



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

**PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DO PERMUTADOR
DE CALOR DE UMA UNIDADE ENERGÉTICA
ÓLEO-HIDRÁULICA**



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DO PERMUTADOR DE CALOR DE UMA UNIDADE ENERGÉTICA ÓLEO-HIDRÁULICA

Estudo realizado para o Núcleo de Comportamento de Estruturas

Lisboa • maio 2023

OAC&T INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO 214/2023 – CIC/NSEM

Título

**PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DO PERMUTADOR DE CALOR DE UMA UNIDADE ENERGÉTICA
ÓLEO-HIDRÁULICA**

Autoria

CENTRO DE INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Ulisses Fernandes

Investigador Auxiliar, Núcleo de Sistemas Eletrotécnicos e Mecânicos

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 214/2023

Proc. 0903/1302/2314803

PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DO PERMUTADOR DE CALOR DE UMA UNIDADE ENERGÉTICA ÓLEO-HIDRÁULICA

Resumo

É apresentada uma proposta de substituição do permutador de calor de uma unidade energética óleo-hidráulica, que abastece duas prensas hidráulicas de ensaio de materiais do Núcleo de Comportamento de Estruturas do Departamento de Estruturas.

A implementação desta medida poderá reduzir o consumo de água no laboratório em cerca de 1,5 m³/h a 4 m³/h, dependendo das condições de funcionamento. O custo de aquisição do permutador de calor proposto será de cerca de 1416 €, com IVA incluído.

Palavras-chave: Unidade energética óleo-hidráulica / Permutador de calor / Prensa hidráulica

PROPOSAL FOR THE REPLACEMENT OF THE HEAT EXCHANGER OF A HYDRAULIC OIL UNIT

Abstract

A proposal is presented to replace the heat exchanger of a hydraulic power pack used to supply two hydraulic material test presses of the Structural Behavior Unit of the Structures Department.

The implementation of this measure may reduce the water consumption in the laboratory by about 1.5 m³/h to 4 m³/h depending on the operating conditions. The purchasing cost of the proposed heat exchanger will be around €1416, including VAT.

Keywords: Hydraulic power pack / Heat exchanger / Hydraulic press

Índice

1	Introdução	1
2	Estrutura	2
3	Caraterização da unidade energética óleo-hidráulica.....	3
4	Caraterização do sistema de arrefecimento	4
	4.1 Descrição do permutador de calor atual.....	4
	4.2 Balanço energético ao permutador de calor	5
5	Caraterização da solução proposta	7
6	Conclusões.....	9
	Referências bibliográficas	10

Índice de figuras

Figura 4.1 – Permutador de calor da unidade óleo-hidráulica	4
Figura 5.1 – Capacidade de dissipação em função do caudal de óleo (http://www.ira.it)	7
Figura 5.2 – Dimensões do permutador de calor (RAL50/5 220 V, http://www.ira.it)	8

Índice de quadros

Quadro 3.1 – Principais características da unidade óleo-hidráulica	3
Quadro 4.1 – Condições de projeto do permutador de calor MG 131-535-4.....	5
Quadro 5.1 – Dados técnicos do permutador de calor proposto (http://www.ira.it)	8

1 | Introdução

O Núcleo de Comportamento de Estruturas (NCE) do Departamento de Estruturas (DE) do LNEC, dispõe de diversos equipamentos para ensaios de tração e compressão de materiais, dos quais se destacam as prensas hidráulicas Baldwin/Schenck e MFL. O fornecimento do óleo a estas duas prensas é feito através de uma unidade energética óleo-hidráulica com capacidade para bombear óleo em condições de caudal e temperatura adequadas para realizar os ensaios pretendidos.

O circuito óleo-hidráulico, em consequência da turbulência e do atrito nas tubagens e nas válvulas, sofre um aumento considerável da temperatura, o que exige a utilização de um sistema de refrigeração. Neste sistema, o arrefecimento do óleo é feito através de um permutador de calor água/óleo que utiliza água da rede para manter a temperatura e garantir as características físico-químicas do fluido hidráulico.

Atendendo à necessidade de minimizar o consumo de água no laboratório, torna-se imprescindível a utilização de equipamentos que permitam obter uma maior poupança no consumo deste recurso.

Neste sentido, foi feito um levantamento de dados e informação sobre todos os componentes do sistema atual, com o objetivo de analisar as condições de funcionamento e apresentar uma proposta de substituição do permutador de calor, como uma medida que poderá contribuir para a redução do consumo de água no laboratório.

2 | Estrutura

Este relatório está estruturado em 6 capítulos, efetuando-se, em seguida, um breve resumo do conteúdo dos capítulos de 3 a 6.

O capítulo 3 começa com uma breve caracterização da unidade óleo-hidráulica objeto deste estudo, onde foram identificados os principais componentes através da recolha de informação sobre o modo e as condições de funcionamento da instalação.

No capítulo 4 foi feita uma caracterização do permutador de calor, identificado o tipo e o modelo do permutador, as condições de projeto e a capacidade de dissipação térmica em condições de projeto.

Segue-se o capítulo 5, onde foi analisada e caracterizada a solução proposta bem como a discussão dos resultados e o custo de aquisição do permutador de calor proposto.

Por fim, apresentam-se as conclusões, onde se encontra um resumo dos resultados esperados com a implementação da medida proposta.

3 | Caraterização da unidade energética óleo-hidráulica

Conforme referido anteriormente, a unidade energética óleo-hidráulica fornece o caudal de óleo, a uma determinada pressão, às prensas de ensaios Baldwin/Schenck e MFL. É constituída por um reservatório de óleo, uma bomba de alta pressão acionada por um motor elétrico, filtros de baixa e de alta pressão e um permutador de calor água/óleo, onde se realizam as trocas térmicas entre o óleo a arrefecer e a água. O óleo utilizado é da marca Renolin B15 VG 46, produzido pela empresa do grupo FUCHS. Este óleo apresenta uma massa específica de 880 kg/m³ e seu calor específico é de, aproximadamente 1,88 kJ/kg.K, à temperatura de 20 °C. A tabela 1 apresenta um resumo das principais características desta unidade óleo-hidráulica.

Quadro 3.1 – Principais caraterísticas da unidade óleo-hidráulica

Potência do motor (kW)	18,5
Caudal de óleo (lt/min)	27
Pressão máxima (bar)	280
Temperatura min/máx (°C)	15/70
Capacidade do reservatório (lt)	200

4 | Caraterização do sistema de arrefecimento

4.1 Descrição do permutador de calor atual

O arrefecimento do óleo hidráulico é feito através de um permutador de calor que permite manter a temperatura do óleo num valor aproximadamente constante para garantir um funcionamento seguro e eficiente do equipamento. O permutador utilizado nesta unidade óleo-hidráulica é do tipo carcaça e tubos da marca EMMEGI, modelo MG 131-535-4 (<http://www.emmegi-heatexchangers.com>). Este tipo de permutador de calor é constituído por um feixe de tubos onde circula o fluido interno (neste caso a água). Os tubos são envolvidos por uma carcaça cilíndrica, onde circula o óleo.

Com base na informação disponível verificou-se que este permutador foi projetado para caudais de óleo entre os 80 lt/min e os 200 lt/min. A temperatura de entrada do óleo pode ser ajustada no regulador de temperatura num intervalo que varia entre os 40 °C e os 65 °C, para que a temperatura do óleo à entrada do reservatório não exceda os 60 °C. A figura 3.1 mostra um esquema do permutador de calor indicando as entradas e saídas dos fluidos. A tabela 2 mostra as condições de projeto deste permutador de calor (MG 131-535-4).

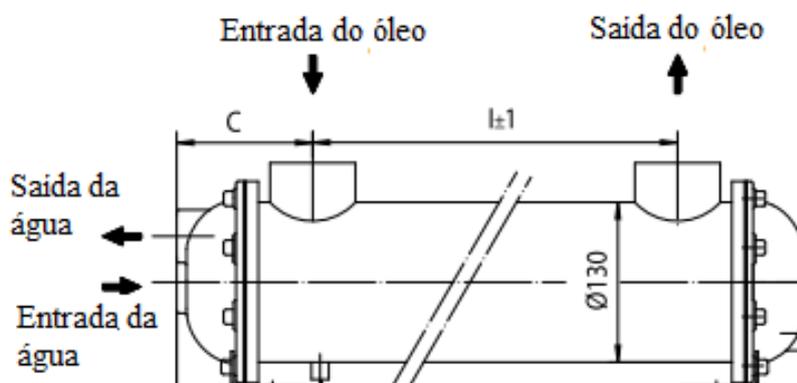


Figura 4.1 – Permutador de calor da unidade óleo-hidráulica

Quadro 4.1 – Condições de projeto do permutador de calor MG 131-535-4

Caudal de óleo mín/máx (lt/min)	80/200
Potência térmica min/max (kW)	17,9/47,0
Pressão máxima (bar)	12
Temperatura do óleo à entrada (°C)	55
Temperatura da água à entrada (°C)	20

4.2 Balanço energético ao permutador de calor

O primeiro passo foi analisar as condições de projeto do permutador de calor, uma vez que não existem sondas de temperatura nem caudalímetros à entrada e à saída do permutador. O calor dissipado por unidade de tempo (\dot{Q}), kW, pode ser facilmente calculado, fazendo um balanço energético ao permutador. Para efectuar o balanço energético foram utilizadas as Equações 1-3, onde \dot{m} (kg/s) representa o caudal mássico do fluido, T_e e T_s , as suas temperaturas de entrada e de saída, respetivamente, e C_p (kJ/kg.K) o seu calor específico médio (Bergman *et al.*, Levenspiel). Na primeira equação assume-se que o calor cedido pelo fluido quente é igual ao calor recebido pelo fluido frio.

$$\dot{Q} = \dot{Q}_q = \dot{Q}_f \quad (1)$$

$$\dot{Q}_q = \dot{m}_q C_{pq} (T_{q,e} - T_{q,s}) \quad (2)$$

$$\dot{Q}_f = \dot{m}_f C_{pf} (T_{f,s} - T_{f,e}) \quad (3)$$

O dimensionamento dos permutadores de calor será com base em dois regimes extremos, capaz de suprir as necessidades tanto em carga alta como em carga baixa (Couchinho). Com a análise da documentação disponível verificou-se que este permutador foi dimensionado para refrigerar um caudal máximo de óleo de 200 lt/min, para as condições de temperatura do óleo à entrada de 55 °C e temperatura da água à entrada de 20 °C. Com base nos valores da potência térmica dissipada no permutador, facilmente se pode calcular a temperatura do óleo à saída.

Tendo em conta que, de acordo com as condições de projeto, o aumento da temperatura da água deverá ser de 10 °C a 12 °C, facilmente se pode calcular o caudal da água nas condições de projeto. Neste caso, considerou-se um aumento da temperatura da água de 10 °C.

Procedeu-se à medição da temperatura da água à entrada do permutador com um termómetro de infravermelhos. Assumiu-se que a temperatura medida na superfície da tubagem seria igual à temperatura do fluido no seu interior. Verificou-se que o valor médio da temperatura da água à entrada do permutador está muito próximo do valor assumido no projeto, pelo que não será necessário utilizar qualquer fator de correção para os valores dos caudais obtidos.

Desta forma o caudal da água será de 1,5 m³/h e 4 m³/h para a carga mínima e carga máxima, respetivamente.

5 | Caraterização da solução proposta

A seleção do permutador de calor será realizada com base nos dados técnicos e nas condições de caudal e temperatura do permutador de calor existente.

Desta forma, através da análise desses dados, propõem-se a instalação de um permutador de calor ar/óleo, capaz de suprir as necessidades de transferência de calor do sistema.

O permutador de calor escolhido é o permutador de calor da marca IRA (Modelo RAL50/5, <http://www.ira.it>). Trata-se de um permutador de calor ar/óleo cujo motor do ventilador é alimentado por uma corrente elétrica de 1,3 A e tensão monofásica de 220/230 V (50/60 Hz).

Como se pode ver na figura 2, a capacidade de dissipação varia entre 0,8 kW/°C, para o caudal de óleo de 60 lt/min, e cerca de 1,25 kW/°C para o caudal de óleo de 250 lt/min. A potência do ventilador é de 315 W.

Este permutador é comercializado em Portugal pela empresa Zananco, que também forneceu um orçamento, sendo o custo de aquisição do mesmo de cerca de 1416 € (com IVA incluído).

A implementação desta solução poderá permitir uma redução do consumo de água, que pode variar entre 1,5 m³/h e 4 m³/h, dependendo das condições de funcionamento.

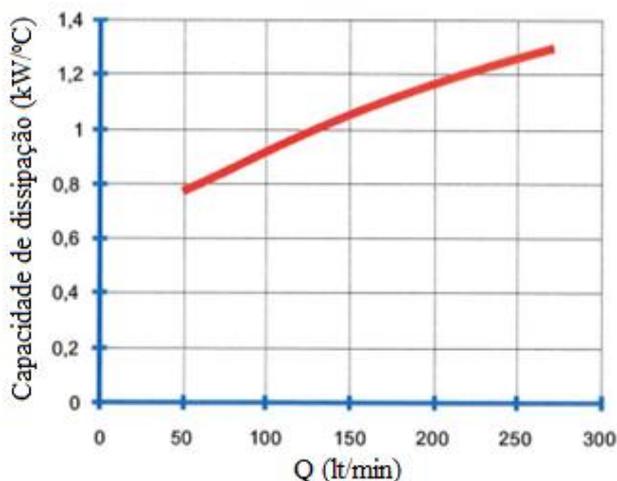


Figura 5.1 – Capacidade de dissipação em função do caudal de óleo (<http://www.ira.it>)

O quadro 5.1 apresenta os dados técnicos do permutador de calor ar/óleo proposto. É de referir que esta proposta constitui uma vantagem relativamente ao sistema existente uma vez que evita o consumo de água.

Quadro 5.1 – Dados técnicos do permutador de calor proposto (<http://www.ira.it>)

Modelo do permutador	RAL50/5 220 V
Caudal de óleo mín/máx (lt/min)	60/250
Capacidade de dissipação mín/máx (kW/°C)	0,8/1,25
Pressão máxima (bar)	26
Caudal de ar (m³/h)	4200
Potência do motor (W)	315
Temperatura do óleo (°C)	60
Temperatura ambiente (°C)	30

A figura 3 mostra o aspeto geral do permutador proposto, onde se pode ver algumas especificações geométricas [6]. Conforme se pode ver, a largura máxima deste permutador de calor é de 610 mm, a altura máxima é de 550 mm, sendo a sua profundidade de 350 mm.

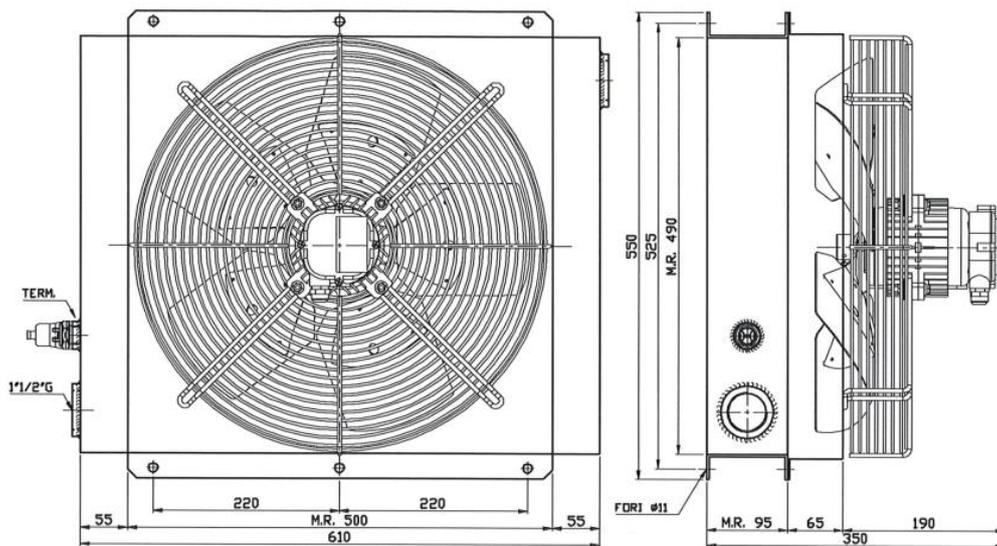


Figura 5.2 – Dimensões do permutador de calor (RAL50/5 220 V, <http://www.ira.it>)

6 | Conclusões

A unidade energética óleo-hidráulica, alvo desta análise, foi identificada como objeto de estudo por ter algum potencial de poupança no consumo de água do laboratório do Núcleo de Comportamento de Estruturas.

Com a análise das condições de funcionamento do sistema de arrefecimento, foi proposta a substituição do permutador de calor atual por um permutador ar/óleo com capacidade para satisfazer as necessidades de arrefecimento da instalação. A implementação desta medida poderá contribuir para reduzir o consumo de água no laboratório em cerca de 1,5 m³/h a 4 m³/h, dependendo das condições de funcionamento.

O permutador de calor proposto é o permutador ar/óleo, da marca IRA (Modelo RAL50/5). O custo de aquisição deste modelo será de cerca de 1416 €, com IVA incluído.

Lisboa, LNEC, janeiro de 2023

VISTOS

O Chefe do Núcleo de Sistemas Eletrotécnicos e
Mecânicos



Paulo Gil de Moraes

AUTORIA



Ulisses Fernandes
Investigador Auxiliar

O Diretor do Centro de Instrumentação Científica



João Carlos Viegas

Referências bibliográficas

BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S.; INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P., 2011 – **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**. Seventh Edition, USA: Wiley Ed. ISBN 13 978-0470-50197-9.

COUCHINHO, T. A. A., 2014 – **Auditoria Energética a uma Instalação de Arrefecimento Industrial**. Departamento de Ambiente e Ordenamento. Universidade de Aveiro.

Heat-exchangers/Oil. Catálogo disponível em <http://www.ira.it>.

LEVENSPIEL, O., 2014 – **Engineering Flow and Heat Exchange**. Third Edition, New York: Springer Ed. ISBN 978-1-4899-7453-2.

Manual da unidade óleo-hidráulica. EQ 01 – Dossier 01. Disponível no laboratório do Núcleo de Comportamento de Estruturas. Departamento de Estruturas. LNEC.

Water-Oil heat-exchangers. Catálogo disponível em <http://www.emmegi-heat-exchangers.com>.



www.lnec.pt

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA • PORTUGAL
tel. (+351) 21 844 30 00
lnec@lnec.pt www.lnec.pt