



IPMA

Instituto Português
do Mar e da Atmosfera

RELATÓRIOS CIENTÍFICOS E TÉCNICOS

SÉRIE DIGITAL

**AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM
ARRASTÕES COSTEIROS ATRAVÉS DA
UTILIZAÇÃO DE REDES DE ARRASTO COM
FIBRAS DE ELEVADA TENACIDADE**

Joaquim Parente, Paulo Fonseca, Victor Henriques,
Aida Campos

2019

23



RELATÓRIOS CIENTÍFICOS E TÉCNICOS DO IPMA – SÉRIE DIGITAL

Destinam-se a promover uma divulgação rápida de resultados de carácter científico e técnico, resultantes da actividade de investigação e do desenvolvimento e inovação tecnológica nas áreas de investigação do mar e da atmosfera. Esta publicação é aberta à comunidade científica e aos utentes, podendo os trabalhos serem escritos em Português, Francês ou Inglês.

Edição

IPMA

Rua C - Aeroporto de Lisboa

1749-007 LISBOA

Portugal

Corpo Editorial

Francisco Ruano – Coordenador

Aida Campos

Irineu Batista

Lourdes Bogalho

Mário Mil-Homens

Rogélia Martins

Teresa Drago

Edição Digital

Conceção Almeida

As instruções aos autores estão disponíveis no sitio web do IPMA

<http://ipma.pt>

ou podem ser solicitadas aos membros do Corpo Editorial desta publicação

Capa

Conceção Almeida

ISSN

2183-2900

Todos os direitos reservados

AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ARRASTÕES COSTEIROS ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE REDES DE ARRASTO COM FIBRAS DE ELEVADA TENACIDADE

Joaquim Parente, Paulo Fonseca, Victor Henriques e Aida Campos

Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Av. Alfredo Magalhães Ramalho, 6 1495-165 Lisboa, Portugal

Recebido em: 2018-11-16

Aceite em: 2019-01-07

RESUMO:

A pesca por arrasto é um tipo de pesca que se encontra associada a um consumo intensivo de combustível e, por consequência, a margem de lucro de um navio comercial de pesca por arrasto encontra-se bastante dependente das variações no preço do gasóleo. A percentagem representada pelo combustível nos custos totais dos arrastões costeiros portugueses chega a atingir os 40%. Uma das formas de reduzir o consumo consiste na redução da resistência total do aparelho de arrasto, através da introdução de alterações às redes. No âmbito do projeto CONSUPESCA - Redução do Consumo de Energia na Pesca do Arrasto, financiado pelo programa PROMAR, foram introduzidas alterações a uma rede de arrasto típica dos grandes arrastões da região centro (Aveiro), construída em polietileno entrançado, através da incorporação de fibras de alta tenacidade e um pequeno aumento da dimensão da malha nos painéis frontais, resultando numa diminuição de 30% da área de fio. Verificou-se uma redução significativa do consumo de combustível por unidade de área da boca, variando de 13 a 21% para velocidades de arrasto compreendidas entre 3,6 e 4,4 nós. A avaliação qualitativa sobre o desempenho da nova rede, por parte do mestre, foi bastante positiva, tendo sido registado um menor esforço do motor à velocidade de arrasto.

Palavras chave: Pesca de arrasto, custo, consumo combustível, eficiência energética.

ABSTRACT

Title: Increasing the energetic efficiency of coastal trawlers by using high-tenacity twines

Trawling is a fishing technique associated with an intensive consumption of fuel and, consequently, the profit margin of a commercial trawling vessel is very dependent on the variations in the price of diesel. The share of fuel in the total costs of Portuguese coastal trawlers may be as high as 40%. One way of reducing consumption is to decrease the overall drag resistance of the trawl by introducing changes to the trawl gear. Within the framework of the project CONSUPESCA - Reduction of Energy Consumption in Trawling Fisheries, financed by the PROMAR program, changes were introduced in a gear typically used by coastal trawlers operating off the main port (Aveiro) of the centre region of Portugal. The trawl gear originally built in braided polyethylene was redone, incorporating high-tenacity fibres and slightly increasing the front panels' mesh size. The immediate result was a 30% decrease in twine area, leading to a significant reduction in fuel consumption per unit area of the gear's mouth, ranging from 13 to 21% for trawl velocities ranging from 3.6 to 4.4 knots. The qualitative assessment made by the captain on the performance of the modified gear was very positive, with a less demanding engine effort within the range of commercial trawling speeds.

Key Words: Trawling, costs, fuel consumption; energetic efficiency .

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Parente, J.; Fonseca, P. e Campos, A., 2019. Aumento da eficiência energética em arrastões costeiros através da utilização de redes de arrasto com fibras de elevada tenacidade. *Relat. Cient. Tecn. do IPMA*, (<http://ipma.pt>), nº23 14p.

INTRODUÇÃO

A pesca por arrasto é, de entre todos os tipos de pesca, aquela cujo consumo de energia é mais intensivo (Cheilari et al., 2013), repercutindo-se nos impactos ambientais relacionados com a produção de gás de efeito estufa (principalmente CO₂) e com a saúde das populações costeiras, principalmente os óxidos de azoto (NO_x) e os óxidos de enxofre (SO_x). Além disso, os custos de combustível representam uma fração significativa dos custos de funcionamento deste tipo de navios e, apesar dos preços do Brent norueguês terem vindo a registar sucessivas descidas, o preço dos combustíveis refinados, em Portugal, não seguiu essa tendência. Assim, torna-se necessária uma estratégia no sentido de otimizar a gestão do navio e equipamentos, visando a minimização dos custos de funcionamento.

Os arrastões de fundo que operam junto à costa Norte de Portugal dedicam uma parte substancial (cerca de 60%) do tempo total da viagem em operações de arrasto (Parente et al., 2008), sabendo-se que os custos em combustível representam até 40% dos custos operacionais totais (P. Fonseca, com. pess.). Esta última constatação condiz com dados do Reino Unido para os arrastões de dimensões semelhantes (Anderson et al., 2013). A resistência do aparelho de arrasto durante a operação de pesca representa cerca de 80% da tração a ponto fixo do navio¹ (Fridman, 1986). Neste contexto, o aumento da eficiência energética nestes arrastões dependerá, principalmente, das melhorias que possam ser introduzidas ao nível do aparelho de arrasto de forma a diminuir a sua resistência ao avanço. As fibras sintéticas de elevada tenacidade², pelo facto de apresentarem propriedades mecânicas melhores, possibilitam a construção de redes de arrasto com fios de menor diâmetro, contribuindo, deste modo, para reduzir a sua resistência à tração e, conseqüentemente, o consumo de combustível. A introdução deste tipo de fibras nas redes de arrasto para camarão no sudeste dos Estados Unidos permitiu observar reduções entre 10% e 39% dos consumos (Haby et al., 2014). Por outro lado, a execução de testes em canais de ensaios, utilizando modelos reduzidos, à escala, permitiu observar uma redução da resistência até cerca de 31% nos protótipos construídos com fios de elevada resistência e de menor diâmetro, relativamente a protótipos semelhantes construídos em polietileno comum (Sterling, 2013).

¹ A tração a ponto fixo consiste na força exercida por uma embarcação, em regime de potência máxima, quando esta se encontra presa ao cais através de um cabo de reboque.

² Tenacidade é a medida da quantidade de energia que um material pode absorver antes que ocorra a sua ruptura.

O IPMA desenvolveu, em parceria com a empresa de pesca Testa e Cunhas SA, de Aveiro, um projeto-piloto visando a minimização dos consumos de combustível através da utilização de fibras sintéticas com características mecânicas superiores relativamente ao polietileno utilizado tradicionalmente. As diferentes fases do projeto, consistiram na: 1) caracterização e teste da rede de arrasto tradicionalmente utilizada; 2) projeto e construção de uma rede otimizada; 3) execução de experiências no mar para comparação do desempenho entre as redes; 4) simulação do consumo de combustível sob um cenário de pesca típico.

ESPECIFICAÇÕES DO NAVIO E DO APARELHO DE PESCA

O navio "Cruz de Malta" foi selecionado para as experiências pelo facto de pertencer a uma tipologia característica de navios arrastões da região Centro (Fig. 1), que incorpora as maiores unidades da frota costeira portuguesa, tanto em termos de dimensão como de potência motriz (Parente et. al., 2007).

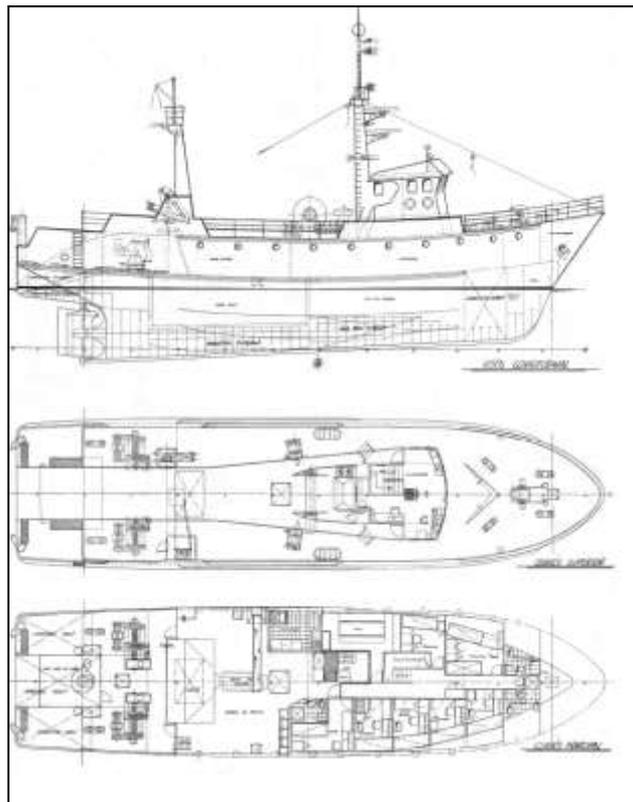


Figura 1 - Plano de arranjo geral do arrastão "Cruz de Malta".

Estes navios direcionam a sua atividade para a captura de espécies até 150 metros de profundidade. As características gerais do navio são as seguintes:

Ano de construção: 1981 (modernizado in 2004);

Comprimento fora a fora: 31.2 m;

Boca: 8.0 m;

Pontal: 3.8 m;

GT: 218 toneladas;

Porão de pesca: 130 m³;

Máquina principal: MWM BD-4406-K, 900 HP to 900 r.p.m;

Motor Auxiliar: MWM D-232-V-08, 130 hp at 1500 r.p.m;

Geradores: 2 x 100 kVA.

Foram testadas duas redes de arrasto: uma rede CM1, tradicionalmente utilizada a bordo do navio "Cruz de Malta" e uma rede CM2, que resultou de alterações à primeira. As alterações consistiram na utilização de fibras sintéticas possuindo maiores cargas de rutura (tenacidade superior) e num ligeiro aumento das malhagens nas asas e nos painéis frontais da rede. Essas alterações tiveram por objetivo a redução da resistência, por forma a diminuir o consumo de combustível durante as operações de arrasto.

A rede CM1 é totalmente construída em polietileno entrançado com tenacidade de 6,0 g/denier e com cargas de rotura de 120, 160 e 280 kgf para fios de 3.0, 3.5 e 5.0 mm de diâmetro, respetivamente (correspondente a números métricos de 274, 232 e 125 m/kg).

Os diâmetros de fio nas asas e nas barrigas superiores eram, na rede CM1, 5.0 mm e 3.0 mm, respetivamente, enquanto nas secções correspondentes da face inferior eram 5.0 mm e 3.5 mm. A superfície total de fio correspondia a 94,3 m². A rede foi armada com um arraçal constituído por roletes de borracha de 40 cm de diâmetro, espaçados com pequenos cilindros de borracha de 12 cm de diâmetro. Fizeram-se estender as pontas das asas com corrente e esferas de aço com 32 mm diâmetro, de modo a permitir a operação de arrasto em fundos rochosos.

As malhetas eram constituídas por cabo de aço com 24 mm de diâmetro e 120 metros de comprimento. As portas de arrasto possuem um perfil hidrodinâmico favorecendo um elevado desempenho, cada uma medindo 2,40 m x 1,82 m e pesando cerca de 675 kg.

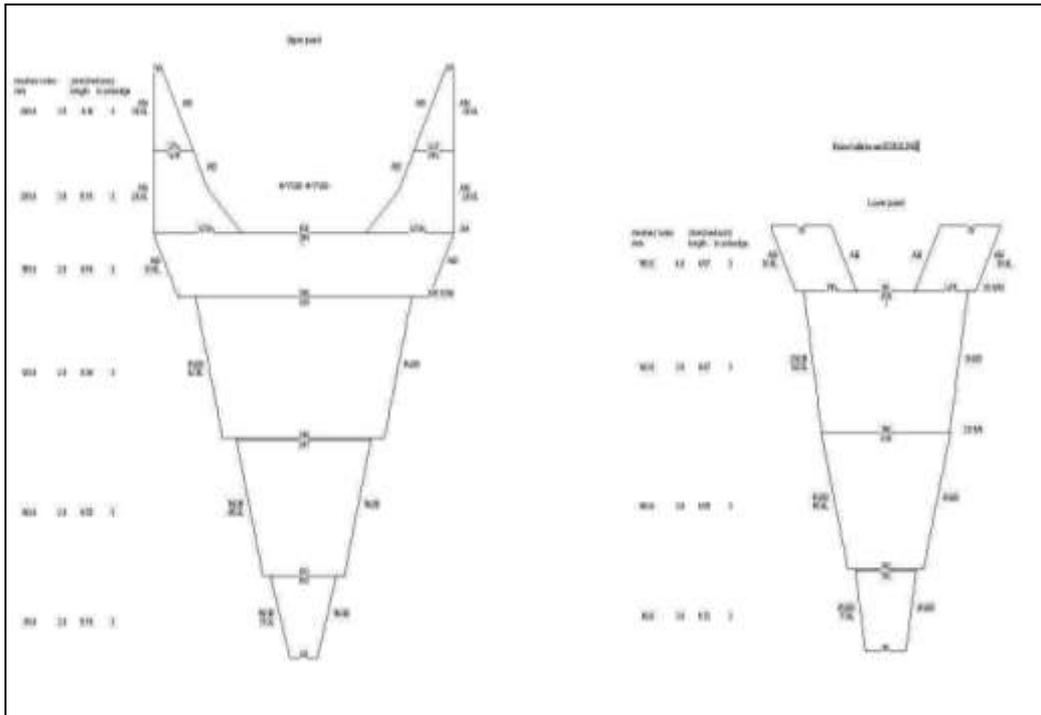


Figura 2 - Plano geral da rede CM2.

A rede de arrasto otimizada CM2 (Fig. 2) foi construída com fibras sintéticas de superior tenacidade, tendo sido utilizado "Euroline Premium" nas asas e barrigas superiores e "Euroline", mais resistente à abrasão, nas seções equivalentes da face inferior.

As asas e os painéis superiores foram construídos em fio entrançado simples "Euroline premium" (tenacidade 9,5 g/denier) com diâmetros de 2,0 mm (carga de rotura 130 kgf; número métrico 370 m/kg) e de 3,5 mm (carga de rotura 243 kgf e número métrico 200 m/kg). Nas asas e painéis inferiores utilizou-se fio simples entrançado "Euroline" (tenacidade 7,5 g/denier) com 3.0 mm de diâmetro (carga de rotura de 162 kgf; número métrico 250 m/kg) e 4,0 mm de diâmetro (carga de rotura 246 kgf; número métrico 150 m/kg).

A rede modificada incorporou ainda mudanças na malhagem em algumas secções (quadrado, asas superiores e inferiores), por forma a atingir uma redução adicional na área total de fio, mantendo, no entanto, as mesmas dimensões globais, nomeadamente os comprimentos do cabo de pana e do arraçal. A superfície total de fio resultante foi de 65.9 m², representando uma redução de 30%.

Não foram introduzidas modificações no cabo de pana nem no arraçal ou em qualquer outro componente do armamento da rede.

INSTRUMENTAÇÃO

A monitorização de desempenho hidrodinâmico³ das redes foi realizada utilizando sensores acústicos SCANMAR, que registaram valores de profundidade, abertura vertical (no centro do cabo de pana), velocidade de fluxo de água, distância entre portas de arrasto, abertura horizontal entre as pontas das asas e ângulos das portas (bombordo e estibordo).

O sinal dos vários sensores utilizados nas experiências foi rececionado por um hidrofone SCANMAR portátil, submerso a estibordo, suspenso por uma grua. A velocidade do fluxo de água através da rede de arrasto foi medida por um sensor instalado no cabo de pana, complementado pela velocidade em relação ao fundo, dada pelo recetor GPS.

Os medidores de caudal ORION BEN 00MU013-F, conjuntamente com o sistema de aquisição de dados SCANMAR e o equipamento de GPS de navio, foram ligados a um de computador portátil. O *software* de aquisição de dados CONTRAWL registou o fluxo de dados proveniente dos diversos equipamentos.

A condição de carga do navio permaneceu idêntica antes do início de cada conjunto de experiências que, por sua vez, foram realizadas sob condições similares de mar, por forma a assegurar condições de teste constantes para ambas as redes.

MONITORIZAÇÃO DOS APARELHOS DE PESCA

O teste dos aparelhos de arrasto decorreu a 25 milhas da costa, a profundidades entre 60 e 150 metros.

Foram realizados entre três e quatro lanços por dia, cada um com uma duração média de, aproximadamente, 2 horas. Foram utilizadas várias configurações do passo da hélice⁴ em cada lanço de arrasto (75%, 80%, 85%, 90%, 95%), cada uma com duração de 25 min. O *software* CONTRAWLTM registou a seguinte série de dados em cada intervalo de 10 segundos:

- Tempo (hhmmss);
- Velocidade de arrasto em relação ao fundo (nós);
- Consumo instantâneo de combustível (l/h);

³ O desempenho hidrodinâmico de uma dada rede de arrasto mede a eficiência operacional em pesca nomeadamente no que se refere à abertura da boca da rede e à resistência que oferece ao ser rebocada por um navio a uma dada velocidade de arrasto.

⁴ O passo da hélice é o ângulo de incidência das laminas da hélice em relação à direção do movimento.

- Consumo total de combustível (l);
- Latitude (ddmmss);
- Longitude (ddmmss);
- Rumo do navio;
- Profundidade de pesca (m);
- Abertura vertical (m);
- Abertura entre as pontas das asas (m);
- Distância entre as portas de arrasto (m);
- Ângulos de inclinação longitudinal e transversal da porta de arrasto de bombordo;
- Ângulos de inclinação longitudinal e transversal da porta de arrasto de estibordo;

A monitorização da viagem de pesca comercial com CM1 e CM2 teve a duração de um dia para cada um dos aparelhos, tendo sido realizada na mesma área geográfica onde decorreram os testes experimentais.

As decisões operacionais⁵ relacionadas com a realização desta viagem foram deixadas ao critério do mestre da embarcação. O principal objetivo consistiu em registar o consumo de combustível durante as diferentes fases da viagem de pesca, incluindo a navegação dentro do porto, a navegação entre o porto e o pesqueiro, a largada, o arrasto e a alagem do aparelho de pesca. Em cada uma das fases foram registadas séries de dados de 10 em 10 segundos, para o seguinte conjunto de parâmetros:

- Tempo (hhmmss);
- Velocidade GPS (nós);
- Consumo instantâneo de combustível (l/h);
- Distância navegada (mn);
- Consumo total de combustível (l);
- Latitude (ddmmss);
- Longitude (ddmmss);
- Rumo.

Na fase de arrasto, a velocidade e o consumo instantâneo de combustível corresponderam aos valores médios desses parâmetros em cada uma das operações de arrasto. O tempo total e o consumo total de combustível na fase de arrasto resultaram da soma desses valores nos

⁵ As decisões operacionais reflectem opções de escolha quanto aos locais de operação do aparelho de arrasto, velocidades a praticar (em arrasto e navegação), tempo de cada operação de arrasto e tempo total da viagem.

vários lanços. O mesmo raciocínio foi adotado para o cálculo dessas variáveis nas restantes fases operacionais, nomeadamente em navegação, largada e alagem do aparelho de arrasto e navegação no porto.

RESULTADOS

Monitorização do desempenho dos aparelhos de arrasto CM1 e CM2.

Os valores do consumo horário⁶ de combustível, quando o navio operou com a rede de arrasto CM2, foram menores quando comparados com os valores observados para CM1 para a mesma gama de velocidades.

Esta redução foi menos pronunciada para velocidades de arrasto mais baixas, tendo variado desde 5,9% a 3,8 nós até 13,5 % a 4,2 nós. Esta progressão não é de todo inesperada, uma vez que, quando a rede opera a velocidade mais reduzida, a resistência do arraçal, cujas características permaneceram as mesmas em ambas as redes de arrasto, é proporcionalmente maior quando comparada com a resistência resultante dos panos de rede. Concluindo, a melhoria do desempenho hidrodinâmico resultante da alteração do material e da espessura dos panos de rede aumenta com a velocidade, sendo particularmente acentuado para velocidades superiores a 4,0 nós.

A distância entre as pontas das asas da rede CM2 foi sempre superior, para toda a gama de velocidades, relativamente aos valores observados para a rede de arrasto CM1. Esta diferença variou de 3%, a 3,8 nós, até 10%, para velocidades na ordem dos 4,5 nós. Por outro lado, a abertura vertical foi muito semelhante em ambas as redes de arrasto, atingindo um máximo de cerca de 3,0 m a 3,6 nós. Para velocidades superiores, verificou-se que a diferença percentual entre a abertura vertical da rede CM2 e a abertura da rede CM1 aumentou progressivamente, atingindo um máximo de cerca de 6% para uma velocidade de 4,5 nós. Os valores da área da boca (abertura entre asas x abertura vertical) da rede CM2 foram sistematicamente mais elevados do que os valores relativos a CM1, tendo sido observado um aumento gradual na diferença percentual de 3% para 16%, quando a velocidade de arrasto aumentou de 3,7 para 4,5 nós. Isto representa um aumento substancial do volume de água filtrado, que se refletirá tanto num aumento previsível das capturas como da eficiência do consumo de combustível.

⁶ O consumo horário de combustível a uma determinada velocidade resulta da média dos consumos instantâneos registados a essa velocidade.

As alterações da geometria da boca e das características dos panos de rede resultaram numa redução significativa do consumo de combustível por unidade de área da boca. O valor deste último índice foi sistematicamente inferior para a rede CM2, variando de -13% para -21% quando a velocidade de arrasto aumentou de 3,6 nós para 4,4 nós. Ambas as portas de arrasto (bombordo e estibordo) mostraram, em geral, um comportamento semelhante no que se refere aos ângulos de inclinação longitudinal e transversal a diferentes velocidades, independentemente da rede utilizada.

Os ângulos de assentamento (longitudinais) foram predominantemente positivos para velocidades de arrasto entre 3.6 e 4.1 nós, o que facilita a ultrapassagem de irregularidades existentes no fundo do mar em pesqueiros de difícil acesso. Para velocidades superiores a 4,1 nós, este ângulo tende a assumir um valor nulo ou mesmo ligeiramente negativo. Também para as velocidades de arrasto superiores a 4 nós, habitualmente utilizadas na pesca por arrasto de fundo dirigido ao carapau e outras pequenas espécies pelágicas, o ângulo de inclinação (transversal) foi sempre negativo (i.e., ambas as portas tendem a inclinar-se para o exterior), acentuando-se com o aumento da velocidade.

Monitorização das viagens comerciais com os aparelhos de arrasto CM1 e CM2.

Os cenários operacionais correspondentes às viagens comerciais realizadas com ambas as redes de arrasto (estado do mar, tipo de pesqueiros e duração dos arrastos) foram muito similares. A velocidade média de arrasto foi de cerca de 4,0 nós, correspondendo a um consumo médio de 135 e 120 l/h, quando operando com CM1 e CM2, respetivamente. Isto corrobora os resultados obtidos nos ensaios experimentais, comprovando-se que é possível obter uma melhoria significativa da eficiência energética mediante a utilização da rede de arrasto modificada.

O consumo médio de combustível por milha náutica percorrida, durante o arrasto, mede o consumo de combustível num sentido mais restrito, facilitando a comparação do desempenho entre redes. O consumo médio de combustível obtido com a rede CM1 correspondeu a 34,3 l/nm, enquanto com a rede CM2 foi de 29,7 l/nm - ou seja, foi observada uma redução de 13%.

Com base nos resultados obtidos durante as experiências, foi possível estimar a quantidade de combustível que pode ser economizada numa viagem de pesca típica, ao substituir-se a rede CM1 construída em polietileno simples por CM2, construída com fibras têxteis de alta

tenacidade. Os parâmetros que constam da tabela 1 descrevem o cenário operacional correspondente à viagem comercial realizada com rede de arrasto de CM1, representativa de uma viagem de pesca típica.

O consumo total de combustível, obtido na viagem típica de pesca com as redes de arrasto CM1 e CM2, foi estimado para três velocidades de arrasto diferentes, incluindo a velocidade usual do arrasto comercial (3.8, 4.0 e 4.2 nós). O fator tempo foi considerado constante em todas as fases da viagem de pesca, bem como a velocidade média e o consumo médio por hora (tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros característicos do cenário operacional correspondente a uma viagem de pesca comercial padrão utilizando a rede de arrasto CM1.

| | Porto | Navegação livre | Largada | Arrasto | Alagem |
|--------------------|-------|-----------------|---------|---------|--------|
| V (nós) | 9,54 | 9,38 | 6,16 | - | 1,52 |
| Q (l) | 46 | 529 | 67 | - | 65 |
| D (mn) | 4,92 | 41,48 | 3,83 | - | 1,10 |
| Tt (h) | 0,52 | 4,48 | 0,63 | 8,95 | 0,73 |
| q mn (l/mn) | 9,50 | 13,21 | 17,71 | - | 58,44 |
| q (l/h) | 89,43 | 124,51 | 109,17 | - | 88,17 |

Os testes de monitorização das redes CM1 e CM2 permitiram determinar o consumo horário (q) correspondente às velocidades de 3,8, 4.0 e 4.2 nós (Fig. 3). Na sequência destes resultados, foi possível simular a variação do consumo de combustível total ($\delta(Q)$) numa viagem de pesca, caso a rede de arrasto CM1 fosse utilizada em substituição de CM2 (tabela 2).

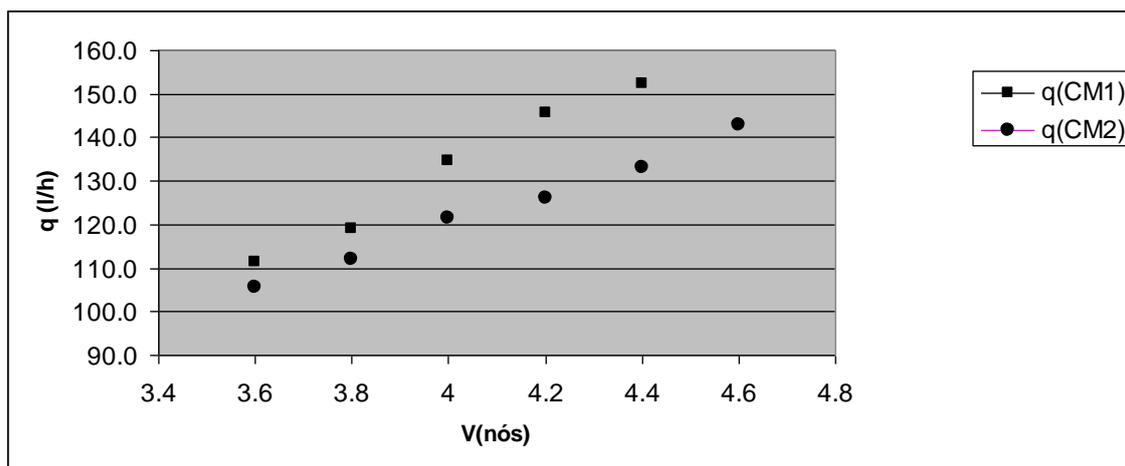


Figura 3 - Consumo horário do motor (q), para várias velocidades de arrasto, obtido na sequência dos testes de monitorização com as redes de arrasto CM1 e CM2.

Tabela 2 - Variação do consumo total de combustível ($\delta(Q)$) que seria obtida numa viagem de pesca, utilizando a rede de arrasto CM2 em substituição de CM1.

| | | V = 3,8 nós | | V = 4,0 nós | | V = 4,2 nós | |
|------------------------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|
| | | Arrasto | Viagem | Arrasto | Viagem | Arrasto | Viagem |
| Viagem com aparelho de arrasto CM1 | Q (l) | 1065 | 1772 | 1205 | 1913 | 1303 | 2009 |
| | q mn (l/mn) | 31,3 | | 33,7 | | 34,7 | |
| | D (mn) | 34,0 | 85,3 | 35,8 | 87,1 | 37,6 | 88,9 |
| | q (l/h) | 119,0 | | 134,7 | | 145,6 | |
| $\delta(Q)$ | | | 63 | | 117 | | 176 |
| Viagem com aparelho de arrasto CM2 | Q (l) | 1003 | 1709 | 1089 | 1796 | 1127 | 1834 |
| | q mn (l/mn) | 29,5 | | 30,4 | | 30,0 | |
| | D (mn) | 34,0 | 85,3 | 35,8 | 87,1 | 37,6 | 88,9 |
| | q (l/h) | 112,0 | | 121,6 | | 125,9 | |

A redução do consumo total de combustível variou de 3,6% (para a velocidade de arrasto de 3,8 nós) até 8,7% (4,2 nós) (tabela 3). Por outro lado, a redução do consumo total de combustível durante o arrasto variou entre 5,9% e 13,5% para as mesmas velocidades.

Tabela 3 - Percentagem de redução do consumo total de combustível, durante uma viagem de pesca comercial típica, obtida com a utilização da rede de arrasto CM2.

| | V = 3,8 nós | V = 4,0 nós | V = 4,2 nós |
|----------------|-------------|-------------|-------------|
| Viagem | 3,6% | 6,1% | 8,7% |
| Arrasto | 5,9% | 9,7% | 13,5% |

Considerando um cenário operacional de 264 dias por ano (24 dias por mês ao longo de 11 meses) e um tempo médio de arrasto de 9 horas por dia, a 4 nós e assumindo, ainda, que o preço do combustível se situa em torno de 0,736 €/l (valores de Dezembro de 2015), a economia anual em combustível seria de, aproximadamente, € 22.832 (tabela 4). Como a adoção de novos materiais na construção da rede representam uma despesa de cerca de € 500, o armador recuperaria o investimento em apenas 3 meses.

Tabela 4 - Redução anual de combustível que se obtém, em função da velocidade, com a utilização da rede de arrasto CM2 ao invés de CM1.

| V (nós) | Poupança de combustível na viagem (l) | Poupança mensal de combustível (l) | Preço combustível (€/l) | Poupança mensal de combustível (€) | Poupança anual de combustível (€) |
|------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 3,8 | 63 | 1522 | 0,736 | 1120 | 12321 |
| 4,0 | 118 | 2820 | 0,736 | 2076 | 22832 |
| 4,2 | 177 | 4242 | 0,736 | 3122 | 34347 |
| 4,4 | 172 | 4122 | 0,736 | 3034 | 33376 |

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A rede de arrasto modificada CM2 apresentou um melhor desempenho quando comparado com o da rede CM1, resultando numa redução significativa do consumo de combustível para toda a gama de velocidades de arrasto. Isto resulta de uma melhor filtração, obtida devido à utilização de materiais com maior tenacidade (como Euroline Premium e Euroline), que permitem a utilização de fios de menor diâmetro, e a um aumento da malhagem nas asas e nos painéis frontais de ambas as faces da rede. Obteve-se, assim, uma redução global da superfície de fio em cerca de 30%.

Estes resultados mostram que, mesmo na ausência de grandes alterações ao projeto destas redes, frequentemente de difícil aceitação por parte dos mestres, é possível conseguir uma

diminuição relevante do consumo de combustível alterando o material constituinte dos panos de rede e a malhagem. Na verdade, o mestre declarou ter notado, no decurso dos ensaios experimentais, um melhor comportamento do navio durante a operação de arrasto, estando o motor menos sobrecarregado ("*navio mais leve*"), especialmente às velocidades de arrasto mais elevadas, não tendo sido registadas alterações negativas na eficiência de captura para as principais espécies-alvo. A serem introduzidas alterações adicionais, estas seriam no sentido do aumento do volume filtrado, através do aumento da área da boca da rede.

A rede de arrasto modificada continuou a ser utilizada a bordo do navio "Cruz de Malta", na sua atividade comercial diária. Na sequência de contactos estabelecidos com o mestre da embarcação, por forma a aferir o comportamento da rede em atividade, este manteve a sua opinião inicial, tendo manifestado a intenção de encomendar redes de arrasto adicionais construídas com os mesmos materiais e características. Espera-se que com os resultados obtidos neste estudo, realizado pelo IPMA em colaboração com um armador da pesca por arrasto, seja possível sensibilizar outras unidades da frota no sentido de se conseguir uma substituição, pelo menos parcial, do polietileno atualmente utilizado por materiais de maior tenacidade.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.; STEWART, A.; CURTIS, H.; DAWE, R., 2013. 2011 Economic Survey of the UK Fishing Fleet. Key Features. Seafish Authority, 23 p.
- CHEILARI, A.; GUILLEN, J.; DAMALAS, D.; BARBAS, T., 2013. Effects of the fuel price crisis on the energy efficiency and the economic performance of the European Union fishing fleets. *Marine. Policy*, 40: 18-24.
- FRIDMAN, A.L., 1986. Calculations for fishing gear designs. FAO, 242 pp.
- HABY, M., GRAHAM, G., 2014. Reducing Fuel Use in the Southeastern U.S. Shrimp Fishery with Vented, Cambered Doors and Braided, Sapphire Webbing. Texas Sea Grant College Program Staff Paper. 30p.
- PARENTE, J., CAMPOS, A., HENRIQUES, V., FONSECA, P., 2007. Tipologia das embarcações da frota portuguesa de arrasto. *Relat. Cient. Téc. IPIMAR, Série digital*, nº41, 32 p.
- PARENTE, J., FONSECA, P., HENRIQUES, V., CAMPOS, A., 2008. Strategies for Improving Fuel Efficiency in the Portuguese Trawl Fishery. *Fisheries Research*, 93: 117-127.

STERLING, D.,2013. The Methodical Introduction of High Strength Netting to the Prawn Trawling Industry in Queensland. Fisheries Research and Development Corporation, Australian Government, 79 p.

