

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

VERIFICAÇÃO DO EFEITO DE LUBRIFICAÇÃO EM UM SISTEMA DE TRANSMISSÃO POR  
CORRENTE.

por

Felipe Gregory Cardozo de Aguiar

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, dezembro de 2011



Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Escola de Engenharia  
Departamento de Engenharia Mecânica

VERIFICAÇÃO DO EFEITO DE LUBRIFICAÇÃO EM UM SISTEMA DE TRANSMISSÃO POR  
CORRENTE

por

Felipe Gregory Cardozo de Aguiar

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS  
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
**ENGENHEIRO MECÂNICO**  
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Arnaldo Ruben Gonzalez  
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Projeto e Fabricação**

Orientador: Prof. Dr. Rafael Antônio C. Laranja

Comissão de Avaliação:

Prof. Dr. André João de Souza

Prof. Dr. Fabiano Disconzi Wildner

Prof. Dr. Ney Francisco Ferreira

Porto Alegre, 05 de dezembro de 2011.

AGUIAR, F. G. C. **Verificação do efeito de lubrificação em um sistema de transmissão por corrente**. 2011. 19p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo verificar o rendimento em sistemas de transmissão por corrente sob efeito de diferentes condições de lubrificação a partir da obtenção de gráficos comparativos de rendimento de transmissão por potência de carregamento. Para tal, foi construído na bancada dinamométrica existente no LAMAE, um sistema de transmissão capaz de receber a aplicação de lubrificantes, assim como a instrumentação necessária para a obtenção do torque na carcaça do motor e freio, e potência elétrica de carregamento na saída do sistema. Após os experimentos, realizados em diferentes rotações, foi observado que o sistema de transmissão lubrificado e carregado tem um melhor rendimento. A incerteza de medição não possibilitou uma comparação mais precisa acerca das cinco condições de lubrificação.

**PALAVRAS-CHAVE:** transmissão por corrente, lubrificação

AGUIAR, F. G. C. **Evaluation of the effect of lubrication on a chain drive system**. 2011. 19p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

## **ABSTRACT**

The present work aims to determine the yield in chain drive systems under the effect of different lubrication conditions from obtaining comparative graphs of transmission performance by power loading. To this end, was built in the dynamometer existing in LAMAE, a transmission system capable of receiving the application of lubricants, as well as the instrumentation needed to obtain the torque on the motor frame and brake, and electric power load on the system output. After the experiments, performed at different speeds, it was observed that the transmission system lubricated and loaded has a better performance. The measurement uncertainty did not allow a more accurate comparison of about five lubrication conditions.

**KEYWORDS:** chain drive, lubrication

## ÍNDICE

	Pág.
1	INTRODUÇÃO .....1
2	OBJETIVOS .....1
2.1	Objetivo geral..... 1
2.2	Objetivos específicos.....1
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ..... 1
3.1	Dinamômetro de transmissão.....2
3.2	Lubrificantes.....2
3.3	Transmissão por corrente.....3
3.4	Tribologia.....3
4	METODOLOGIA .....3
4.1	Seleção, fabricação e montagem do sistema de transmissão e caixa de retenção.....3
4.2	Medições das forças (rendimento).....4
4.3	Medição da carga imposta ao freio.....5
4.4	Condições de lubrificação.....5
4.5	Incerteza de medição.....7
4.5.1	Incerteza de medição das distâncias.....7
4.5.2	Incerteza de medição das forças.....7
4.5.3	Combinação das incertezas.....8
5	RESULTADOS.....8
6	CONCLUSÕES.....10
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....11
	Apêndice I .....12
	Apêndice II.....13
	Anexo I .....15

## 1. INTRODUÇÃO

Como preocupação atual de toda a comunidade científica está a eficiência energética, que visa otimizar o uso da energia tanto para redução de gastos financeiros como para uma discutida preservação do meio ambiente, e assim uma melhora na qualidade de vida de todos os indivíduos.

O presente trabalho tentou agregar conhecimento para este fim, estudando o uso de algumas configurações de tribologia em uma transmissão por corrente, apontando um melhor rendimento em detrimento do uso ou não dos lubrificantes, podendo ser utilizado como base da implementação de lubrificantes em sistemas onde eles ainda não são utilizados.

No setor agrícola, as perdas em sistemas de transmissão por elementos flexíveis são estimadas em 20%. Pensando neste ambiente de trabalho, com máquinas operando em diversas condições de campo, o estudo comparativo de rendimento de um sistema oxidado ou sujo de barro a um sistema limpo ou lubrificado se faz importante.

A partir das questões anteriormente citadas, utilizando o conceito proposto por Laranja, 2009 (Bancada Dinamométrica Automatizada para Sistemas de Transmissão Mecânica de Baixa Potência), tentamos comparar algumas condições de lubrificação, descritas no corpo deste trabalho.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Verificar o efeito da lubrificação em um sistema de transmissão por corrente a partir de gráficos comparativos de rendimento de transmissão por potência de carregamento, medidos através da bancada dinamométrica existente no LAMAE.

### 2.2 Objetivos específicos

Construir o sistema de transmissão na bancada com a possibilidade de aplicação de lubrificantes.

Medir torque de entrada, torque de saída e potência de carregamento para diferentes condições de lubrificação, em três rotações distintas, para traçar os gráficos de rendimento de transmissão por potência de carregamento.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foram pesquisados na bibliografia estudos e conceitos relacionados com o presente trabalho. O estudo encontrado que mais se assemelhou ao proposto foi o realizado por Spicer, 2001, que utilizando correntes de bicicleta, comparou três lubrificantes distintos através de tabelas de eficiência de transmissão por potência de carregamento e por velocidade de rotação. Os resultados do trabalho podem ser observados nas Tabelas 1.1 e 1.2, que apontam a variação da eficiência de transmissão em função do carregamento e velocidade de rotação, no entanto estes resultados indicam que o tipo de lubrificante usado tem pouco efeito sobre o desempenho total da bancada em condições de laboratório, dada a precisão de medição.

Tabela 1.1 - Eficiência para diferentes razões de rotação de transmissão e configurações de roda dentada [Spicer, 2001].

Configuração de roda dentada	Lubrificante 1		
	40 RPM	60 RPM	80 RPM
51-11	92.8	89.4	84.2
52-15	94.0	90.9	86.5
52-21	95.2	92.0	88.3
	Lubrificante 2		
51-11	93.6	89.9	85.6
52-15	95.6	92.6	88.8
52-21	95.3	92.6	89.0
	Lubrificante 3		
51-11	-	-	-
52-15	94.2	91.1	87.2
52-21	-	-	-

Tabela 1.2 - Eficiência para diferentes potências de carregamento e configurações de roda dentada (rotação de entrada em 60 RPM) [Spicer, 2001].

Configuração de roda dentada	Lubrificante 1		
	50 W	100 W	150 W
51-11	78,1	89,2	92,9
52-15	79,8	90,7	94,3
52-21	83,3	92,3	95,3
	Lubrificante 2		
51-11	80,4	89,9	93,5
52-15	83,2	92,5	95,6
52-21	83,0	92,2	95,5
	Lubrificante 3		
51-11	-	-	-
52-15	81,2	91,1	94,4
52-21	-	-	-

### 3.1 Dinamômetro de transmissão

Os dinamômetros são basicamente freios com capacidade de medir a resistência ao atrito. Podem ser divididos em dinamômetros de absorção e transmissão, este último tem a capacidade de converter a energia transmitida pelo motor em trabalho. [Khurmi e Gupta, 2010].

Ainda segundo Plint e Martyr, 2007, os dinamômetros podem ser hidráulicos, pneumáticos, elétricos, hidrostáticos e por atrito e sua escolha dependerá da aplicação e da incerteza de medição a qual se quer obter.

### 3.2 Lubrificantes

Lubrificantes, quanto ao estado físico, podem ser sólidos, líquidos, graxas ou gasosos, sendo os mais conhecidos óleos e graxas. As principais origens de lubrificantes líquidos são os óleos minerais e sintéticos. Sua viscosidade é altamente dependente da temperatura. Podem ser usados aditivos para melhorar o desempenho dos óleos, como exemplo o EP (extrema pressão) que possui aditivos como ácidos graxos e outros compostos, que atacam as superfícies do metal para formar camadas que protegem as superfícies e reduzem o atrito, mesmo quando o filme de óleo é comprimido pelas altas cargas de contato. [Childs, 2004]

### 3.3 Transmissão por corrente

Segundo Khurmi e Gupta, 2010, as correntes são elementos de máquinas constituídas por ligações rígidas articuladas de forma a gerar uma flexibilidade em torno da transmissão e das rodas motrizes. Como as rodas e corrente estão projetadas para se encaixarem a partir dos vãos e elos, não ocorrem deslizamentos garantindo uma relação de velocidade perfeita.

### 3.4 Tribologia

Tribologia é o estudo da lubrificação, do atrito, e desgaste das superfícies em movimento relativo. Na tentativa de se produzirem máquinas mais eficientes, onde a perda de energia devido ao atrito é mínima, uma extensa pesquisa e esforço têm sido posta no estudo da tribologia. Os elementos de máquina como rolamentos, engrenagens, correias, correntes, embreagens e freios são exemplos onde o estudo se faz necessário. [Childs, 2004]

## 4. METODOLOGIA

A partir da bancada dinamométrica existente no Laboratório de Mecânica Aplicada Experimental (LAMAE) foi montado um sistema de transmissão por corrente e uma caixa de retenção de óleo com o objetivo de verificar a influencia de diferentes tipos de lubrificantes.

A bancada utiliza um motor elétrico indutivo marca Weg com 1CV de potência como tracionador e como freio utiliza um motor DC de 24 V da Bosch, seu funcionamento se dá pelo giro livre desses dois componentes que estão apoiados sobre seus eixos através de mancais de rolamento fixados a estrutura da máquina, conforme Figura 4.1. [Kich, 2011]

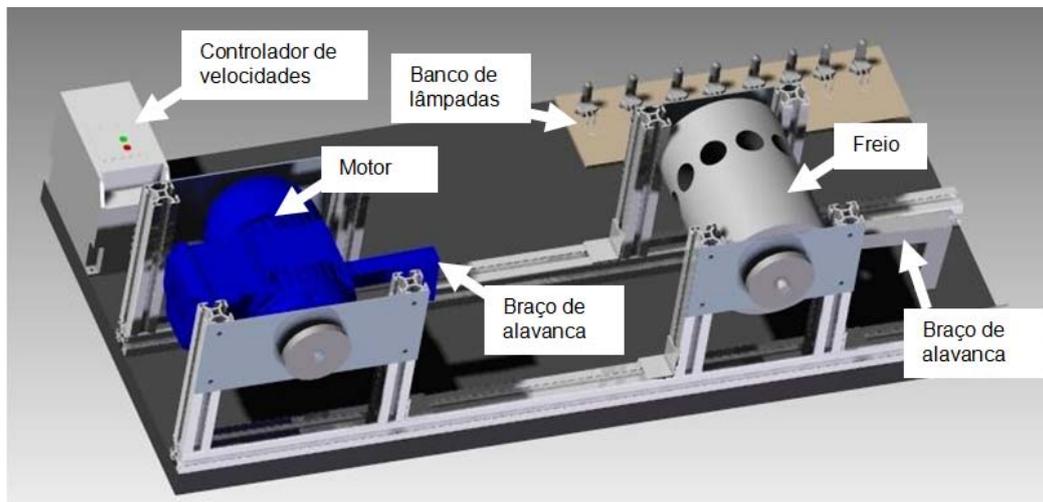


Figura 4.1 - Desenho esquemático da bancada. [Kich, 2011]

A bancada ainda possui um controlador de velocidades (inversor de freqüência) da Weg CFW-08, que imprimiu ao motor as rotações de 450, 600 e 860 RPM.

A carga imposta ao freio reostático provém do banco de 8 lâmpadas alógenas tipo JC de 100 W, onde foram feitas as tomadas de corrente e tensão através dois multímetros.

#### 4.1 Seleção, fabricação e montagem do sistema de transmissão e caixa de retenção.

Com o objetivo de manter a relação de transmissão do sistema em um para um e minimizar o efeito poligonal, foram adquiridas duas rodas dentadas de 32 dentes e fabricados flanges adaptadores ao motor e freio de forma a manter balanceamento e concentricidade, além de parafusos e retentores para posterior aplicação dos lubrificantes, conforme Figura 4.2.

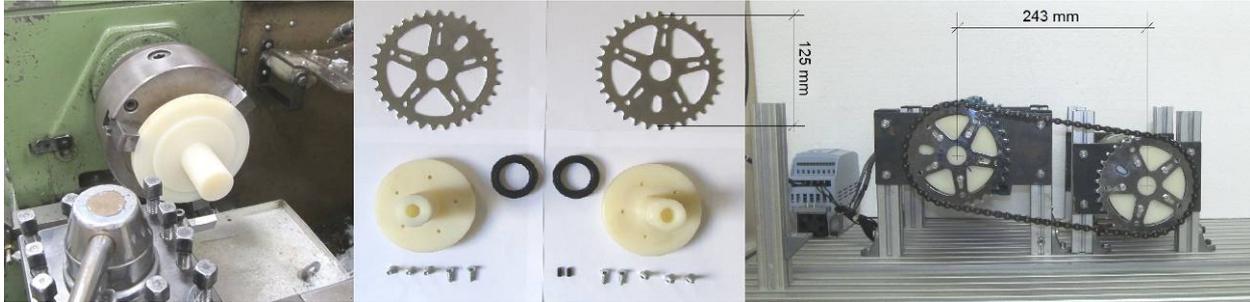


Figura 4.2 - Seleção e fabricação de componentes.

Para a aplicação dos lubrificantes no sistema de transmissão por corrente, segundo catálogo no Anexo 1, foi construída uma caixa de retenção na bancada dinamométrica, de forma a garantir uma lubrificação por banho de óleo, conforme Figura 4.3.



Figura 4.3 - Lubrificação por banho de óleo.

Foram adquiridas três correntes de bicicleta e identificadas como Corrente 1, 2 e 3; e limpas com gasolina para retirada do lubrificante proveniente do fabricante. Apenas a Corrente 3 foi deixada ao ar livre para oxidação.

#### 4.2 Medições das forças (rendimento)

As forças de reação do motor e freio seriam medidas através de duas células de carga montadas nos respectivos braços de alavanca e ligadas a uma placa conectada a um computador, que permitiria visualizar e registrar as leituras de força durante o experimento; no entanto o inversor de frequência utilizado para controlar a rotação do motor gerou elevado ruído eletromagnético e forçou a utilização das balanças digitais e planilhas físicas para registrar as medidas de massa. Como consequência do uso das balanças houve também a restrição do sentido de rotação do motor em apenas uma direção, já que as balanças trabalham apenas sob compressão. Este sentido, porém, deixa a corrente tracionada na parte inferior, prejudicando assim a lubrificação, visto que a recomendação é que se aplique o lubrificante na parte frouxa da corrente.

As distâncias dos braços de alavanca foram medidas com um paquímetro resultando em 0,342 m para o motor e 0,3491 m para o freio. O ângulo de aplicação das forças foi de 90°. As medidas de massa, através das balanças eletrônicas, foram convertidas em força. Nestas condições pode-se calcular o torque de reação através da Equação 4.1.

$$T = d \cdot F \cdot \sin \theta \quad (4.1)$$

Sendo  $T$  o torque de reação [Nm],  $d$  a distância do centro do freio ou motor até a aplicação das forças [m],  $F$  a força de reação [N] e  $\theta$  o ângulo de aplicação da força.

Como as velocidades angulares " $\omega$ " do motor e freio são iguais (relação de transmissão um para um), o rendimento " $\eta$ ", razão entre a potência do freio pela potência do motor, conforme Equação 4.2, pôde ser obtido diretamente da Equação 4.3.

$$\eta = \frac{P_f}{P_m} = \frac{T_f \cdot \omega}{T_m \cdot \omega} \quad (4.2)$$

$$\eta = \frac{T_f}{T_m} \quad (4.3)$$

Onde  $\eta$  é o rendimento de transmissão,  $P_f$  a potência do freio [W],  $P_m$  a potência do motor [W],  $T_f$  o torque do freio [Nm],  $T_m$  o torque do motor [Nm] e  $\omega$  a velocidade angular do sistema [rad/s].

#### 4.3 Medição da carga imposta ao freio

As medições de potência de carregamento, conforme o número de lâmpadas acionadas, foram obtidas do monitoramento de tensão e corrente na saída do freio reostático, a partir da Equação 4.4.

$$P = V \cdot I \quad (4.4)$$

Onde  $P$  é a potência [W],  $V$  a tensão [V] e  $I$  a corrente [A].

Dois multímetros foram instalados ao sistema de forma a permitir a leitura simultânea das grandezas. Foi utilizado para leitura de corrente o multímetro da marca Icel, modelo Ik-1000, com exatidão de  $\pm (2\% + 2 \text{ dígitos})$  e para leitura de tensão o multímetro da marca Ilogawa, modelo 7532, com exatidão de  $\pm (0,5\% + 2 \text{ dígitos})$ . A tensão foi obtida diretamente da diferença de potencial entre os cabos fase e neutro na saída do freio; já a corrente, em função da ordem de grandeza medida ser maior que a capacidade do multímetro (10A), foi calculada indiretamente através da corrente em apenas um ramo das lâmpadas e multiplicada pelo número de lâmpadas acionadas, visto que as oito resistências são iguais conforme esquema da Figura 4.4.

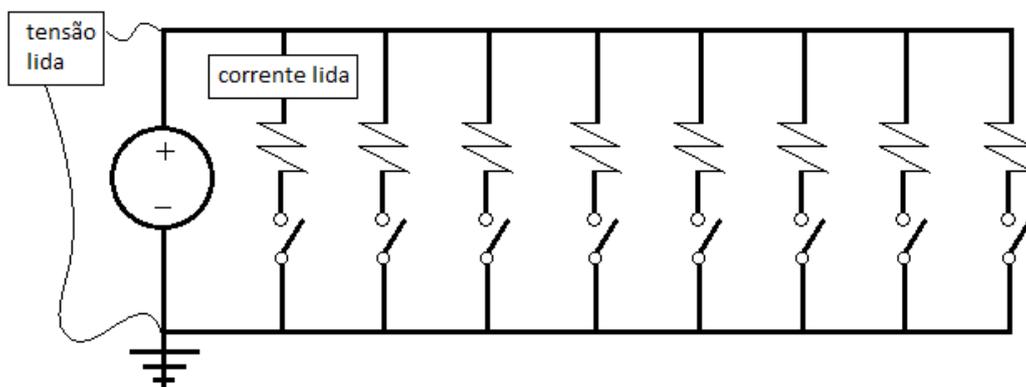


Figura 4.4 - Esquema do circuito elétrico do banco de lâmpadas.

#### 4.4 Condições de lubrificação

Para garantir que as 3 correntes limpas estivessem nas mesmas condições de rendimento antes do início dos ensaios, foi realizado um comparativo apenas entre as

correntes 1 e 2 e verificou-se os mesmos valores de rendimento dentro das incertezas, abrangendo esse resultado para a corrente 3, conforme Apêndice 1.

Cinco diferentes condições de lubrificação foram realizadas no trabalho:

- Corrente 1 sem lubrificação.
- Corrente 1 com óleo SAE 15W-40.
- Corrente 2 com aditivo marca Militec 1.
- Corrente 2 com óleo e aditivo marca Militec 1.
- Corrente 3 oxidada.

Para cada condição foram impostas as velocidades de 450, 600 e 860 RPM e registradas as leituras de massa nas duas balanças, assim como corrente e tensão na saída do motor.

O óleo foi colocado na caixa de contenção até embeber parte da corrente e foi observado que mesmo durante o experimento (regime permanente) aquela continuasse a manter contato com o óleo, conforme Figura 4.5.

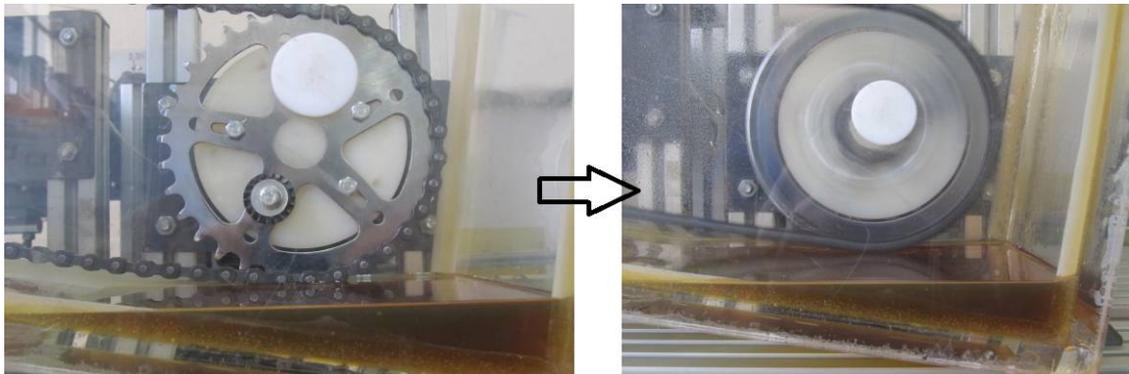


Figura 4.5 - Contato do óleo com a corrente.

A aplicação do aditivo foi realizada com temperatura da corrente próxima aos 80°C, (recomendação do fabricante), verificada com a função de termopar do multímetro digital da marca Icel AT 3020, imposta através de aquecedor industrial, conforme Figura 4.6.



Figura 4.6 - Aquecimento da corrente para aplicação de aditivo.

A Corrente 3 foi deixada ao ar livre durante 10 dias, e para acelerar o processo de oxidação, foi periodicamente mergulhada em banho de salmoura. A Figura 4.7 ilustra a camada de óxido acumulada no processo.



Figura 4.7 - Oxidação da Corrente 3.

#### 4.5 Incerteza de medição

A incerteza foi calculada apenas para as medidas de rendimento. O cálculo do rendimento envolve 4 parâmetros, conforme Equação 4.5, com suas respectivas incertezas.

$$\eta = \frac{\overline{F_f} \cdot df}{\overline{F_m} \cdot dm} \quad (4.5)$$

Sendo  $\eta$  o rendimento de transmissão,  $\overline{F_f}$  a média das forças de reação do freio [N],  $\overline{F_m}$  a média das forças de reação do motor [N],  $df$  a distância do centro do freio até a aplicação da força [m] e  $dm$  a distância do centro do motor até a aplicação da força [m].

##### 4.5.1 Incerteza de medição das distâncias

Foram levadas em conta as incertezas da medição do braço de alavanca do motor ( $\Delta dm = 0,001m$ ), e freio ( $\Delta df = 0,001m$ ), ambas medidas com régua metálica.

##### 4.5.2 Incerteza de medição das forças

A incerteza da força foi resultado de duas fontes de incertezas, uma herdada da balança digital e outra da diferença das medidas registradas.

As forças foram lidas na balança digital SF-400, com incerteza de 0,04 N para o motor e freio. A incerteza da diferença foi calculada a partir das duas medidas de força realizadas para um mesmo carregamento, totalizando a incerteza da força, conforme Equação 4.6.

$$\Delta F = \sqrt{\frac{(F_1 - \overline{F})^2 + (F_2 - \overline{F})^2}{2-1}} + 0,04 \quad (4.6)$$

Onde  $\Delta F$  é a incerteza da força do motor ou freio [N],  $F_1$  a primeira medição de força do motor ou freio [N],  $F_2$  a segunda medição de força do motor ou freio [N],  $\overline{F}$  a média das forças  $F_1$  e  $F_2$  [N].

### 4.5.3 Combinação das incertezas

A incerteza total do rendimento foi calculada a partir da equação proposta por Taylor, 1997, conforme Equação 4.7.

$$\Delta\eta = \sqrt{\left(\frac{\partial\eta}{\partial Ff} \Delta Ff\right)^2 + \left(\frac{\partial\eta}{\partial df} \Delta df\right)^2 + \left(\frac{\partial\eta}{\partial Fm} \Delta Fm\right)^2 + \left(\frac{\partial\eta}{\partial dm} \Delta dm\right)^2} \quad (4.7)$$

Onde  $\Delta\eta$  é a incerteza total do rendimento de transmissão,  $\eta$  o rendimento de transmissão,  $Ff$  a força de reação no freio [N],  $\Delta Ff$  a incerteza da força de reação no freio [N],  $df$  a distância do centro do freio até a aplicação da força [m],  $\Delta df$  a incerteza da distância do centro do freio até a aplicação da força [m],  $Fm$  a força de reação no motor [N],  $\Delta Fm$  a incerteza da força de reação no motor [N],  $dm$  a distância do centro do motor até a aplicação da força [m] e  $\Delta dm$  a incerteza da distância do centro do motor até a aplicação da força [m].

## 5. RESULTADOS

Como resultado das medições realizadas para as 5 condições de lubrificação descritas em 4.4, nas rotações de 450, 600 e 860 RPM, foram traçados os 3 gráficos de rendimento por carregamento, conforme Figuras 5.1, 5.2 e 5.3. Ao todo, foram coletadas 1080 medidas, essas compreenderam: 3 combinações de velocidade com 8 combinações de carregamento e 5 combinações de lubrificação, sendo cada uma dessas combinações realizada duas vezes as medidas de força no motor, força no freio, intensidade de corrente e tensão elétrica.

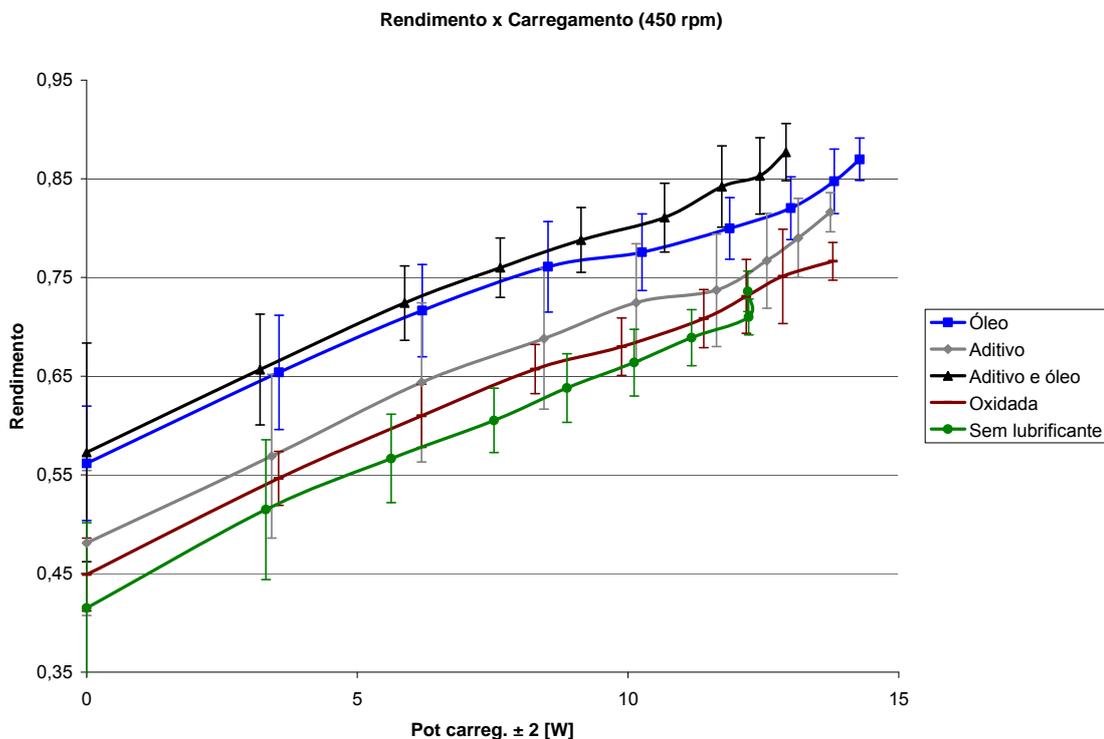


Figura 5.1 - Gráfico de rendimento por carregamento em 450 RPM.

Os sistemas lubrificado e lubrificado com aditivo, na rotação de 450 rpm, conforme a Figura 5.1, mostraram um rendimento superior, principalmente aos sistemas oxidado e sem lubrificação.

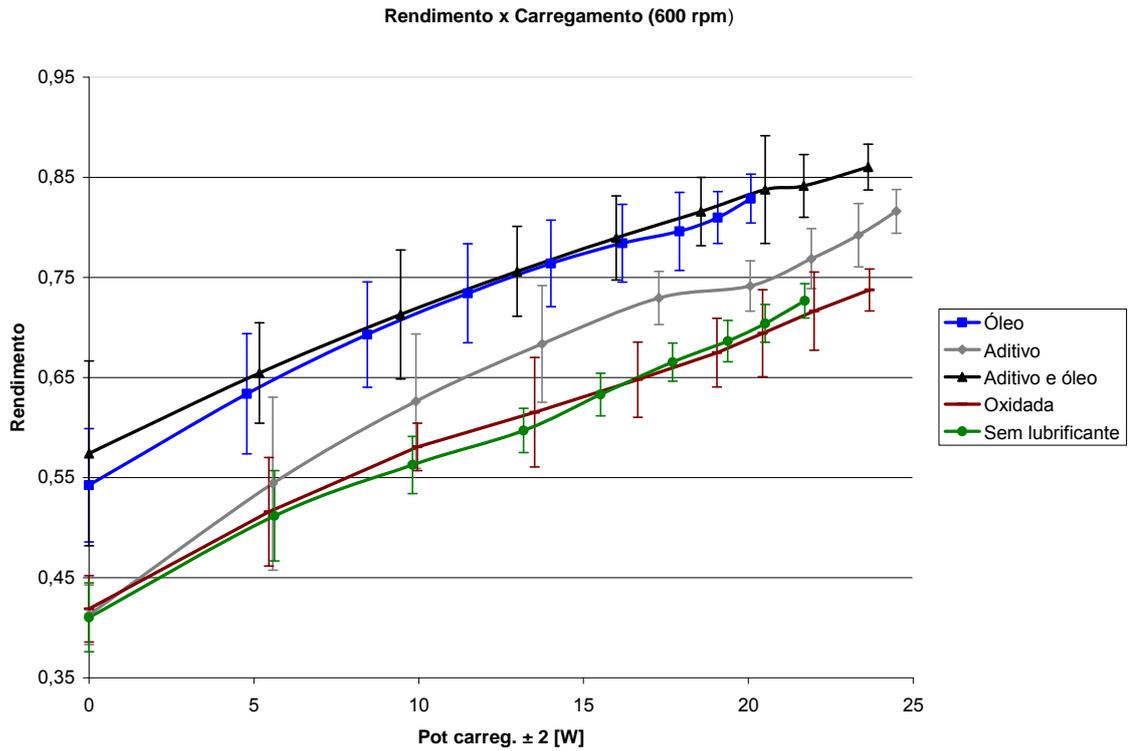


Figura 5.2 - Gráfico de rendimento por carregamento em 600 RPM.

Na rotação de 600 rpm (Figura 5.2), as condições de lubrificação se assemelharam ao comportamento anterior (em 450 rpm).

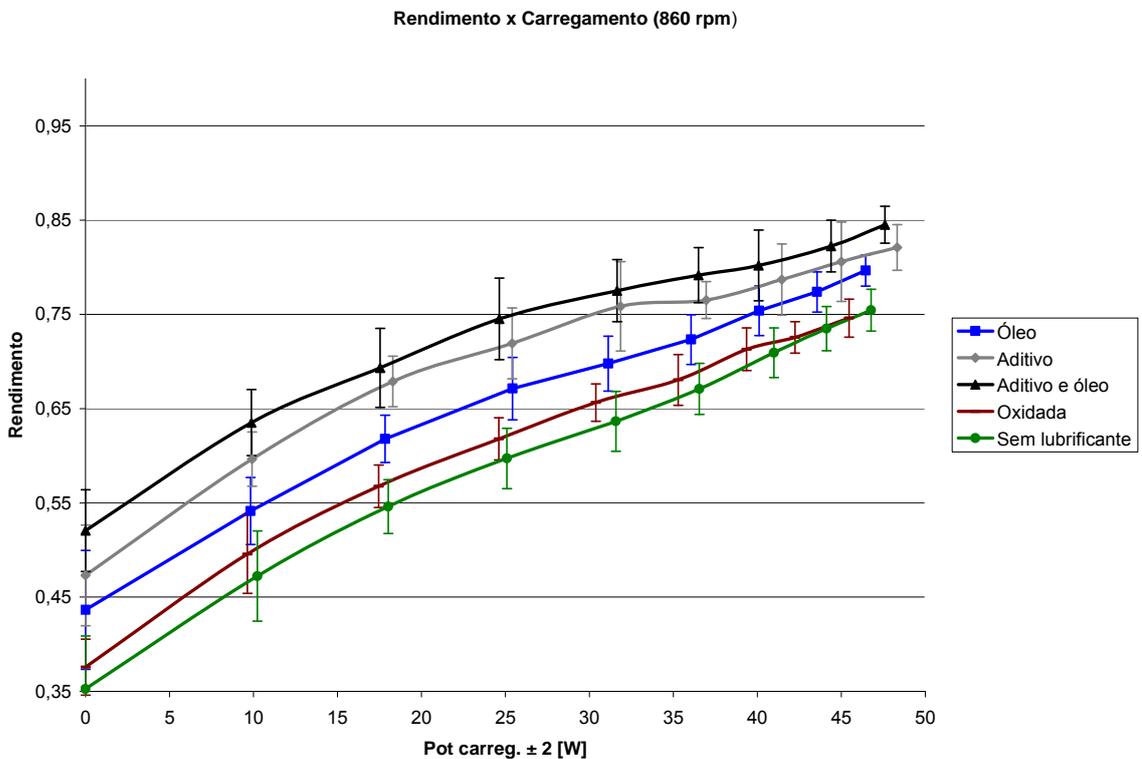


Figura 5.3 - Gráfico de rendimento por carregamento em 860 RPM.

Na Figura 5.3, em 860 rpm, observamos um aumento do rendimento no sistema lubrificado apenas com o aditivo e uma diminuição de rendimento do sistema lubrificado com óleo.

Conforme se observa, comparando o presente trabalho com o apresentado por Spicer, 2001, as incertezas de medição de rendimento de transmissão também se mostraram elevadas para esta bancada, nas condições descritas do experimento.

## 6 – CONCLUSÕES

Foram observadas, pelos gráficos de rendimento de transmissão por potência de carregamento, apresentados anteriormente, as seguintes conclusões:

- Os sistemas lubrificados com óleo e óleo mais aditivo apresentaram um melhor rendimento de transmissão que os sistemas sem lubrificação e oxidado, contudo não foi possível comparações entre os sistemas lubrificados e não lubrificados pela magnitude das incertezas de medição calculada.
- A corrente tem um melhor rendimento quando carregada, ou seja, não funciona bem em vazio.
- Em menor velocidade, se conseguem os mesmos rendimentos (por volta de 77%) das velocidades maiores, com menor potência de carregamento, como se pode visualizar no Apêndice 2.
- Percebeu-se, com o aumento da velocidade, um melhor rendimento da corrente com o aditivo (possível aumento da temperatura) e um pior rendimento para a corrente com óleo (possível efeito da força centrífuga), contudo as incertezas não permitem uma conclusão de fato a respeito da comparação dos lubrificantes.

Alguns tópicos foram listados como sugestões de trabalhos futuros utilizando a bancada dinamométrica em função do rendimento na utilização de lubrificantes:

- Utilizar células de carga ou células de torque (diretamente no eixo do motor e freio) no lugar das balanças, tentando minimizar a incerteza de medição.
- Instrumentar a bancada com medidores de temperatura (termômetro infravermelho ou termisores) e rotação (encoder).
- Utilizar um controlador lógico programável para integrar o conversor de frequência com as forças de reação medidas, tentando maximizar, em tempo real, a eficiência do sistema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Childs, Peter R. N., "**Mechanical Design**", Elsevier Butterworth-Heinemann, 2ª edição, 2004.

Khurmi, R. S., Gupta, J. K. "**Theory of Machines**", S.Chand, 2ª edição, 2010.

Kich, F. M. "**Bancada dinamométrica para a medição de rendimento de sistemas de transmissão mecânica**". 2011. 20p. Monografia.

Laranja, R., "**Bancada Dinamométrica Automatizada para Sistemas de Transmissão Mecânica de Baixa Potência**", Projeto CNPq nº 478970/2009-9, 2009.

Plint, M. A., Martyr, A. J., "**Engine Testing Theory and Practice**", Elsevier Butterworth-Heinemann, 3ª edição, 2007.

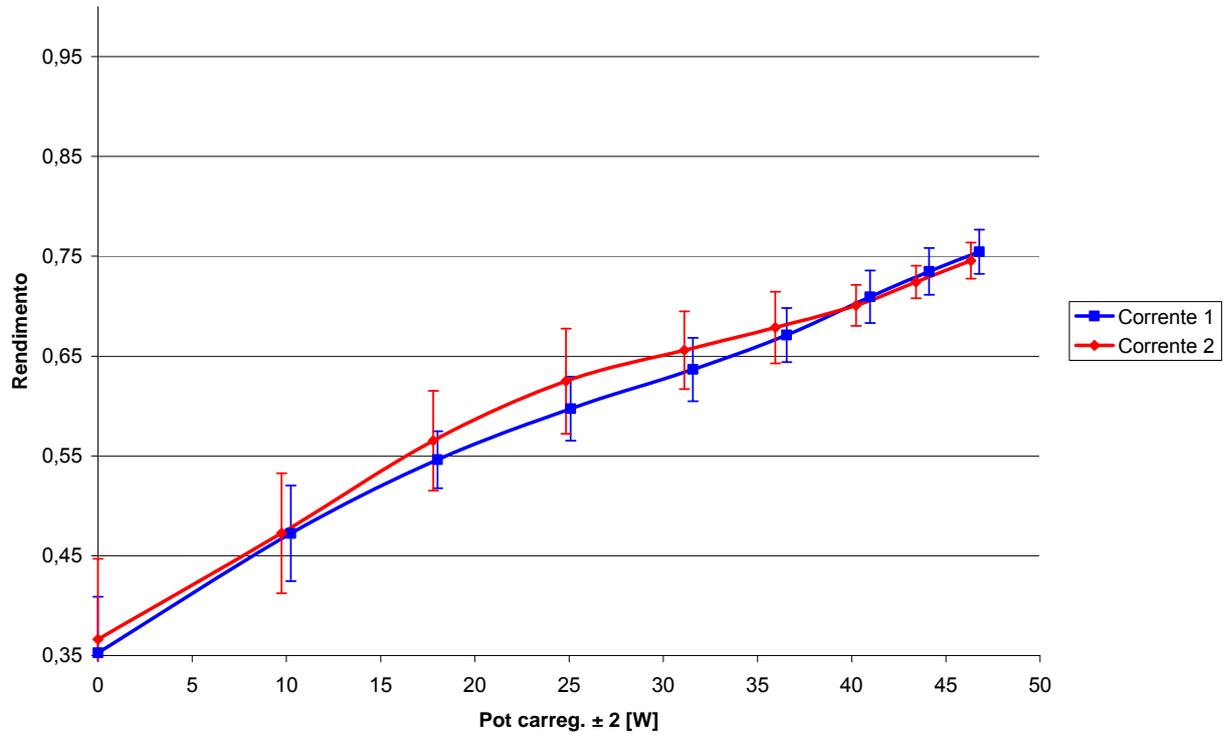
Schicker, R., Wegener, G. "**Measuring Torque Correctly**", Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, 1st edition, 2002.

Spicer, James B, et al. "**Effects of Frictional Loss on Bicycle Chain Drive Efficiency**". Journal of Mechanical Design, dezembro de 2001, Vol. 123 / 605.

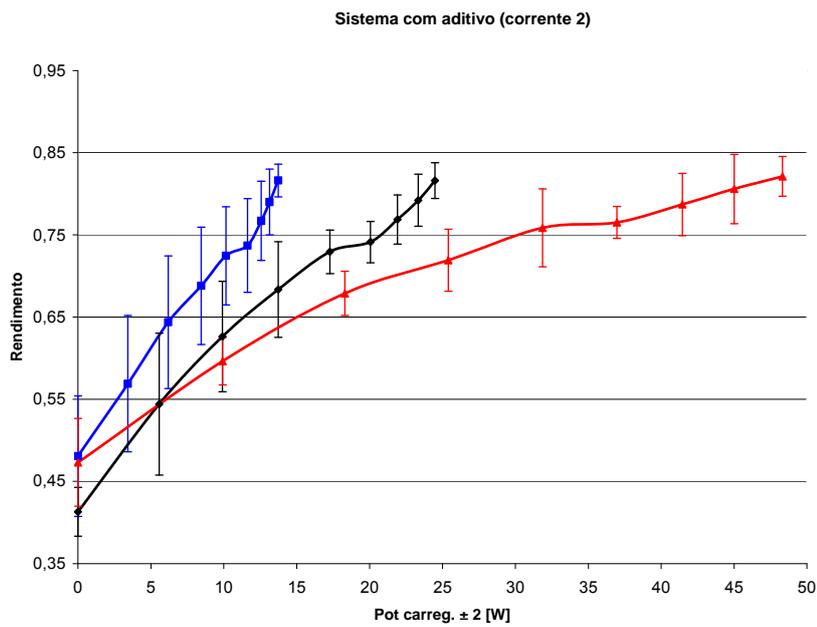
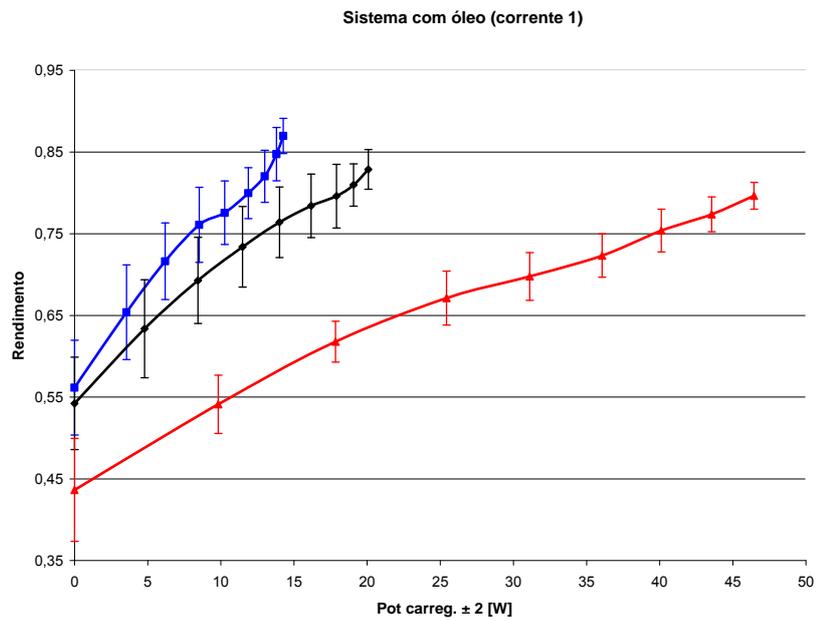
Taylor, J.R.; "**An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements**", University Science Books, California, EUA, 2ª edição, 1997.

APÊNDICE 1 - Gráfico comparando as Correntes 1 e 2 antes dos ensaios, garantindo as mesmas condições de rendimento de transmissão.

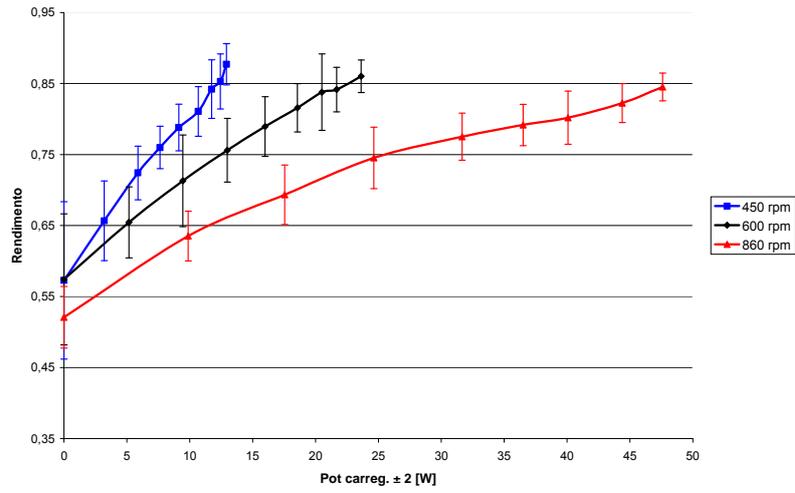
Sem lub. - 860 rpm - comparativo corrente 1 x corrente 2



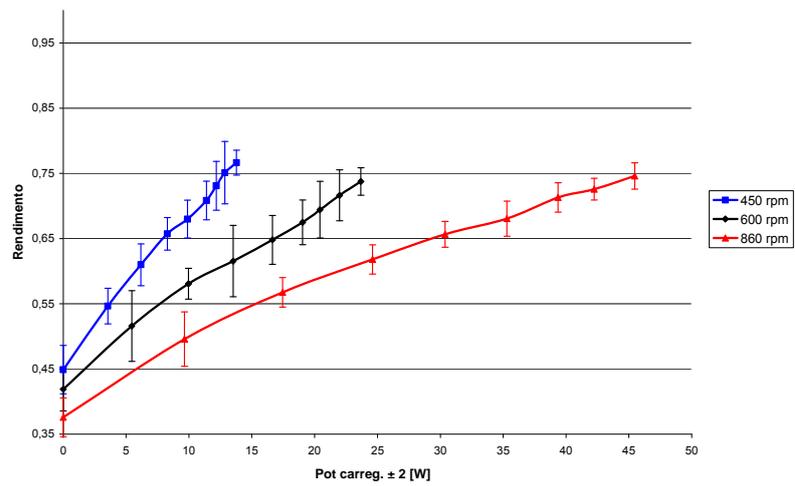
APÊNDICE 2 – Gráficos das 5 condições de lubrificação comparativos das 3 rotações impostas.



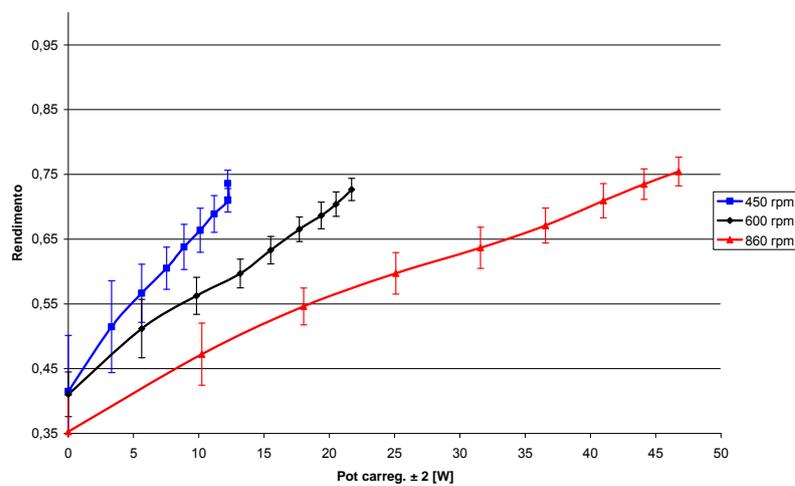
Sistema com Militec e óleo (corrente 2)



Sistema com corrente oxidada (corrente 3)



Sistema sem lubrificação (corrente 1)



ANEXO 1

Figura do catálogo da Trascor 2010/2011

### Lubrificação

**Principais pontos de Lubrificação**

- entre as placas externas e internas, para lubrificar pino e bucha.
- entre placa interna e rolo, para lubrificar bucha e rolo. Devido à força centrífuga, o óleo deve ser aplicado no lado interno da corrente.

A principal finalidade da lubrificação é evitar o contato direto de metal com metal, assim reduzindo o atrito e diminuindo o desgaste. Diminui, também, o impacto entre os elos da corrente e a roda dentada, além de dissipar o calor.

### Métodos de Lubrificação

SISTEMA	TIPO	RECOMENDAÇÕES	FREQUÊNCIA
I	Aplicação periódica de lubrificantes (com pincel e almotoflita). 	Remover quaisquer substâncias estranhas ou partícula metálica de desgaste.	Deve-se aplicar, ao menos, uma vez ao dia. Gira-se o sistema, lentamente, lubrificando 3 a 4 voltas completas.
II	Lubrificação por gotejamento. 	Desar na medida, de modo que não haja perda por excesso.	Golejar de 5 a 20 gotas por minuto.
III	Lubrificação por Banho de Óleo. 	Não aprofundar a corrente abaixo de 10 mm.	Manter o recipiente limpo, livre de impurezas e efetuar a troca do óleo, periodicamente.
IV	Lubrificação através de uma roda adicional. 	Profundidade de penetração da roda adicional de até 20 mm a uma velocidade linear de 200 m/s.	Manter o recipiente limpo, livre de impurezas e efetuar a troca do óleo, periodicamente.
IV	Lubrificação automática de bombas. 	Verificar a pressão de acordo com a bitola da tubulação (sob aquecimento).	

### Tabela de Lubrificantes

Método de Lubrificação

Corrente Passo pol.	Método de Lubrificação							
	I, II, III	0-40°C	40-50°C	50-60°C	-10-0°C	0-40°C	40-50°C	50-60°C
1/4 a 5/8	SAE10W	SAE20	SAE30	SAE40	SAE10W	SAE20	SAE30	SAE40
3/4 e 1	SAE20	SAE30	SAE40	SAE50	SAE10W	SAE20	SAE30	SAE40
1.1/4	SAE20	SAE30	SAE40	SAE50	SAE20	SAE30	SAE40	SAE50
1.1/2 a 3	SAE30	SAE40	SAE50	SAE50	SAE20	SAE30	SAE40	SAE50

### Limites máximos de rotação para cada sistema de lubrificação

Máxima RPM (considerado com 19 dentes)

Corrente Passo mm	Máxima RPM (considerado com 19 dentes)		
	Manual	Banho de Óleo	Lubrificação Forçada
9,525	400 RPM	3200 RPM	+ 3200 RPM
12,70	200 RPM	2200 RPM	+ 2200 RPM
15,875	130 RPM	1400 RPM	+ 1400 RPM
19,05	100 RPM	900 RPM	+ 900 RPM
25,40	70 RPM	700 RPM	+ 700 RPM
31,75	45 RPM	450 RPM	+ 450 RPM
38,10	30 RPM	315 RPM	+ 315 RPM
44,45	25 RPM	240 RPM	+ 240 RPM
50,80	20 RPM	220 RPM	+ 220 RPM
63,50	15 RPM	150 RPM	+ 150 RPM
76,20	12 RPM	120 RPM	+ 120 RPM

Catálogo do fabricante.