

MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA POR MEIO DA SUBSTITUIÇÃO DO LUBRIFICANTE MINERAL PELO SINTÉTICO

IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY AFTER REPLACING THE MINERAL LUBE OIL BY THE SYNTHETIC

Leandro Lopes dos Santos[I]
Valdemir Pereira Schiavinato[II]
Gustavo Coser Monteiro Dias[III]

RESUMO

Evoluir a eficiência energética na indústria é uma meta de fundamental importância, afinal, o alto consumo aumenta os gastos e prejudica o meio ambiente. Em um mundo cada vez mais preocupado com sustentabilidade, deve-se continuar trabalhar para aprimorar a eficiência energética dos ativos. O aproveitamento de energia de maneira mais eficiente proporciona um aumento na produtividade e na qualidade do produto acabado. Esse artigo apresenta um estudo de caso baseado na substituição de lubrificante mineral por lubrificante sintético tornando o aproveitamento energético do redutor industrial mais eficiente, que é verificada por meio da redução do atrito e da mão de obra empregada na manutenção do ativo. O lubrificante sintético apresenta durabilidade e desempenho superiores ao mineral, além de demandar um investimento inicial mais elevado, contudo, este estudo de caso comprovou que o investimento se pagou. O redutor, objeto desse estudo de caso, é do tipo helicoidal que necessita de 237 litros de óleo, submetido a um regime de trabalho de 22 horas diárias, seis dias na semana e atua em um motor elétrico de 125 cv. O objetivo desse trabalho foi analisar o consumo de energia elétrica por um motor acoplado a um redutor. Para isso, o estudo de caso constituiu-se da substituição do lubrificante MOBIL 600XP ISO VG680, pelo QUAKER CORVUS FG 460. Como resultado houve uma redução do consumo de potência elétrica pelo motor, da ordem de R$ 159.223,68 ao longo de um ano de operação, 25% abaixo do consumo obtido pelo mesmo motor enquanto o redutor utilizava o lubrificante mineral.

Palavras-chave: Eficiência energética. Custos. Lubrificante mineral. Lubrificante sintético.

ABSTRACT

Evolving energy efficiency in industry is a goal of fundamental importance, considering that the high consumption may increase expenses as well as environmental impacts. In a world increasingly concerned about sustainability, there must be the continuous action to improve the energy efficiency of assets. The best energy use provides the increase in productivity and in the quality of the final product. This article presents a case study based on the replacement of the mineral lube oil for the synthetic lube oil, enabling a more effective energy use by the industrial

[I] Estudante do curso superior de Tecnologia em Manutenção industrial da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo (Fatec Sertãozinho) –SP –Brasil. E-mail:leandro.l.s@hotmail.com
[II] Estudante do curso superior de Tecnologia em Manutenção industrial da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo (Fatec Sertãozinho) –SP –Brasil. E-mail:valdemirstz@hotmail.com
[III] Professor Dr. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo (Fatec Sertãozinho) –SP –Brasil, gustavo.dias10@fatec.sp.gov.br

reducer, also making it possible to reduce the friction and the labor employed in maintaining the asset. The synthetic lube oil has superior durability and better performance than the mineral, although that one requires a higher initial investment, which, according to the results of this research, was offset. The reducer, subject of this case study, is helical and requires 237 liters of oil, submitted to a 22-hour working regime a day, for six days a week, operating on a 125 hp electric motor. The objective of this work was to analyze the electrical energy consumption of a motor coupled to a reducer. For that, the case study consisted of replacing MOBIL 600XP ISO VG680 by QUAKER CORVUS FG 460. As a result, there was a reduction in the electrical power consumption by the engine, about R$ 159,223.68 over one-year operation, 25% lower than the consumption by the same engine operating on mineral lube oil.

Keywords: Energy efficiency. Costs. Mineral lube oil. Synthetic lube oil.

Data de submissão do artigo: 30/06/2023.
Data de aprovação do artigo: 20/10/2023.
DOI: 10.33635/sitefa.v1i1.263

1 INTRODUÇÃO

Na indústria, a maioria das máquinas requer motores elétricos para fornecer potência aos seus componentes e gerar movimentos rotativos ou lineares necessários para executar suas funções. No entanto, muitas vezes, a velocidade de rotação que um sistema exige não corresponde aos valores dos motores disponíveis no mercado. Para superar esse problema, existem diversas opções, como a utilização de correntes, correias planas ou dentadas, volantes de atrito e engrenagens para criar sistemas de redução. Se for necessária uma transmissão de energia eficiente, com sincronização precisa, alta velocidade e movimento suave, a melhor solução seria empregar engrenagens para compor um redutor de velocidade (COLLINS; BUSBY; STAAB, 2019).

O redutor de velocidade, que consiste em um conjunto de engrenagens simples é projetado para adequar a velocidade de entrada fornecida pelo motor à velocidade necessária da máquina, o que resulta em uma transmissão de energia mais suave e silenciosa do que as engrenagens retas convencionais. Ele é formado por pelo menos um trem de engrenagem simples, podendo ser composto por vários eixos e múltiplas engrenagens, conforme a necessidade (NORTON, 2013).

Vislumbrando a competitividade, as indústrias acabam por investir no aperfeiçoamento da eficiência dos processos que estão envoltos da atividade produtiva de um determinado produto. Com isso, a manutenção industrial ganhou espaço neste quesito, focando-se na prolongação da vida útil dos componentes, na maior confiabilidade operacional destes, para assim obter menores custos com manutenção. Dito isso, afirma-se que a lubrificação é uma importante etapa que envolve o processo produtivo. O lubrificante correto, aliado a boas práticas, podem garantir ganhos significativos no processo produtivo (GRAFF, 2018).

Para Holmberg e Erdemir (2017) a lubrificação trata-se da principal forma de reduzir o consumo energético, visto que lida diretamente com as forças de atrito, bem como o desgaste entre as superfícies. Os autores elencam que 23% do consumo energético é oriundo de contatos tribológicos, ou seja, origina-se da lubrificação, atrito e desgaste.

Quando o lubrificante é aplicado, ele forma um filme protetivo entre as superfícies, o que impede o contato direto entre elas. Esse filme é responsável por reduzir o atrito entre as

superfícies, o que consequentemente leva à diminuição do desgaste e do consumo energético (GRAFF, 2018).

O autor ainda acrescenta que a formação do filme protetivo ocorre devido às propriedades do lubrificante, que é capaz de se aderir às superfícies e preencher as irregularidades da sua superfície. Dessa forma, as superfícies ficam separadas pelo lubrificante, o que reduz o contato direto entre elas e diminui o desgaste.

Graff (2018) complementa, externando que o filme protetivo tem um papel importante na redução da corrosão entre as superfícies, uma vez que o lubrificante pode conter aditivos que protegem as superfícies contra a ação de agentes corrosivos.

Por sua vez, Hammamia *et al.* (2017) afirmam que o desgaste e o consumo oriundos destes contatos tribológicos podem ser reduzidos com a utilização de lubrificantes mais eficientes, de melhor performance, de modo que irão preservar e garantir a durabilidade do conjunto.

O trabalho de Hammamia *et al.* (2017) apresenta um estudo de caso que evidencia a operação de um redutor que teve como resultado o aumento da eficiência energética após a substituição do óleo mineral pelo óleo sintético.

Assim sendo, faz-se uso das manutenções preditivas, este tipo de manutenção é exemplificado por Marques e Brito (2019) pelo acompanhamento dos equipamentos durante o seu funcionamento, realizando-se intervenções se o responsável identificar alterações que possam vir a causar falhas operacionais.

Apesar deste tipo de manutenção, como será visto na sequência, demandar um maior investimento inicial, esse artigo demonstrará inúmeros benefícios no que diz respeito à aplicação deste método preventivo, como por exemplo: obtenção de maior proteção do equipamento, não geração de resíduos (borras, lacas e vernizes), maior período de troca (acima de 18.000 horas).

Uma vez que os lubrificantes recebem atenção especial na manutenção industrial, dada a influência desses no comportamento dos ativos, o presente trabalho buscou, por meio de um estudo de casos, entender os efeitos causados pela substituição de um lubrificante mineral por um sintético. O objetivo principal desse trabalho foi analisar o consumo de energia elétrica por um motor acoplado a um redutor, ao qual o objetivo específico dessa pesquisa esteve associado a realizar adequadamente a substituição do lubrificante empregado.

2 METODOLOGIA

O redutor, objeto de estudo desta pesquisa, é do tipo helicoidal que necessita de 237 litros de óleo e está submetido a um regime de trabalho de 22 horas diárias de segunda a sábado, atuante em um motor de 125cv. Para o estudo de caso o redutor fez a substituição do lubrificante MOBIL XP 600 ISO VG680, pelo QUAKER CORVUS FG 460.

O redutor está acoplado ao secador de discos, utilizado para remover o máximo de água possível, de subprodutos de peixes, animais ou aves maiores com baixo teor de gordura. Projetados para usar pressões de vapor de até 10 bar. Essas unidades robustas, são construídas em torno de um rotor que consiste em um eixo central equipado com vários discos aquecidos a vapor. Esses discos aplicam calor indireto a uma grande área em um projeto compacto que remove rápido e efetivamente o vapor de água. Isso significa que o máximo de calor possível é transferido para o material no secador. Na Fotografia 1, tem-se o registro de redutor que fora elencado anteriormente,

Fotografia 1 - Redutora do secador



Fonte: autoria própria (2023)

2.1 Ocorrência

Foi constatado período de troca semestral do lubrificante atualmente utilizado: MOBIL 600 XP ISO VG 680 (mineral). É recomendada pelos fabricantes a troca semestral, quando abaixo de 80°C ou conforme análise do lubrificante. Após 6 meses os lubrificantes minerais podem perder seus aditivos deixando de cumprir sua função.

Foi recomendado pela empresa Engelub o uso do lubrificante especial, 100% sintético e atóxico CORVUS FG 460, que segue a recomendação do próprio fabricante do redutor em relação a viscosidade (ISO VG 460). Por ser um lubrificante rigorosamente selecionado para que uma contaminação de até 10 ppm destes produtos não façam mal à saúde humana.

Inicialmente, foi efetuada uma leitura do consumo energético de acordo com a norma para medição de tensão IEC 61000–4–7 (harmônica), e a norma para medição de corrente IEC 1010 e CE (1997), utilizando óleo mineral MOBIL. A seguir, na Fotografia 2, segue o equipamento: EMBRASUL RE 4001, utilizado para medições de consumo energético com o lubrificante mineral e com lubrificante sintético, instalado no painel elétrico.

Fotografia 2 - Equipamento Embrasul RE 4001 efetuando a leitura do consumo energético do redutor do secador



Fonte: autoria própria (2023)

2.2 Flushing

Após a aferição dos valores de tensão e da corrente elétricas, realizou-se o procedimento de flushing / descontaminação do sistema com agente de limpeza especial QUAKER CONCENTRADO KALORIN H. O agente de limpeza foi utilizado na proporção de 20% do volume total do cárter do redutor de velocidade por aproximadamente 72 horas de operação. Foi retirado 20% do volume do lubrificante mineral, até então utilizado (MOBIL 600XP ISO VG680) e foi adicionado o agente de limpeza QUAKER CONCENTRADO KALORIN H. Em seguida a este procedimento, foi drenado todo o conteúdo do cárter (agente de limpeza e lubrificante mineral) a quente, conforme pode ser observado na Fotografia 3. Posteriormente foi colocado o lubrificante especial sintético QUAKER CORVUS FG 460.

Fotografia 3- Remoção do agente de limpeza/ flusing, Concentrado Kalorin H



Fonte: autoria própria (2023)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eficiência energética consiste num processo que pode ser desempenhado em qualquer ambiente. Para isso, é usada a menor quantidade de energia possível, ou seja, consiste na relação entre a quantidade de energia empregada e aquela disponibilizada para sua realização. Em outras palavras, a eficiência energética é representada pela relação entre a energia útil disponibilizada e a energia total consumida (LORENSETTI, 2021)

Assim como o esperado pelo departamento de manutenção, houve uma melhora na eficiência do redutor, visto o menor consumo energético deste. A Figura 1 demonstra o relatório do consumo energético com o lubrificante QUAKER CORVUS FG 460 e a Figura 2 demonstra o consumo energético com o lubrificante MOBIL 600XP ISO VG680.

Figura 1 - Medição de potência elétrica utilizando lubrificante SINTÉTICO QUAKER CORVUS FG 460

EMBRASUL RE4000/B/H N.S:96406063 V.S.2,00 ANL 2,74 (10 minutos)

Tecnomil Engenharia Industrial LTDA CNPJ: 990 547 510 -20 IE:157 152 325 2222 - 2
Almirante Tamandaré, 207 CEP: 9904746 Porto Alegre RS - Brasil
Tel: 124 45 45 125 47 47 FAX 474 25 22
www.tecnomil.com.br , tecnomil@ig.com.br

RELATÓRIO SEMANAL (Integração = 10 minutos)

Intervalo considerado:
quinta-feira 22/10/2020 11:25:21,00 até quinta-feira 22/10/2020 13:55:21,00

Faixas de horário estabelecidas no software

Intervalo - Fora de ponta:	06:00 - 17:26	21:00 - 24:00
Intervalo - Ponta:	17:26 - 21:00	
Intervalo - Reservado:	00:00 - 06:00	

Semana: QUI 22/10/2020 a QUI 22/10/2020

Horário	Consumo [kWh]	Geração [kWh]	Reativa [kVArh]	FP
Ponta	0,000	0,000	0,000	1,000 ind
Fora de ponta	129,461	0,000	112,403	0,755 ind
Reservado	0,000	0,000	0,000	1,000 ind
Total	**129,461**	**0,000**	**112,403**	**0,755 ind**

Fonte: Embrasul RE 4001 (2020)

Figura 2- Relatório Semanal utilizando lubrificante mineral MOBIL 600 XP ISO VG680

EMBRASUL RE4000/B/H N.S:96406144 V.S.2,00 ANL 2,74 (1 minuto)

Tecnomil Engenharia Industrial LTDA CNPJ: 990 547 510 -20 IE:157 152 325 2222 - 2
Almirante Tamandaré, 207 CEP: 9904746 Porto Alegre RS - Brasil
Tel: 124 45 45 125 47 47 FAX 474 25 22
www.tecnomil.com.br , tecnomil@ig.com.br

RELATÓRIO SEMANAL (Integração = 1 minuto)

Intervalo considerado:
quarta-feira 05/02/2020 10:30:00,00 até quarta-feira 05/02/2020 13:30:00,00

Faixas de horário estabelecidas no software

Intervalo - Fora de ponta:	06:00 - 17:26	21:00 - 24:00
Intervalo - Ponta:	17:26 - 21:00	
Intervalo - Reservado:	00:00 - 06:00	

Semana: QUA 05/02/2020 a QUA 05/02/2020

Horário	Consumo [kWh]	Geração [kWh]	Reativa [kVArh]	FP
Ponta	0,000	0,000	0,000	1,000 ind
Fora de ponta	170,992	0,000	138,711	0,777 ind
Reservado	0,000	0,000	0,000	1,000 ind
Total	**170,992**	**0,000**	**138,711**	**0,777 ind**

Fonte: Embrasul RE 4001 (2020)

Conforme medição supracitada observa-se os resultados a seguir apresentados:

Custo do kW/h R$ - Com base no Consumo por Hora

· **Inicialmente** - lubrificante mineral Mobil 600 XP 680 (mineral): 170,992 kW/h

· **Após processo** - lubrificante sintético QUAKER CORVUS FG 460: 129,461 kW/h

· Economia em kW/h: 41,53 kW/h

· Economia em percentual: 22,28%

Nestes termos, a Tabela 1 externa, em números, a projeção/eficiência alcançada. Apresenta-se o comparativo entre os lubrificantes, bem como o resultado atingido em termos de economia.

O valor base para métrica de consumo é o equivalente a R$ 0,60 por kW/h.

Tabela 1 - Comparativo entre o lubrificante mineral e sintético (op. de 22 horas diárias).

MOBIL 600 XP ISO VG 680	QUAKER CORVUS FG 460	Economia
R$ 0,60 x 170,99	R$ 0,60 x 129,46	41,53 kW/h ou 22,28%
R$ 102,59 / hora	R$ 77,67 / hora	R$ 24,92 / hora
R$ 2.256,08 / dia	R$ 1.708,74 / dia	R$ 547,34 / dia
R$ 54.167,08 / mês	R$ 41.009,76 / mês	R$ 13.157,76 / mês
R$ 650.010,24 / ano	R$ 490.786,56 / ano	R$ 159.223,68 / ano

Fonte: autoria própria (2023)

A seguir, na Tabela 2, tem-se o comparativo de investimento que fora realizado para desenvoltura do processo. Elencou-se os produtos utilizados, custo por litro e investimento total.

Tabela 2 - Comparativo de preço entre lubrificante mineral e sintético

Tipo de Lubrificante	Preço por Litro	Investimento para 237 L
MOBIL 600 XP 680	R$ 28,70	R$ 6.801,90
QUAKER CORVUS FG 460	R$ 145,30	R$ 34.436,10
QUAKER CONCENTRADO KALORIN H	R$ 72,53 x 20% da capacidade	R$ 3.437,92

Fonte: autoria própria (2023)

O lubrificante Corvus FG 460 está em operação desde outubro de 2020.

Segundo o laudo do produto coletado representado pela amostra encontra-se em condições de uso. De acordo com as normas ASTM D445 19 de outubro de 2022, D974 20 de janeiro de 2023, D5185 12 de abril de 2018, D7684 01 de dezembro de 2020 e D8184 24 de junho de 2019, os resultados obtidos em análises químicas e físicas, assim como a determinação dos contaminantes de origem externa e de desgaste indicam desempenho satisfatório do sistema lubrificado.

4 CONCLUSÃO

A utilização do lubrificante sintético gerou uma redução dos custos de manutenção. Isso ocorreu devido à melhora na lubrificação, resultante da diminuição do atrito e melhoria da eficiência energética reduzindo o consumo, o desgaste excessivo dos componentes e, consequentemente, a necessidade de reparos frequentes. Com isso, foi possível economizar com a mão de obra para reparos.

Após a finalização deste estudo, fica evidente a vantagem da utilização do lubrificante sintético em meio ao processo produtivo, isto é uma das boas práticas que podem ser adotadas pela empresa para tornar seus processos mais eficientes, de maior qualidade, com menor custo, por conseguinte fazendo com que a companhia aumente sua competitividade perante os *players* do mercado.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERAILS. **ASTM D445-21e2**. Disponível em: https://www.astm.org/d0445-21e02.html /. Acesso em: 21 set. 2023.

_____. **ASTM D974-22**. Disponível em: https://www.astm.org/d0974-22.html/. Acesso em: 21 set. 2023.

_____. **ASTM D5185-18**. Disponível em: https://www.astm.org/d5185-18.html?lang=pt-BR/. https://www.astm.org/d0974-22.html/. Acesso em: 21 set. 2023.

_____. **ASTM D7684**. Disponível em: https://www.astm.org/d7684-11r20.html/. Acesso em: 21 set. 2023.

_____. **ASTM D8184**. Disponível em: https://www.astm.org/d8184-18e01.html/. Acesso em: 21 set. 2023.

COLLINS, J. A., BUSBY, H. R. e STAAB, G. H., 2019. **Projeto mecânico de elementos de máquinas**: uma perspectiva de prevenção de falha. LTC, Rio de Janeiro, 2.ed.

EMBRASUL. **RE4001**. Disponível em: https://embrasul.com.br/produtos/re4001/. Acesso em: 15 ag. 2023.

GRAFF, J. S.. **Análise de performance tribológica de lubrificantes aplicados a um redutor de engrenagens.** 2018. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/181342. Acesso em: 29 ag. 2023.

HAMMAMIA, M.; *et al*. Axle gear oils: Friction, wear and tribofilm generation under boundary lubrication regime. **Tribology International** 114 (2017) 88–108.

HOLMBERG, K.; ERDEMIR A. Influence of tribology on global energy consumption, costs and emissions, **Friction 5**(3): p 263–284 (2017).

LORENSETTI, R. Entenda a importância da eficiência energética industrial. **COONTROL**, 2021. Disponível em: https://blog.coontrol.com.br/a-importancia-da-eficiencia-energetica-industrial/. Acesso em: 13 ago. 2023.

MARQUES, A. C.; BRITO J. N. Importância da manutenção preditiva para diminuir o custo em manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 7, p. 8913-8923, 2019.

NORTON, R. L., 2013. **Projeto de Máquinas:** uma abordagem integrada. Bookman, Porto Aleger, 4. ed., 2013.