gerados pelo uso de madre em aço quando substitui a fibra, em que se analisa o caso particular de cabos reais operando com 2500 m de comprimento (construção 6x19S, com aço 1770 kN/mm²).

Tabela 6 - Comparação da carga de ruptura e peso (na água) entre cabos com madre em fibra e em aço para 2500 m de comprimento-aço 1770 kN/mm².

D (mm)	6x19S+FC			6x19S+IWR			ΔP (kgf)	ΔCMU (kgf)
	P (kg)	Cr (kgf)	CMU(FS=4) (kgf)	P (kg)	Cr (kgf)	CMU(FS=4) (kgf)		
20	3160,5	25400	6350	3526	27400	6850	366	500
22	3698	29800	7450	4128	32400	8100	430	650
24	4364,5	35300	8825	4966,5	38600	9650	602	825
26	5310,5	42900	10725	6020	46900	11725	709,5	1000

Observa-se neste caso, que com a aplicação de um factor de segurança (FS) de 4, a utilização de madre em aço permite aumentos da carga máxima de utilização, ΔCMU , superiores aos aumentos do peso total de cabo em operação, ΔP , apesar destes terem sido significativos.

Os cabos de construção Warrington Seale apresentam características de construção semelhantes às do Seale pelo que podem ser, igualmente, seleccionadas para aplicação em cabos reais. A Tabela 7 permite comparar o peso na água gerado e a CMU nos cabos reais para as construções Seale e Warrington Seale (aço 1770 kN/mm²), quando se utilizam cabos de 2500 m de comprimento nas operações de pesca.

Tabela 7 - Comparação do peso e da carga máxima de utilização de dois tipos de construção habitualmente usados em cabo real.

D (mm)	6x19S+IWR			6x26WS+IWR			ΔP (kgf)	ΔCMU (kgf)
	d_{ar} (mm)	P (kg)	CMU(FS=4) (kgf)	d_{ar} (mm)	P (kg)	CMU(FS=4) (kgf)		
20	1,60	3526	6850	1,45	3246,5	6125	-279,5	-725
22	1,75	4128	8100	1,60	3667	7575	-461	-525
24	1,90	4966,5	9650	1,75	4338	9000	-628,5	-625
26	2,10	6020	11725	1,90	5098	10625	-922	-1100

Os dados apresentados permitem verificar que em comparação à construção Seale, a Warrington Seale permite um decréscimo de peso e, também, um correspondente decréscimo da CMU superior pelo que a construção 6x19S apresenta um desempenho superior, do ponto de vista das cargas de utilização.

A compactação permite aumentar a carga de ruptura dos cabos, pelo que se adaptam melhor a regimes de trabalho pesado, como é o caso do arrasto a grande profundidade. Este aumento

da carga de ruptura deriva do aumento do factor de compactação obtido, o que implica, porém, um aumento do seu peso. A Tabela 8 permite comparar o peso gerado e a CMU entre cabos compactados e convencionais (com madre em cabo de aço), para as construções Seale e Warrington Seale (aço 1570/1770 kN/mm²), quando em operação com 2500 m de comprimento.

Tabela 8 – CMU e peso em cabos compactados e convencionais na construção S e WS quando em operação com 2500 m (aço 1570/1770 kN/mm²).

d (mm)	6x19S+IRW				6x26WS+IRW			
	Não compactado		Compactado		Não compactado		Compactado	
	P (kg)	CMU(FS=4) (kgf)	P (kg)	CMU(FS=4) (kgf)	P (kg)	CMU(FS=4) (kgf)	P (kg)	CMU(FS=4) (kgf)
20	3950	6018	4550	6885	4050	6043,5	4225	6553,5
22	4750	7293	5425	8236,5	4900	7318,5	5250	8134,5
24	5650	8670	6475	9843	5850	8721	6225	9664,5
26	6725	10200	7650	11602,5	6925	10200	7250	11245,5
28	7775	11781	8950	13438,5	7775	11934	8425	13107
30	8725	13566	9975	15223,5	9000	13336,5	9525	14790

O considerável aumento da carga obtida por este processo de fabrico justifica a sua utilização, apesar de representar um aumento dos custos de aquisição em cerca de 15 %.

Os cabos reais devem, de preferência, constituir peças únicas para evitar costuras que, tal como as terminações, constituem pontos críticos de ruptura por serem passíveis de execução deficiente ou se sujeitarem a maior degradação e, por tal motivo, potenciais fontes de acidentes de trabalho e perdas de equipamento. Por outro lado, deve garantir-se que a constituição dos dois cabos a ligar sejam do mesmo tipo, caso contrário a costura é sujeita a binários resultantes da diferença de características de rotação presentes.

Nas condições de arrasto aqui focadas, caso existam costuras nos troços em operação recomenda-se que estas se localizem em zonas dos cabos sujeitas a menores cargas, pelo que, por regra, devem situar-se nos troços que se encontram mais afastados do navio.

- **Resistência ao atrito**

O aumento das cargas aplicadas aos cabos na pesca de profundidade implica um maior desgaste por atrito produzido, maioritariamente, pelo seu contacto com os pontos de apoio no convés. Para limitar este efeito, podem considerar-se na selecção as seguintes características:

- Diâmetro dos arames;
- Resistência específica do aço;
- Grau de compactação;
- Tipo de madre ou alma.

Os arames exteriores dos cordões são os elementos mais expostos à degradação. Tal facto leva a que se deva optar pelo uso do maior diâmetro possível nestes arames (o seu limite é imposto pelo aumento da fadiga), procurando manter-se a flexibilidade através da menor espessura dos arames interiores. Neste caso a construção Seale apresenta vantagens pela elevada resistência ao atrito, mantendo simultaneamente, bom desempenho quanto à carga de ruptura e flexibilidade. Estas vantagens acentuam-se quando as condições de trabalho são de grande exigência, como no arrasto a grande profundidade.

A par do aumento do diâmetro dos arames, a maior resistência ao atrito também pode resultar do uso de arames exteriores com aço de maior dureza, embora este aumento implique maior fadiga. Dado que a resistência ao atrito aumenta também quando existe maior superfície de contacto, o uso de cabo compactado tem vantagens quanto à resistência ao atrito por apresentar uma superfície mais regular que permite maior superfície de apoio. Por outro lado, para aumentar a resistência ao atrito interno, o uso de madre em aço é preferível ao limitar a deformação da estrutura do cabo quando este é sujeito a forças transversais no seu contacto com patescas e guinchos.

Quando os cabos são sujeitos a cargas elevadas, como as que se podem gerar no tipo de arrasto agora considerado, registam-se elevadas forças de compressão sobre os troços de cabo real armazenados nas camadas inferiores dos tambores dos guinchos. Este efeito faz-se sentir, em particular, nas primeiras camadas de cabo pela compressão exercida pelas camadas superiores que se vão armazenando sob tracção, em conjugação com o menor diâmetro que as espiras possuem perto do eixo do tambor. A acção contínua destas forças pode causar danos

irreversíveis nos troços de cabo afectados, devido à deformação plástica da sua estrutura, que conduz a uma distribuição não uniforme da carga pelos arames, pelo que o uso de madre em aço pode limitar esta causa de degradação.

Apesar de o enrolamento Lang apresentar maior resistência ao atrito que o enrolamento Cruzado por ter maior superfície de exposição dos arames exteriores, possui reduzida resistência à rotação quando sujeita a cargas, dado o sentido idêntico do enrolamento dos arames e cordões. Como os cabos reais funcionam com um extremo não fixo (ligação às portas de arrasto), a rotação induzida em resposta às cargas aplicadas dificulta as operações de pesca levando, por consequência à preferência generalizada pelo enrolamento Cruzado.

- **Resistência à fadiga**

O aumento das cargas geradas sobre os cabos na pesca de profundidade e o reforço da resistência ao atrito têm o efeito contrário de reduzir a resistência dos arames à fadiga. Para que se tenha em consideração os factores que possam minimizar a fadiga, tendo em consideração os eventuais efeitos no atrito, devem considerar-se as seguintes características:

- Resistência específica do aço;
- Grau de compactação;
- Diâmetro dos arames;
- Tipo de madre ou alma.

De um modo geral, o aço de menor resistência específica apresenta, também, maior resistência à fadiga. Contudo, tal implica uma diminuição da dureza do material que, caso os troços sejam submetidos a elevadas forças de compressão externa (caso das espiras inferiores nos guinchos de arrasto), pode implicar a deformação do aço, originando, igualmente, maior fadiga por esta via devido à modificação induzida na estrutura do material.

Embora a utilização de cabos com cordões compactados permita ganhos significativos de resistência ao atrito também se regista uma diminuição da resistência do cabo à fadiga. Contudo, os benefícios que se obtêm do aumento da resistência ao atrito quando os cabos funcionam sob elevadas cargas são mais importantes, pelo que a sua utilização é recomendada, tornando preferível limitar a fadiga, se possível, através da alteração de outros

factores.

Os cabos 6x19S têm sido, desde há longo tempo, largamente adoptados na pesca, pelo bom compromisso que apresentam entre os arames exteriores de maior espessura e os arames internos mais finos que garantem a flexibilidade. Contudo, na utilização de elevados diâmetros, usados nos arrastões da pesca longínqua, observa-se uma diminuição da resistência à fadiga dos cabos Seale. Tal deve-se ao facto do aumento do diâmetro dos arames reduzir a resistência à fadiga.

Assim, na classe de diâmetros mais elevados a necessidade de limitar a fadiga, leva a considerar, como alternativa, os cabos da construção 6x26WS que permitem maior flexibilidade devido ao maior número de arames que contêm. Por outro lado, o diâmetro dos arames externos usados nestes casos continua a garantir uma espessura suficiente para manter boa resistência ao atrito, ao mesmo tempo que a sua construção compacta (utilizando arames internos de dois diâmetros) oferece elevada resistência ao esmagamento.

Como medida adicional para aumentar a flexibilidade dos cabos reais também se pode utilizar alma em cabo misto (Cordoaria Oliveira Sá, 2005), que permite uma resistência à fadiga superior à dos cabos com alma de fibra e inferior à dos cabos com alma de aço.

- **Utilização dos equipamentos de manobra**

O período de vida útil dos cabos reais resulta, em parte, das condições específicas de operação estabelecidas em cada arrastão. Destas condições fazem parte os equipamentos de manobra a bordo (patescas, guinchos e roletes) que podem contribuir para a produção de atrito e fadiga em função das suas dimensões e posicionamento no convés.

Nas condições de trabalho agora consideradas, em que os cabos são submetidos a cargas elevadas, o objectivo de minimizar o desgaste provocado pelos equipamentos de convés leva a recomendar: a) a utilização do menor número de pontos de apoio no convés, b) a eliminação da proximidade destes, em especial se forçarem os cabos a curvaturas opostas em sucessão e c) a utilização de patescas e guinchos com o maior diâmetro possível para reduzir a amplitude das flexões induzidas.

O sistema de guinchos deve-se posicionar, de preferência, próximo da popa e em alinhamento

com as patescas, para que o apoio dos cabos no convés se possa efectuar apenas sobre estes equipamentos. Neste caso, a proximidade e o alinhamento entre guinchos e patescas é importante na minimização do atrito produzido nos espalhadores dos tambores e nas superfícies laterais da gola das patescas. Neste último caso, quando o ângulo máximo de deflexão dos cabos a partir dos guinchos (ver Fig. 11) é elevado, pode haver vantagem em utilizar patescas cujos extremos da gola apresentem ligeiros declives para minimizar o contacto com os cabos, havendo, contudo, de garantir que a configuração adoptada não favorece o deslizamento destes para fora das patescas.

No arrasto a grande profundidade, a componente relativa ao peso do cabo é elevada, gerando elevados ângulos de inclinação dos cabos à saída das patescas, pelo que se deve garantir a exclusão de contactos ocasionais dos cabos com elementos fixos dos navios (ex: em zonas do costado da popa navios sob condições de mar adversas).

Por outro lado, as elevadas forças de compressão radial acumulada a que se submetem as primeiras camadas de cabo nos tambores torna importante que se garanta um acondicionamento regular das espiras de forma a limitar a deformação a que se sujeitam quando se cruzam, pelo que se deve acautelar a utilização de um espalhador dos guinchos com um nível de precisão adequado. Também para limitar este tipo de deformação é importante que na instalação de cabos reais novos nos tambores as primeiras camadas sejam arrumadas sob tracção. Na prática, tal pode conseguir-se no mar largando a totalidade dos cabos (num lanço de pesca ou em navegação) de modo a permitir, na sua alagem, a existência de tracção durante o seu acondicionamento.

Na instalação de cabos novos, o utilizador deve certificar-se do seu diâmetro e, caso este valor esteja fora dos limites de tolerância recomendados, deve recusar a sua aceitação. As normas em vigência impõem que os diâmetros medidos nunca devem ser inferiores a 1 % dos valores nominais (NP-1844, 1982).

A irregularidade da superfície dos cabos, que se deve à forma dos cordões torcidos, implica em arrasto o aparecimento de uma componente lateral na força hidrodinâmica gerada, devido ao tipo de escoamento não simétrico em torno destas estruturas, com amplitude bastante menor que as restantes componentes (Ferro e Hou, 1984). Contudo, na operação a grande profundidade, em que são utilizados cabos reais de grande comprimento, o efeito total destas forças, em acumulação com o efeito de rotação gerado pelas cargas aplicadas, levam a recomendar a

utilização de cabos de bombordo e estibordo com cordões de sentido de torção contrários, de modo a garantir, tanto quanto possível, a presença de uma simetria de forças totais entre si quando em arrasto.

De um modo geral, para aumentar a sua esperança de vida dos cabos o utilizador deve considerar os seguintes factores na operação no convés: 1) Ajustamento dos equipamentos de apoio à forma e diâmetro dos cabos, 2) Minimização dos equipamentos de apoio no convés, 3) Minimização da flexão a que os cabos são submetidos, 4) Aplicação de cargas com menor intensidade possível e 5) Manutenção de lubrificação adequada.

- **Manutenção dos cabos reais**

A manutenção é um importante factor no prolongamento da esperança de vida dos cabos ao opor-se às condições de operação adversas a que se submetem estas estruturas, sendo esta acção tanto mais importante quanto mais adversas forem as condições de operação.

Tal como se procede com outros equipamentos de convés, os cabos reais devem ser periodicamente lubrificados. A informação sobre o tipo de lubrificante que mais se adequa a cada caso específico deve obter-se junto dos fabricantes. A frequência de aplicação de lubrificante depende das suas características, do grau de utilização e do tipo de construção dos cabos reais, devendo ser determinada por pessoa competente após inspecção do estado do cabo.

Os lubrificantes mais utilizados são constituídos por materiais com elevada viscosidade à temperatura ambiente, pelo que são previamente diluídos em solventes voláteis para facilitar a sua penetração no interior dos cabos até à madre. Caso exista sujidade nos cabos, estes devem ser limpos antes da aplicação para aumentar a penetração e adesão dos produtos.

Após a sua aplicação, o lubrificante deve tornar-se sólido ao fim de um certo tempo por evaporação do solvente, ficando uniformemente distribuído em forma de película sobre os componentes dos cabos. É importante que o lubrificante apresente elevada viscosidade em todo o intervalo de temperaturas de utilização por forma a inibir o seu escoamento para o exterior dos cabos, em especial, por acção da gravidade quando se encontram armazenados nos guinchos durante os períodos mais longos de inactividade.

A exibição de oxidação generalizada sobre a superfície de um cabo é um indicador de perda da

camada de zinco que o protege e, ao mesmo tempo, revelador de lubrificação deficiente, pelo que constitui uma das razões para considerar a sua substituição, dada a complexidade em avaliar completamente a redução da carga de ruptura por efeito da corrosão.

Caso existam dúvidas sobre o estado de deterioração interna dos cabos, quase sempre originada por corrosão, devem efectuar-se exames ao seu interior, seleccionando, para tal, um conjunto de pontos críticos (como os locais que apresentam variação de diâmetro). Neste exame, distorcem-se momentaneamente os cordões nos pontos em análise, sem carga aplicada, de forma a poder-se observar o seu interior quanto a: 1) grau de corrosão; 2) presença de arames partidos; 3) arames deformados e 4) estado de lubrificação.

A inspecção dos cabos deve executar-se com regularidade. No caso da pesca, a operação dos cabos é efectuada na presença de operadores, no convés, facto que permite uma avaliação preliminar da sua condição durante o trabalho normal. Na inspecção deve atender-se que os sinais mais comuns de deterioração são a redução de diâmetro e o aparecimento de arames partidos (EN 12385-3, 2004). Após a detecção inicial de arames partidos, a frequência das fracturas tende a aumentar dado que os cabos se tornam progressivamente mais fracos ao longo do tempo de serviço.

Por outro lado, na inspecção deve dar-se especial atenção ao estado de operacionalidade dos terminais, costuras ou troços de cabo que regularmente permaneçam sob curvatura, apoiados nas patescas durante o arrasto. Após os cabos reais serem submetidos a cargas anormalmente elevadas devido à prisão de redes nos fundos também deve prestar-se uma atenção reforçada ao seu estado, em especial nas zonas críticas, anteriormente apontadas.

De uma forma geral, a qualidade da construção dos cabos tem uma enorme importância sobre a sua degradação pelo que os utilizadores devem adquiri-los a fabricantes que operem sob normas de qualidade (certificados), capazes de assegurar níveis de qualidade requeridos.

6 – DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A pesca, ao sujeitar os cabos de aço a condições específicas de trabalho bastante severas impõe-lhes reduzidas esperanças de vida útil quando comparadas com outras áreas de utilização. Porém, os custos de substituição dos cabos reais são consideráveis, em particular quando são constituídos por grandes extensões, pelo que é do interesse dos utilizadores que a degradação

destes componentes seja por todas as formas limitada. Para tal, os cabos a usar devem resultar de uma selecção que se baseie em critérios técnicos contribuindo, desta forma, para reduzir os custos de exploração das embarcações.

As opções a tomar na selecção dos cabos têm de resultar de uma solução de compromisso após avaliação conjunta de vários factores, alguns contraditórios. A Tabela 9 apresenta, resumidamente, o efeito de um conjunto de factores sobre a degradação dos cabos reais, os quais foram discutidos neste trabalho.

Tabela 9 - Avaliação de factores de degradação de cabos de aço (- - Redução, +- Aumento, **O**- Sem efeito directo significativo).

Factor	Abrasão	Corrosão	Fadiga
Maior compactação	-	O	+
Lubrificação regular	-	-	-
Alma em aço	-	O	+
Alma em fibra	+	O	-
Maior diâmetro da patesca	-	O	-
Maior diâmetro das espiras no guincho	-	O	-
Resistência específica do aço	-	O	+
Aumento da carga aplicada	+	O	+
Maior diâmetro dos arames externos	-	O	+
Maior número de arames	+	O	-
Camada de zinco de maior espessura	O	-	O
Desadaptação entre cabo e gola das patescas	+	O	+
Menor alinhamento das espiras nos tambores	+	O	+

Do ponto de vista mecânico, a operação dos cabos reais a grande profundidade implica, fundamentalmente, o aumento das cargas aplicadas aos cabos que, sua vez, aumenta o atrito e a fadiga sobre os arames. Assim, além da maximização da tracção admissível, a procura de um equilíbrio entre o desgaste causado pelo atrito e pela fadiga constitui um factor decisivo na selecção dos cabos.

Nestas condições adversas de trabalho recomenda-se a utilização de cabos compactados, utilizando aço de maior carga específica e madre em aço. Assim, tendo em atenção que a maior parte da degradação dos cabos resulta das operações que realizam a bordo, tão importante como as características seleccionadas para a sua durabilidade são as condições de trabalho

estabelecidas pelos equipamentos auxiliares de convés e a manutenção praticada.

Tal como acontece com qualquer outro equipamento, as características de cada tipo de cabo optimizam-no apenas para um conjunto restrito de aplicações. A diferença de condições de operação existentes leva a que o cabo 6x7 seja adoptado para o segmento da frota com arrastões de menor potência, enquanto que na frota costeira é usado o 6x19S, sendo preferido o 6x26WS no segmento da frota longínqua.

No que respeita aos diferentes aspectos de construção, utilização e manutenção dos cabos de aço deve chamar-se a atenção para o facto de se encontrarem regulados por normas nacionais e internacionais, muitas das quais permitem um apoio efectivo aos utilizadores, tanto em questões de qualidade como da segurança de trabalho, merecendo, por conseguinte, maior divulgação pelo armamento de pesca nacional.

Importa por fim afirmar que a influência dos cabos reais se estende ao funcionamento das artes por intervirem na operação das portas de arrasto através da transmissão de forças que exercem nos pontos de ligação e no estabelecimento da profundidade máxima de operação admissível, permitindo sublinhar, por consequência, que os conhecimentos técnicos que os operadores tenham podem representar, cada vez mais, factores diferenciadores nos resultados de exploração das embarcações.

O presente trabalho, centrado na análise das características dos cabos, terá continuidade num estudo dirigido ao funcionamento e cálculo de parâmetros de dimensionamento de guinchos de arrasto e para o cálculo das forças geradas nos cabos reais quando operam com grandes comprimentos.

O presente trabalho foi executado no âmbito do projecto “Tecnologias da Pesca - 22-05-01-FDR-00014” Programa MARE.

Agradecimentos

Agradecimentos são devidos à Comissão Técnica de Normalização CT27-Cabos de Aço na pessoa do Sr. Mário Aleixo da Rinave e Secretário desta comissão pelo apoio na consulta de documentação técnica, e ao Dr. Teixeira Rego da Euronete, pelo esclarecimento de detalhes técnicos referentes aos cabos de aço. Fico igualmente grato aos colegas do IPIMAR, Aida Campos, Irineu Baptista e Fátima Cardador pela revisão deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cordoaria Oliveira Sá, 2005. Fishing wire ropes. Porto, 8 p.

Cordoaria Oliveira Sá, 1980. Catálogo de cabos de aço. Porto, 81 p.

Cottrell, A. H., 1975. Introdução à metalurgia. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 2ª ed., 810 p.

EN 12385-3, 2004. Steel wire ropes - Safety - Part 3: Information for use and maintenance. CEN, Brussels. 24 p.

Ferro, R.S.T.; Hou, E.H., 1984. A Selected review of hydrodynamic force coefficient data on stranded wires used in fishing gear. *Dep. Agric. Fish. Scot.*, Scot. Fish. Res. Rep. (31), 20 pp.

NP-1843, 1982. Cabos de aço: Designação normalizada e representação simbólica da composição. Direcção Geral da Qualidade, Lisboa. 8 p.

NP-1844, 1982. Cabos de aço corrente: Características. Direcção Geral da Qualidade, Lisboa. 22 p.

Royal Lankorst Euronete, 2005. Cabos de aço. Maia. 10 p.

Takeuchi, M., 1989. Fretting and fatigue of a roping steel in seawater. *The Journal of Shimonoseki University of Fisheries*, 38(2-3). 71-131.