

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UM SISTEMA DE MOTO-REDUTOR ACOPLADO A UMA CORREIA TRANSPORTADORA

Fransico Rodrigo P. de Magalhães, Ricardo S. T. Pontes, Adson B. Moreira

Laboratório de Eficiência Energética em Sistemas Motrizes, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará
Caixa Postal 6001, Campus do PICI, Bloco 705, CEP: 60455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil
E-mails: rodrigo@dee.ufc.br, ricthe@dee.ufc.br, adson@dee.ufc.br

Abstract: This current paper has the objective of demonstrating the energetic efficiency potential in an industrial transporter based in conveyour belt, by the substitution of the type of lubricating oil in the speed reducing mechanical device linked to the trigger motor. This approach compares the energetic efficiency between mineral oils and synthetic oils discussing the physico-chemical behaviour of these lubricating componets inherent to the process. Copyright © 2009 CBEE/ABEE

Keywords: Conveyour belt, energy efficiency, lubricate oil, kinematic viscosity.

Resumo: O presente trabalho objetiva demonstrar um potencial de eficiência energética em um transportador industrial, baseado em correia transportadora, através da substituição do tipo de óleo lubrificante no dispositivo mecânico de redução de velocidade acoplado ao motor de acionamento. Esta abordagem compara a eficiência energética de óleos minerais e sintéticos discutindo o comportamento físico-químico dos elementos lubrificantes inerente ao processo.

Palavras Chaves: Eficiência energética, correia transportadora, óleo lubrificante, viscosidade cinemática.

1 INTRODUÇÃO

No início deste século a matriz energética brasileira passou por uma revisão na forma do uso racional de seus recursos tanto na indústria como no comércio e nas residências englobando uma campanha nacional em que todos os setores da sociedade estavam envolvidos. Deste novo olhar sobre a utilização da energia elétrica, a partir da crise desencadeada no ano de 2003, o governo intensificou ações específicas para reduzir o desperdício de energia elétrica em todo o país. Após esta primeira fase, programas como Procel Indústria da Eletrobrás deram continuidade ao conceito de eficiência energética, especificamente, dentro da indústria como o setor de maior parcela de contribuição em consumo no Brasil e no mundo, portanto, maior fonte em potencial de redução de energia.

Desde então, estudos levaram a ações implantadas nos mais diversos sistemas industriais típicos como compressores, bombas hidráulicas, exatores e ventiladores com grande sucesso e eficiência. Atualmente, novas áreas para aplicação da eficiência energética são denominados casos especialistas onde cada sistema é estudado de forma independente e os resultados de eficiência energética se mostram reduzidos, porém, não com menor importância para a área. Um exemplo desta nova área é a adequação de um óleo lubrificante em um equipamento de redução de velocidade.

2 LAMOTRIZ: LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS MOTRIZES

O Lamotriz da Universidade Federal do Ceará – UFC foi concebido pelo Departamento de Engenharia Elétrica da UFC, contruído com o apoio financeiro da Eletrobrás e inaugurado em 2006. Dispõe de cinco diferentes plantas industriais para estudos de eficiência energética. São elas: bombas hidráulicas, compressor, correias transportadoras, ventiladores axial e radial e bancada para motores do tipo padrão e de alto rendimento.

2.1 Bancada das Correias Transportadoras

Nesta bancada foram realizados os ensaios para este trabalho, encontram-se quatro esteiras formando um percurso fechado totalizando 10,8 metros de extensão (Fig.1). O acionamento independente é realizado via inversor de frequência ou do modo convencional utilizando redutores de velocidade nas saídas dos eixos dos motores de indução.

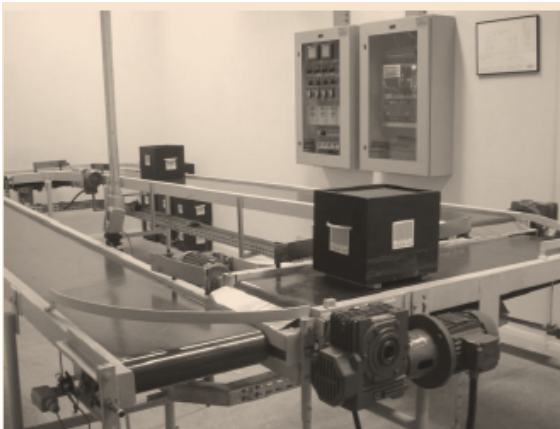


Figura 1: Bancada das correias transportadoras do LAMOTRIZ/UFC.

2.2 Conjunto moto-redutor

Em sistemas de correias transportadoras, o mecanismo mais utilizado como forma de acionamento é a partida direta pelo conjunto moto-redutor. Além de confiáveis, estes equipamentos permitem que se mantenha o torque elevado e constante para uma variação sensível de carga. Uma característica desse tipo de acionamento é que a velocidade de ponta de eixo entregue pelo redutor de velocidade é constante e determinada pela relação de transformação pré-definida pelo fabricante. O redutor utilizado neste trabalho é ilustrado na figura 2.



Figura 2: Detalhe conjunto moto-redutor.

Do tipo coroa e rosca sem fim, sua relação de redução é de 80:1 e utiliza óleo lubrificante com viscosidade ISO VG 680.

3 ÓLEOS LUBRIFICANTES

Dentro da indústria vários equipamentos mecânicos requisitam uma lubrificação para o seu correto funcionamento. Os óleos lubrificantes podem ser classificados como óleos minerais, sintéticos, graxos e óleos compostos. Eles são responsáveis por criar uma película que irá proteger contra o contato metal-metal das partes móveis destes equipamentos oferecendo a mínima resistência ao movimento.

3.1 Óleo mineral x óleo sintético

Os óleos minerais são obtidos a partir do petróleo bruto. Eles passam por diversos processos de refino dos quais dão origem a frações sendo classificados a partir do óleo cru que lhes deram origem. Podem ser do tipo aromáticos, parafínicos e naftênicos sendo os aromáticos não indicados para fins de lubrificação.

A particularidade dos óleos sintéticos é que eles são fabricados artificialmente e adicionados, à sua formulação, agentes aditivos que tem como finalidade melhorar aspectos como ponto de fluidez, viscosidade e resistência a oxidação. Lubrificantes de origem mineral também pode ser adicionado à sua composição aditivos acima mencionados.

Os óleos minerais dominam a grande parte das aplicações industriais influenciado também pelo seu valor comercial mais atrativo, os sintéticos são, portanto, utilizados em situações específicas onde há condições adversas como a temperatura elevada de trabalho ou alto grau de oxidação por parte do ambiente. Onde os óleos de origem mineral não podem atuar, os sintéticos vêm para atender essa necessidade.

3.2 Viscosidade

A viscosidade de um fluido, ou um óleo lubrificante como é o caso em estudo, é a propriedade que determina o valor de sua resistência ao cisalhamento (Carreteiro, 1998). Ela tem influência da interação das moléculas de sua composição.

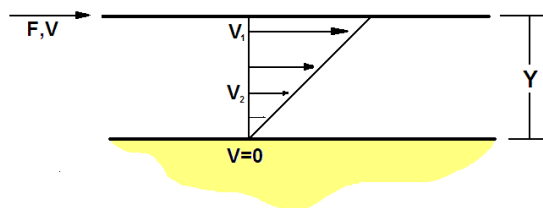


Figura 3: Comportamento de um fluido quanto ao movimento.

A análise física da viscosidade pode ser compreendida através da figura 3. Ela mostra duas placas posicionadas paralelamente a uma distância Y (uma fixa e outra móvel sob ação da força F) possuam, entre elas, um fluido qualquer. A partir da aplicação da força F na placa superior no sentido indicado, o fluido em contato com esta superfície irá se mover com a mesma velocidade V da placa em movimento. Na mesma linha vertical, porém, na placa inferior fixa, a velocidade em relação ao movimento é nula. Então, deduzimos que a força F é diretamente proporcional à área A da placa móvel e à velocidade V e sendo também inversamente proporcional a distância da placa fixa conforme equação (1).

$$F = \mu \frac{AV}{y} \quad (1)$$

Para aplicações práticas, o conceito de viscosidade empregado é o da *viscosidade cinemática* que é dada pelo quociente da viscosidade absoluta pela densidade. Sua unidade é o stoke onde é comumente empregado na indústria e sua unidade é dada em centistokes (cSt) que tem como dimensões centímetros quadrados por segundo. Um stoke equivale a 100 cSt.

Existem diversas formas de se obter o valor da viscosidade de um fluido. Para isso, equipamentos conhecidos como viscosímetros são utilizados. Os mais conhecidos são os viscosímetros Saybolt, Redwood e Engler.

3.3 Influência da temperatura

O comportamento do óleo quanto da sua viscosidade é uma relação inversa com a temperatura, ou seja, quanto mais elevada a temperatura de trabalho do óleo, menos viscoso ele se torna. Portanto, para análise da viscosidade de qualquer fluido, deve-se considerar o valor da temperatura de trabalho. Dados de fabricantes de lubrificantes em geral, sempre trazem em suas

especificações técnicas valores de viscosidade cinemática a 37,8°C (100 °F) e 98,9°C (210 °F).

3.4 Índice de viscosidade (IV)

O índice de viscosidade é um parâmetro que pode ser determinado baseado-se em escalas empíricas. O objetivo é de expressar, apenas com um número, a influência da temperatura na viscosidade do fluido. Quanto maior o valor de IV, menor a variação da viscosidade com a variação da temperatura.

O cálculo do IV parte de padrões obtidos a partir de duas séries de óleos. Um escolhido arbitrariamente com $IV=0$ e outro com $IV=100$. Daí:

$$IV = \frac{L-U}{L-H} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

- L = viscosidade a 100 °F de um óleo de índice de viscosidade 0, tendo a mesma viscosidade a 210 °F do óleo em estudo;
- H = viscosidade a 100 °F de um óleo de índice de viscosidade 100, tendo a mesma viscosidade a 210 °F do óleo em estudo;
- U = viscosidade a 100 °F do óleo em estudo.

Segundo Carreteiro (1998) apesar de simples, o cálculo apresenta algumas distorções como, por exemplo, resultados divergentes para faixa de viscosidade abaixo de 8 cSt a 210 °F.

Para se corrigir este fato, as seguintes fórmulas foram concebidas:

$$N = \frac{\log H - \log U}{\log V_{210^\circ F}} \times 100 \quad (3)$$

$$IV = \left[\frac{(\text{anti log } N) - 1}{0,0075} \right] + 100 \quad (4)$$

Onde $V_{210^\circ F}$ representa a viscosidade cinemática do óleo em estudo a 210 °F.

Se o valor de H for maior que 75 há a necessidade de utilizar-se da seguinte expressão:

$$H = 0,19163y^2 + 12,6564y - 102,58 \quad (5)$$

Em que y é a viscosidade a 210 °F dada em cSt.

Toda a formulação apresentada acima pode ser interpretada graficamente através da curva viscosidade-temperatura (fig. 4) onde o eixo horizontal representa a temperatura do óleo e o eixo vertical o valor da viscosidade cinemática dada em cSt. Por ser este último

representado em escala logarítmica, as curvas acabam por se aproximar de retas.

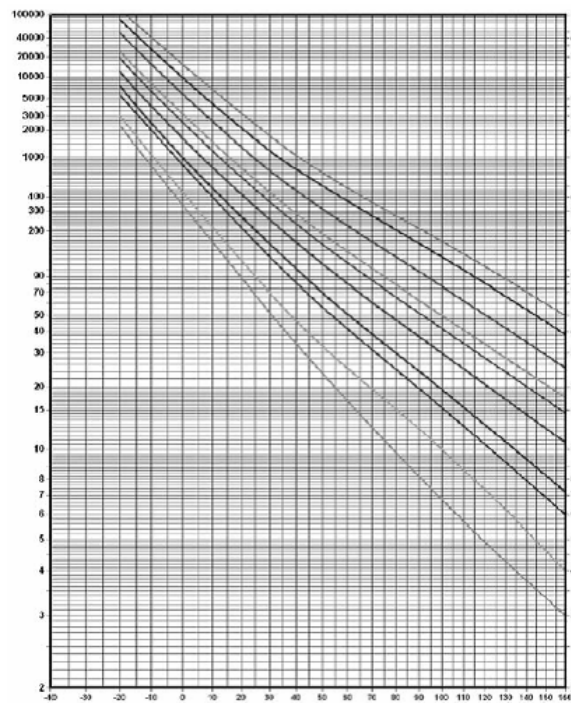


Figura 4: Curvas viscosidade-temperatura.

Graficamente, podemos dizer que o valor de IV representa a inclinação da curva viscosidade-temperatura do óleo em estudo. Quanto maior o valor de IV, menor a inclinação da curva em relação a horizontal.

4 ENSAIOS E RESULTADOS

O método para análise se deu de forma que dois óleos de origens diferentes (um mineral e outro sintético) fossem testados no conjunto moto-redutor obtendo, com isso, a potência ativa consumida durante um processo pré-determinado. Para tanto, determinou-se como sendo o óleo lubrificante mineral um dos recomendados pelo fabricante que chamaremos de “tipo A” enquanto o óleo sintético será determinado de acordo com a sua temperatura de operação e a influência desta no valor da viscosidade.

Tabela 1: Valores de IV e viscosidade cinemática para as temperaturas de 100°F e 210°F dados em cST.

Lubrificantes sintéticos					Óleo tipo A
Tipo:	ISO 220	ISO 320	ISO 460	ISO 680	ISO 680
IV:	241	250	255	273	94
100°F	220	320	460	680	680
210°F	41	58	79	116	39,2

4.1 Escolha do lubrificante sintético

A escolha se deu levando em consideração a folha técnica dos óleos lubrificantes em teste e uma informação do manual técnico do fabricante do redutor. Desta forma, agora recorrendo as folhas de dados dos fabricantes de lubrificantes, tomamos os valores de viscosidade para 100 °F e 210 °F e traçamos as curvas IV utilizando o gráfico viscosidade-temperatura para o óleo lubrificante mineral tipo A, óleo lubrificante sintético tipo B e vários outros lubrificantes sintéticos para comparação seguindo a tabela 1.

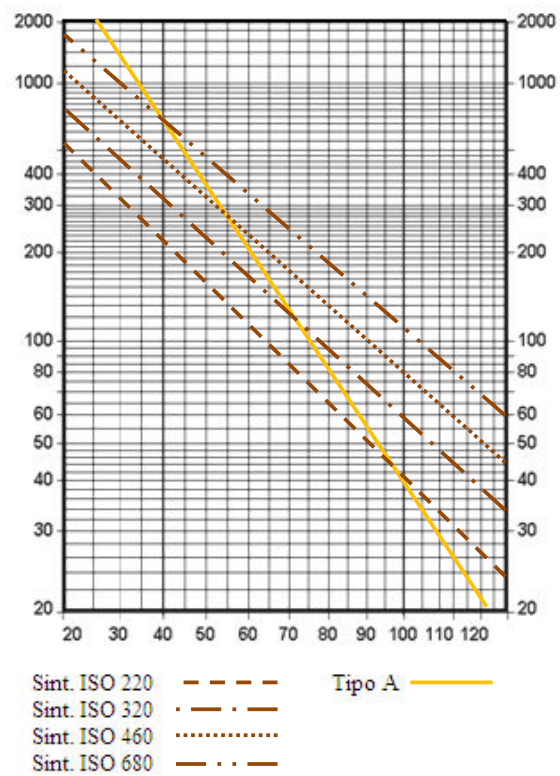


Figura 5: Curvas viscosidade-temperatura para o lubrificante tipo A e todos os lubrificantes sintéticos ensaiados.

Para determinar o óleo sintético desejado, verificamos a temperatura de trabalho de cada tipo. Segundo manual do fabricante do redutor a temperatura na parte externa do redutor é 15°C inferior a temperatura de trabalho do óleo no seu interior. Realizadas as medições de temperatura, as conclusões quanto as temperaturas de trabalhos são observadas na tabela 2.

Para a situação apresentada, recorremos novamente as curvas viscosidade-temperatura da figura 5 e verificamos qual lubrificante sintético se aproxima mais da viscosidade de trabalho do óleo tipo A. Pela análise, verificamos que o sintético ISO VG 320 se mostra mais próximo do comportamento do óleo mineral para uma pequena variação de temperatura de trabalho. Assim, adotamos este como sendo o nosso óleo tipo B.

Tabela 2: Temperatura na carcaça e do óleo dada em °C.

	Lubrificantes sintéticos				Óleo tipo A
Tipo:	ISO 220	ISO 320	ISO 460	ISO 680	ISO 680
Carcaça	36	40	42	45	48
Óleo	51	55	57	60	63

4.2 Procedimento Experimental

O procedimento experimental se baseou em submeter a correia transportadora a três níveis de carregamento utilizando cada tipo de óleo testado: a vazio, 25 kilogramas e 40 kilogramas. Para cada carregamento o tempo de uma hora foi adotada, portanto, cada ensaio dura três horas. Desta forma, registrou-se os dados das medições para esse período que nos serviu para efeito de comparação entre o lubrificante tipo A e o tipo B.

O dado principal gerado pela memória de massa dos dados aquisicionados foi a potência ativa do sistema de correia transportadora o que pode ser verificamos na figura 6.

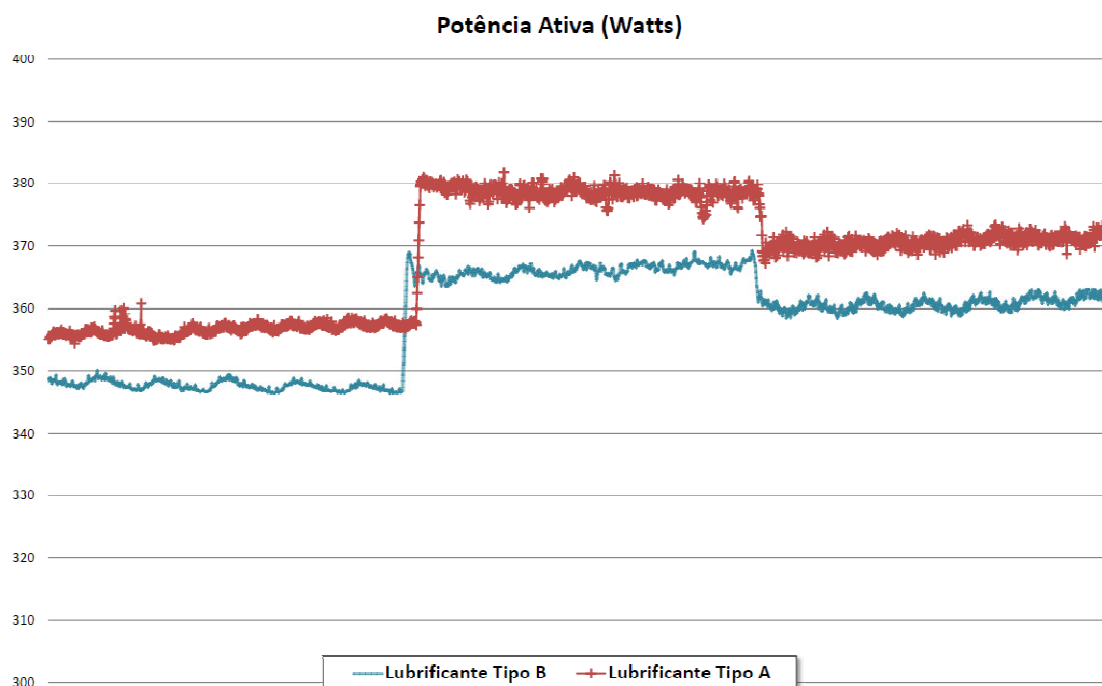


Figura 6: Potência ativa dos dois lubrificantes ensaiados.

Com isso adotamos um valor médio para cada degrau apresentado no gráfico acima e representamos em porcentagem a eficiência energética como pode ser visualizado na tabela 3.

Tabela 3: Potência dada em watts para os dois tipos de óleos lubrificantes ensaiados.

	Vazio	25kg	40kg
Tipo A	356,7	370,7	378,6
Tipo B	347,7	360,7	366,0

Para os valores apresentados acima, o potencial energético da utilização do lubrificante tipo B em relação ao mineral tipo A, é de 2,52%, 2,70% e 3,33%,

respectivamente para carregamentos a vazio, de 25kg e de 40kg.

5 CONCLUSÕES

Os resultados experimentais aqui obtidos demonstraram haver potencial em eficiência energética em sistemas de correias transportadoras adequando-se o tipo de óleo lubrificante utilizado nos redutores de velocidade dos conjuntos moto-redutores deste tipo de planta.

Observou-se também que há uma tendência de aumento desse potencial com o aumento do carregamento verificado na tabela 3 e em suas porcentagens relacionadas.

O presente estudo demonstrou resultados diante de uma única planta industrial podendo ser estendido para

outros sistemas como transmissão industrial em geral, compressores e bombas industriais.

6 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao LAMOTRIZ/UFC pela estrutura fornecida para os ensaios, Grupo de Pesquisa em Separação por Adsorção (GPSA) da UFC, Eletrobrás, CAPES e aos colaboradores desse artigo.

7 REFERÊNCIAS

- Nogueira, F. H. (2004). *Programa de Eficiência Energética Industrial* (Módulo: Correias Transportadoras), 91 páginas. Rio de Janeiro.
- Nogueira, F. H. (2004). *Programa de Eficiência Energética Industrial* (Módulo: Acoplamento motor-carga), 91 páginas. Rio de Janeiro.
- Filho, J. A. (2003). *Matriz energética brasileira: da crise à grande esperança*. 188 páginas. Editora: MAUAD, Rio de Janeiro.
- Carreteiro, R. P. e Moura, C. R. S. (1998). *Lubrificantes e Lubrificação*. 493 páginas. Editora: Makron Books, São Paulo.
- Manual de instalação, lubrificação, manutenção e garantia* da CESTARI fabricante dos redutores Magma.