

## **ANÁLISE TÉRMICA COMPARATIVA DE FRENAGENS REALIZADAS EM UM TRIBÔMETRO E UM DINAMÔMETRO VISANDO ESTABELECEER CORRELAÇÃO DE RESULTADOS DO COEFICIENTE DE ATRITO**

**Patric Daniel Neis, engmecpatric@yahoo.com.br**  
**Fabiano Edovirges Arrieche, 00143343@ufrgs.br**  
**Flávio José Lorini, lorini@ufrgs.br**  
**Ney Francisco Ferreira, neyferr@gmail.com**

**CON10-0119**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Sarmiento Leite, 425 – 90050-170 – tel.: +55 51 33083567 -  
Porto Alegre – RS – Brasil.

**Resumo:** *Tribômetros de frenagem tem surgido como uma alternativa interessante visando à diminuição de custos e de tempo de desenvolvimento de materiais de fricção para sistemas de freios veiculares. Porém, neste tipo de equipamento os ensaios são executados sem desacelerar o disco de freio, diferentemente da situação que ocorre em frenagens veiculares ou em equipamentos de teste consolidados, como dinamômetros inerciais. Além disso, as temperaturas alcançadas durante os testes não são as mesmas que as encontradas em um veículo ou em dinamômetros. O presente trabalho buscou contribuir para a realização de frenagens com desaceleração do disco de freio em um tribômetro, valendo-se da comparação térmica com os resultados de ensaios de frenagem realizados em dinamômetros inerciais. Aplicou-se a mesma densidade de energia em todas as amostras avaliadas para ambas as máquinas, seguindo a teoria das escalas encontrada na literatura especializada. A taxa de aquecimento do disco do tribômetro foi modificada através da alteração da área (e também do torque de frenagem) dos corpos de prova testados, cujos diâmetros avaliados foram 18, 25 e 30mm. O tribômetro se mostrou capaz de reproduzir adequadamente os parâmetros do ensaio do corpo de prova de 18 e de 25 mm, apresentando dificuldades técnicas com o corpo de prova maior, de 30 mm, devido à insuficiência de carga do sistema atuador. Sob o ponto de vista térmico, a amostra de 30 mm de diâmetro foi a que proporcionou temperaturas do disco mais próximas das apresentadas no dinamômetro. Os resultados deste trabalho indicam que para poder correlacionar os resultados de atrito entre ambos os equipamentos é fundamental que as temperaturas atingidas durante a frenagem sejam semelhantes.*

**Palavras-chave:** *Tribômetro, atrito, fade, freio.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Tribômetros tem sido muito utilizado para pesquisas que visam compreender melhor o comportamento dos efeitos tribológicos dos materiais. Vários trabalhos (Desplanques et al, 2006; Blau e McLaughlin, 2003) mostram que esse equipamento, além de ter um custo baixo frente a outros equipamentos, como dinamômetros inerciais, é uma ferramenta que serve de apoio durante a fase de pesquisa dos materiais de fricção. Uma característica geralmente encontrada neste tipo de máquina é que geralmente operam em arrasto constante, ou seja, com o rotor (disco ou tambor de freio) girando em velocidade constante durante todo o teste. Por outro lado, a situação encontrada durante ensaios em dinamômetros inerciais ou mesmo em veículos é a desaceleração do disco de freio ao longo da frenagem, dissipando a energia cinética do movimento na forma de calor.

Este trabalho visa reproduzir em um tribômetro frenagens com desaceleração constante, condição mais próxima da situação encontrada em dinamômetro inercial ou mesmo em veículos durante as frenagens. Busca-se também correlacionar os resultados sob o ponto de vista térmico (temperatura do rotor ou disco) entre o tribômetro projetado e o dinamômetro inercial, equipamento consolidado para ensaios de materiais de fricção utilizados em freios. Os parâmetros de ensaio utilizados para ambos equipamentos seguem a teoria da escala sugerida por Wilson, 1968, em que densidade de energia aplicada sobre a área do corpo de prova é mantida constante nos equipamentos avaliados. Análises físicas e químicas das amostras experimentadas neste trabalho são desprezadas, visto que o foco principal deste trabalho é fazer com que o tribômetro seja capaz de atingir os mesmos patamares de temperatura que o dinamômetro inercial.

## 2. METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a bancada experimental, a qual é constituída de um dinamômetro inercial, utilizado como máquina de referência, e um tribômetro de frenagem, sobre o qual foram executados os ensaios a ser comparados. Depois disto, é apresentada a metodologia adotada para ajuste dos parâmetros entre ambas as máquinas comparadas. Por último, são mostradas as condições de operação empregadas durante cada ensaio executado no dinamômetro inercial e no tribômetro.

### 2.1. A Bancada Experimental

A seguir são descritos os equipamentos que foram utilizados no desenvolvimento desse trabalho.

#### 2.1.1. Dinamômetro Inercial

O dinamômetro inercial utilizado como máquina de referência para a comparação dos resultados obtidos através do tribômetro foi desenvolvido em parceria entre o grupo de pesquisadores de sistemas de freios da UFRGS e um fabricante de materiais para freio. Trata-se de um dinamômetro inercial em escala reduzida capaz de correlacionar os resultados de atrito com mais de um sistema mecânico. A Figura (1-a) mostra uma fotografia do dinamômetro inercial utilizado.

#### 2.1.2. Tribômetro de Frenagem

Da mesma forma que o dinamômetro inercial em escala, o tribômetro utilizado neste trabalho também foi desenvolvido numa parceria entre a UFRGS e um fabricante de materiais para freio. Essa máquina foi projetada para atender as condições reais de frenagem, tais como pressão de contato e velocidades de escorregamento entre a pastilha e o disco, seguindo o levantamento realizado por Infantini (2008). Neste equipamento o corpo de prova tem um tamanho reduzido, a fim de permitir a versatilidade nos ensaios com custos menores.

Quanto à velocidade de rotação do disco, o tribômetro pode operar em dois modos:

*Modo de arrasto constante:* a velocidade de rotação do disco é constante durante a fricção deste com o material atritante;

*Modo de desaceleração do disco:* a velocidade de rotação do disco diminui a uma taxa pré-ajustada à medida que a frenagem se desenvolve, de forma similar ao que ocorre durante as frenagens de sistemas reais ou mesmo nos dinamômetros inerciais.

Quanto à carga aplicada, o tribômetro pode operar em dois modos distintos:

*Modo força constante:* neste caso a força na direção normal ao disco, realizada por um atuador pneumático, é mantida constante ao longo de uma frenagem enquanto o torque frenante está livre para variar de acordo com o coeficiente de atrito.

*Modo torque constante:* o torque de frenagem é mantido constante independente da força de atrito. Isso é feito controlando a força aplicada pelo atuador a cada fração de segundo. O controle deste processo é feito em malha fechada, realimentado por um transdutor de torque.



(a)



(b)

**Figura 1. Bancada experimental, onde em a) dinamômetro inercial utilizado como máquina de referência e em b) tribômetro de frenagem utilizado nos ensaios.**

### 2.2. Metodologia de Ajuste dos Parâmetros de Ensaio

Foi seguida a teoria de escalas proposta por Wilson (1968) a fim de garantir a igualdade das condições de frenagens em equipamentos de diferentes escalas e possibilitar a posterior comparação dos resultados de atrito. Segundo essa teoria, é importante garantir que durante cada frenagem a energia dissipada por unidade de área da pastilha de freio, ou simplesmente densidade de energia, seja mantida a mesma em ambos equipamentos de teste. Além disso, outros

parâmetros mencionados pelos autores deste estudo e que devem ser mantidos os mesmos entre as duas máquinas estão listados na Tab (1).

**Tabela 1. Parâmetros mantidos fixos na relação de escalas entre o dinamômetro e o tribômetro.**

Parâmetro	Unidade
Velocidade de escorregamento	m/s
Desaceleração	m/s <sup>2</sup>
Tempo de Frenagem	S
Densidade de Energia	J/m <sup>2</sup>

### 2.3. O Ensaio Realizado

O ensaio realizado no dinamômetro inercial foi baseado na norma AK-Master (1998) para ensaio de sistemas de freio em dinamômetros inerciais. Dessa norma retiraram-se duas etapas: assentamento, visando à estabilização do atrito e ciclo de fade, que objetiva avaliar o atrito em condições de alta temperatura. As Tabelas (2) e (3) apresentam, respectivamente, as condições operacionais empregadas no ensaio de assentamento e no ciclo de fade para ambos os equipamentos. As velocidades e a desaceleração mencionadas nas etapas acima são referentes ao veículo. Portanto, para realização do ensaio esses valores foram convertidos para a velocidade de rotação da máquina, utilizando para isso a relação do raio do pneu do veículo ensaiado. Cabe ressaltar ainda que a temperatura inicial é a temperatura de gatilho para que a frenagem inicie. No caso do ciclo de fade, é necessário que ao fim de cada frenagem a temperatura final do disco de freio ultrapasse a temperatura de gatilho da próxima frenagem.

Apesar da norma AK-Master (1998) indicar que a medição de temperatura do disco deve ser feita por termopar, para o comparativo realizado neste trabalho foi utilizado um pirômetro óptico ajustado a uma emissividade de 1,0 em ambas as máquinas. Essa solução foi necessária tendo em vista a dificuldade de instalação de um termopar no disco do tribômetro, que é de 6 mm, metade da espessura do disco do dinamômetro. Por isso, as temperaturas mencionadas nas Tab. (2) e (3) são temperaturas indicadas para pirômetro óptico, equivalentes às temperaturas de termopar exigidas pela norma AK-Master (1998). O ajuste de 1,0 na emissividade do pirômetro óptico foi necessário devido a limitações de leitura do sistema de aquisição do dinamômetro inercial (saturação da escala máxima).

**Tabela 2. Parâmetros do Ensaio da etapa de Assentamento**

Parâmetro	Dinamômetro inercial	Tribômetro		
Rotação Inicial (rpm)	1248	1906		
Rotação Final (rpm)	456	686		
Velocidade de Escorregamento Inicial (m/s)	8,0			
Velocidade de Escorregamento Final (m/s)	2,9			
Temperatura Inicial (°C)	46			
Área da Pastilha (mm <sup>2</sup> )	1600	255	491	707
Força de Contato (N)	1724*	275	528	761
Pressão de Contato (MPa)	1,08			
Tempo Médio de Frenagem (s)	6,7			

\* Força de contato em cada pastilha.

Tabela 3. Parâmetros do Ensaio da etapa do Ciclo de Fade

Parâmetro	Dinamômetro inercial	Tribômetro		
Rotação Inicial (rpm)	1564	2385		
Rotação Final (rpm)	0			
Velocidade de Escorregamento Inicial (m/s)	10,0			
Velocidade de Escorregamento Final (m/s)	0			
Temperatura Inicial (°C)	46 – 86 – 107 – 125 – 142 161 – 186 – 210 – 240 – 270 293 – 314 – 325 – 342 – 354			
Área Total da Pastilha (mm <sup>2</sup> )	3200	255	491	707
Inércia (kgm <sup>2</sup> )	5,8	0,2	0,4	0,6
Energia Cinética (J)	77791	6186	11933	17183
Torque Frenante (Nm)	130	6,35	12,25	17,64
Tempo de Frenagem (s)	7,8			

Para a etapa de assentamento o tribômetro foi ajustado para o modo de força constante enquanto na etapa do ciclo de fade o equipamento foi colocado no modo de torque constante.

O sistema de freio utilizado do dinamômetro inercial opera com duas pastilhas de freio, uma de cada lado da superfície do disco, enquanto o tribômetro apresenta apenas uma pastilha. Dessa forma optou-se por utilizar um disco de freio no tribômetro com 6 mm, correspondente a metade de espessura do disco de freio do dinamômetro, a fim de buscar uma distribuição da temperatura sobre o disco durante a frenagem o mais próxima possível com a máquina de referência. As amostras (disco e pastilha) empregadas durante os testes foram as mesmas em ambos equipamentos, fornecidas por um fabricante de sistemas freios, sendo a pastilha constituída de um material experimental e o disco fabricado a partir de ferro fundido cinzento. Com o objetivo de avaliar o tamanho adequado para que sejam atingidas nos testes do tribômetro as mesmas temperaturas do disco alcançadas no dinamômetro em escala foram experimentados 3 diâmetros diferentes de corpos de prova: 18 mm, 25 mm e 30 mm. Para cada área de corpo de prova ensaiada, foi estabelecido um diferente torque de frenagem, o qual segue a teoria de escalas de Wilson (1968), calculado pela eq. (1):

$$T = i\alpha = \frac{Iar^2}{AR^2} \left( \frac{\omega_i - \omega_f}{t} \right) \quad (1)$$

Onde  $T$  é o torque de frenagem que deve ser executado no tribômetro [Nm],  $i$  é a inércia do simulada no tribômetro [kgm<sup>2</sup>],  $\alpha$  é a desaceleração angular do eixo tribômetro [rad/s<sup>2</sup>],  $I$  é a inércia do aplicada no dinamômetro [kgm<sup>2</sup>],  $a$  é a área do corpo de prova ensaiado no tribômetro [m<sup>2</sup>],  $r$  é o raio de escorregamento do tribômetro [m],  $A$  é a área da pastilha ensaiada no dinamômetro [m<sup>2</sup>],  $R$  é o raio de escorregamento do dinamômetro [m],  $t$  é o tempo de frenagem [s],  $\omega$  é a velocidade angular do eixo do tribômetro, sendo que o sub-índice “ $i$ ” denota a velocidade no início da frenagem enquanto o sub-índice “ $f$ ” denota a velocidade no final da frenagem.

Dessa forma, a partir de diferentes tamanhos de corpos de prova empregados no tribômetro (e conseqüentemente diferentes torques) e mantendo constante a densidade de energia sobre a área do corpo de prova, pode-se variar a energia total que é entregue ao disco durante as frenagens, buscando a realização do “ajuste” térmico do equipamento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões a respeito ensaios de assentamento e ciclo de fade executados para ambos equipamentos, começando pela máquina de referência, o dinamômetro inercial.

### 3.1. Assentamento no Dinamômetro

Na figura (2) pode-se observar o resultado obtido no ensaio de assentamento, realizado no dinamômetro. Para facilitar a visualização foram apresentadas apenas 06 frenagens, do total de 30 frenagens dessa etapa. À medida que o número de frenagens aumenta, o atrito tende a aumentar, ficando com uma variação aproximadamente constante depois de um certo número de frenagens. Isso indica que o coeficiente de atrito estabilizou. Isso ocorre devido à uniformização da área de contato da pastilha com o disco (assentamento) e das propriedades iniciais do material de fricção, atingindo, portanto, o objetivo dessa etapa do ensaio. A diminuição do tempo de frenagem verificado na Fig. (2) a medida em que são incrementadas as frenagens é função do aumento do coeficiente de atrito.

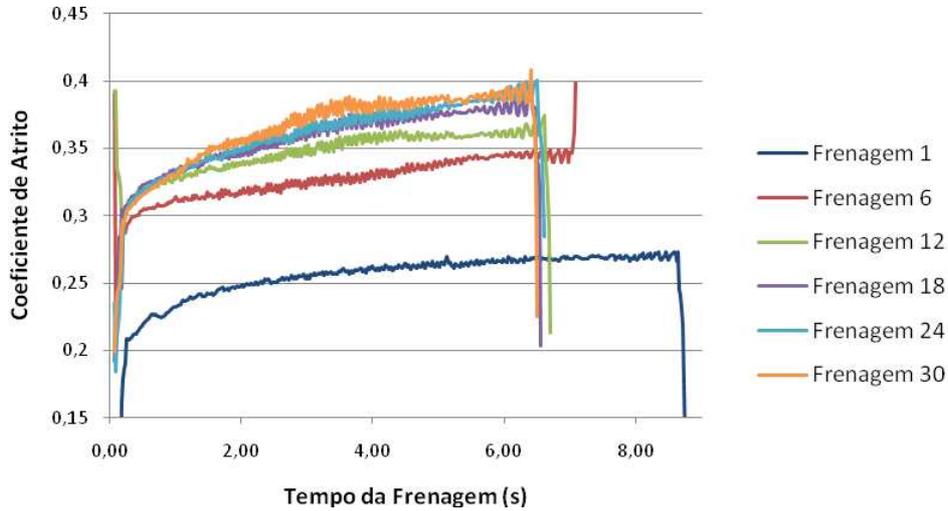


Figura 2. Evolução do atrito durante a etapa de assentamento do dinamômetro.

### 3.2. Ciclo de Fade no Dinamômetro

Durante o ensaio do ciclo de fade conduzido no dinamômetro, pode-se observar o comportamento de queda e posterior recuperação do coeficiente de atrito com o aumento da temperatura. A Figura (3-a) apresenta os resultados médios do coeficiente de atrito em cada frenagem realizada nessa etapa. Os resultados da evolução da temperatura para cada frenagem do ciclo de fade estão apresentados na Fig. (3-b). Pode-se observar que a variação da temperatura do disco, ou seja, a diferença entre a temperatura máxima e a inicial, para cada frenagem se mantém relativamente constante durante todo o ensaio do ciclo de fade.

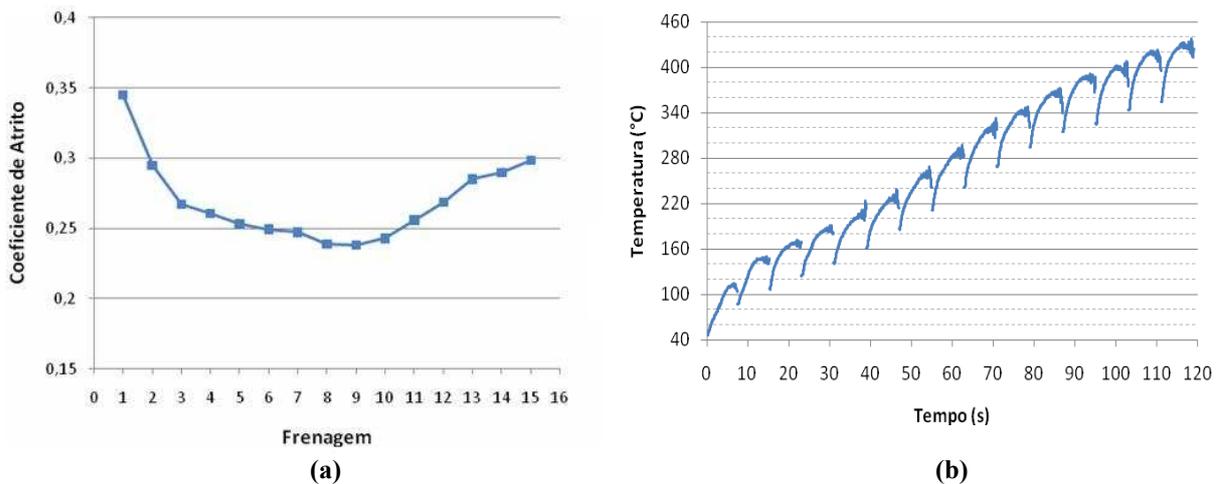


Figura 3. Resultados dos ensaios do ciclo de fade no dinamômetro. Em (a) comportamento do atrito médio a cada frenagem no dinamômetro e em (b) variação da temperatura a cada frenagem da etapa de Fade.

### 3.3. Assentamento no Tribômetro

Os resultados do ensaio de assentamento do tribômetro estão mostrados na Fig. (4). Para uma melhor visualização dos resultados, foram apresentadas as mesmas 6 frenagens utilizadas no assentamento realizado no dinamômetro.

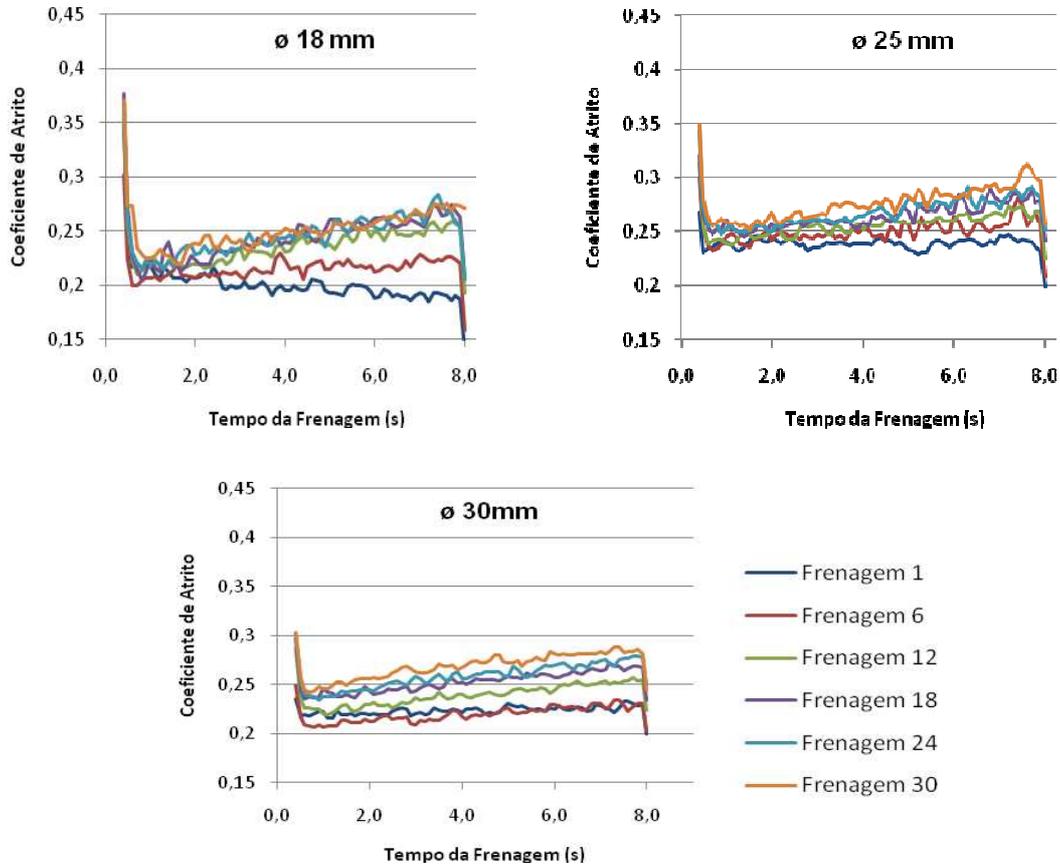


Figura 4. Ensaio de assentamento realizado no tribômetro.

O corpo de prova de 30 mm apresentou uma taxa de crescimento do atrito mais uniforme entre as frenagens, enquanto os demais apresentaram taxas diferentes. Mesmo assim, os valores atingidos para o coeficiente de atrito ao final da etapa de assentamento foram relativamente próximos entre os três corpos de prova testados, por volta de 0,28. A estabilização do coeficiente de atrito durante essa etapa do ensaio não foi tão efetiva quanto à ocorrida no ensaio realizado do dinamômetro, indicando a necessidade de um número maior de frenagens para o assentamento.

Na Figura (5) está representada a temperatura máxima atingida ao final de cada frenagem da etapa de assentamento, avaliada para os dois equipamentos de ensaio. Pode-se verificar que as temperaturas atingidas no dinamômetro são mais elevadas que nos três corpos de prova ensaiados no tribômetro. Essa diferença na temperatura máxima possivelmente contribuiu para a diferença do coeficiente de atrito entre as máquinas, já que, como citado por Neuman et al (1983) o histórico das temperaturas influencia no comportamento do atrito dos materiais de fricção.

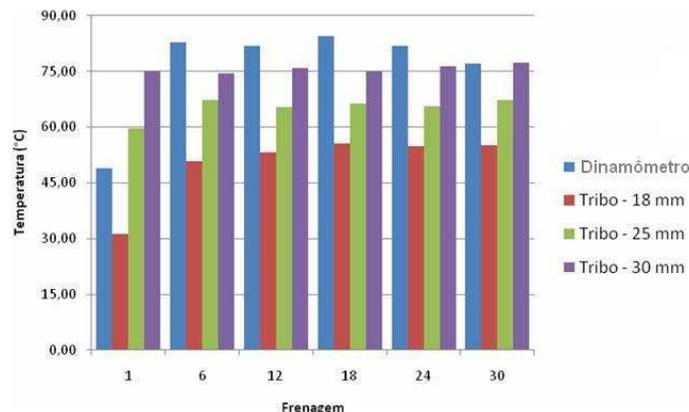


Figura 5. Máxima temperatura atingida na frenagem do assentamento.

### 3.4. Ciclo de Fade no Tribômetro

A Figura (6) mostra o valor instantâneo do torque para cada frenagem realizado na etapa do fade para o tribômetro e ainda o valor do coeficiente de atrito resultante nos 2 equipamentos. O círculo vermelho do gráfico, correspondente ao ensaio com a amostra de 30 mm, destaca que durante as frenagens 8, 9 e 10, o torque não se manteve constante e caiu significativamente. Isso ocorreu devido à insuficiência na capacidade de carga do sistema de atuação do tribômetro. Nos outros corpos de prova (18 e 25 mm) esse fato não se repetiu porque o torque objetivo, e conseqüentemente a força aplicada, era menor.

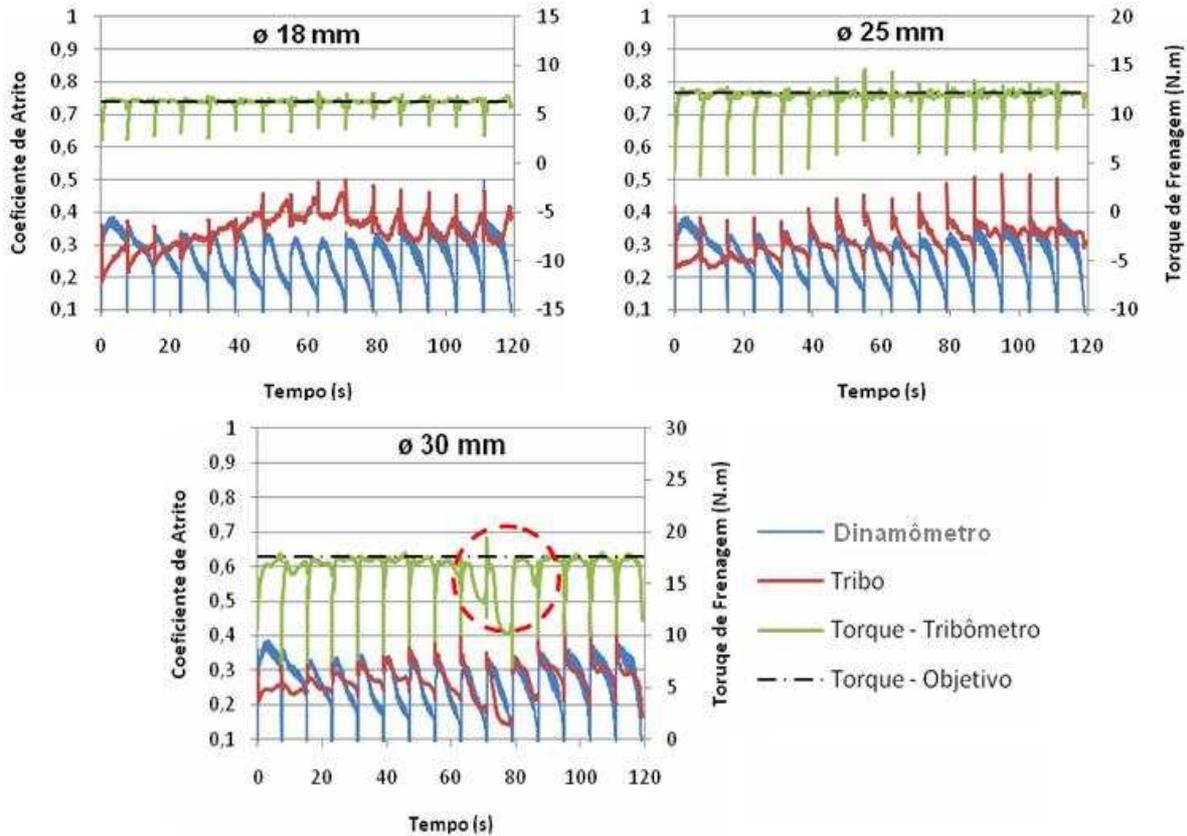


Figura 6. Atrito e torque para cada frenagem na etapa de Fade.

Como a temperatura afeta as propriedades tribológicas do material de fricção é fundamental que, durante o ciclo de fade, sejam atingidas as mesmas temperatura para ambos os equipamentos. Dessa forma, para poder correlacionar os resultados de atrito é importante que a variação da temperatura a cada frenagem bem como a evolução desta variável ao longo das frenagens seja a mesma. A Figura (7) apresenta os resultados de temperatura ao longo do ciclo de fade.

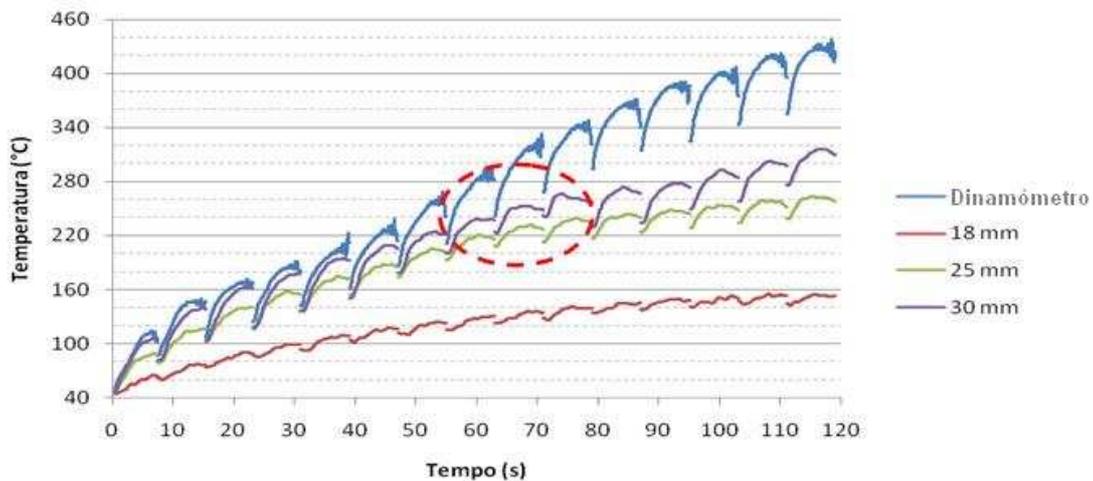


Figura 7. Aumento da temperatura no ciclo de fade.

Pela Figura (7) pode-se observar experimentalmente que quanto maior o tamanho da amostra, maior as temperaturas finais atingidas. Isso ocorre por que um aumento da área do corpo de prova faz com que um maior torque de frenagem (e conseqüentemente uma maior quantidade de energia) seja entregue ao disco, considerando mesma densidade de energia sobre a área do corpo de prova, conforme descrito pela eq. (1). No círculo vermelho no detalhe verifica-se um menor ganho de temperatura por frenagem durante a diminuição do torque por insuficiência de carga do sistema atuador.

O corpo de prova de 18 mm apresentou um aumento relativamente pequeno na temperatura durante todas as 15 frenagens, não atingindo a temperatura de gatilho da próxima frenagem. Os corpos de prova de 25 mm e 30 mm, mesmo atingindo em parte as temperaturas de gatilho nas primeiras frenagens, não conseguiram atingir a mesma variação ou ganho de temperatura ocorrida durante cada frenagem conduzida no dinamômetro, fato que pode ser melhor visualizado através da Fig.(8). Para o ensaio realizado no dinamômetro, os valores do ganho de temperatura oscilaram em torno dos 70°C. Para o corpo de prova de 18 mm o ganho de temperatura a cada frenagem mostrou-se abaixo dos demais. Já o corpo de prova de 25 mm teve um ganho intermediário enquanto o de 30 mm teve o maior ganho relativo. Nota-se uma queda brusca no ganho de temperatura do corpo de prova de 30 mm, entre as frenagens 7 e 11, o que, conforme discutido anteriormente, foi o ponto onde o torque da frenagem diminuiu devido à insuficiência da força. Observa-se ainda que os 3 corpos de prova ensaiados no tribômetro apresentaram uma tendência de queda do ganho de temperatura a partir da região intermediária, com posterior estabilização nas frenagens finais. Possivelmente isso se deve a maior perda de calor por convecção na parte posterior do disco. Isso não acontece no dinamômetro porque a frenagem ocorre com uma pastilha de cada lado do disco, o que contribui para diminuição da dissipação térmica para o meio. Para minimizar esse efeito no tribômetro seria necessário isolar termicamente a parte posterior do disco de freio.

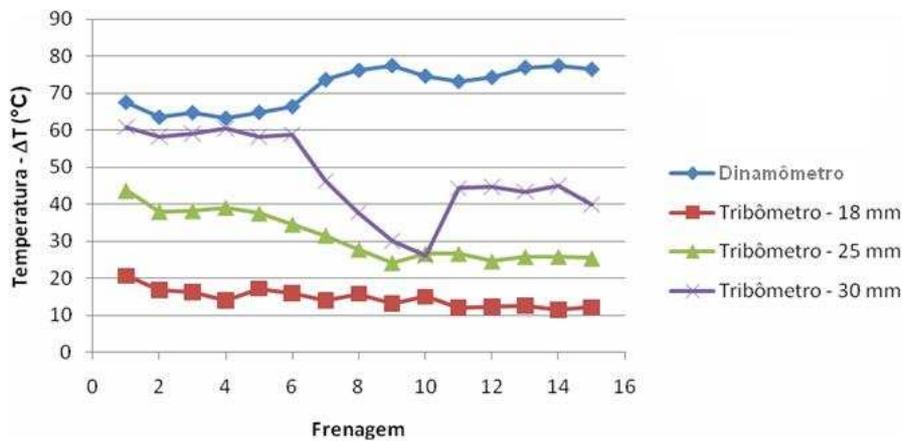


Figura 8. Ganho de temperatura a cada frenagem do fade.

Apesar dos testes realizados com o corpo de prova de 30 mm terem atingido, durante as 6 primeiras frenagens, temperaturas muito próximas às dos testes no dinamômetro, o atrito médio verificado nessas etapas foi relativamente diferente entre os equipamentos, conforme pode ser visto na Fig. (9). Possivelmente essa diferença tenha ocorrido em função da etapa de assentamento não ter sido satisfatoriamente cumprida no caso do tribômetro, já que o tempo de frenagem nesse equipamento é o tempo médio entre as 30 frenagens do assentamento executadas no dinamômetro, resultando em diferenças entre as curvas de temperatura registradas em cada máquina durante os ensaios de assentamento.

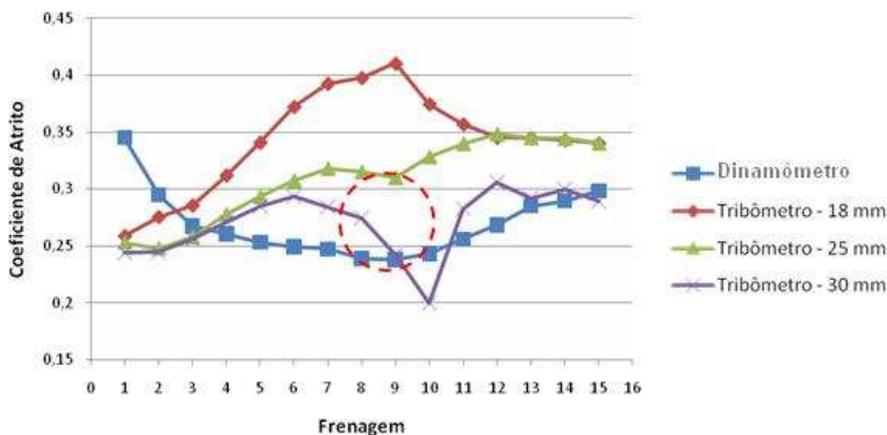


Figura 9. Atrito médio para cada frenagem da etapa de fade.

Colabora também para a diferença de atrito entre os dois equipamentos o fato de que durante o fade não se atingiram no tribômetro as mesmas temperaturas registradas pelos ensaios de referência do dinamômetro. O corpo de prova de 30 mm foi o que apresentou maior tendência à correlação com os resultados do dinamômetro, sendo que as diferenças ocorreram por conta da diferença entre o histórico térmico existente entre o assentamento executado no dinamômetro e no tribômetro, da insuficiência de força do sistema atuador do tribômetro (círculo vermelho no detalhe da Fig. (9)) e da maior dissipação térmica do disco de freio do tribômetro.

### 3.5. Estimativa para o tamanho do corpo de prova

Considerando apenas as seis primeiras frenagens, onde o efeito dissipativo do calor no disco do tribômetro não foi tão significativo e nem ocorreu o problema de insuficiência da força citado anteriormente, estimou-se qual é a área adequada para o corpo de prova a fim de obter um ganho de temperatura similar ao do dinamômetro (cerca de 65°C). A Figura (10) mostra a relação entre o ganho médio de temperatura para as 6 primeiras frenagens com a área dos corpos de prova ensaiados no tribômetro. Seguindo a tendência da curva da referida figura, a área do corpo de prova necessária para atingir o ganho de 65°C é de 770 mm<sup>2</sup>, o que corresponde a um diâmetro de 31,5 mm.

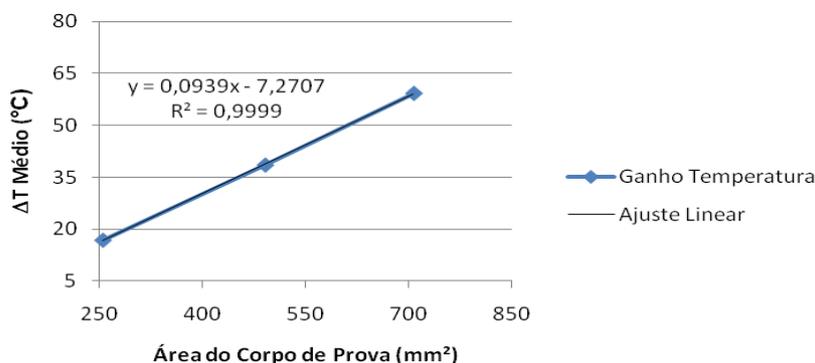


Figura 10. Estimativa da área do corpo de prova a ser ensaiado no tribômetro.

## 4. CONCLUSÕES

Na atual configuração o tribômetro não é capaz de atingir as temperaturas necessárias para uma adequada correlação com dinamômetros inerciais. Porém, com algumas modificações, como um atuador com capacidade de carga mais elevada, que possibilitaria o uso de um corpo de prova maior, e o uso de um isolador térmico na parte posterior do disco de freio, possivelmente as temperaturas atingiriam os patamares verificados no dinamômetro.

Através dos resultados dos ensaios pode-se concluir que mantendo constante a densidade de energia e seguindo a eq. (1), quanto maior a área do corpo de prova atritado, mais torque de frenagem (e conseqüentemente energia) é fornecido para o sistema e, conseqüentemente, maior a temperatura atingida pelo disco durante a frenagem. Através de uma curva de tendência do gráfico da relação do ganho de temperatura com a área do corpo de prova estima-se que uma amostra com 31,5 mm de diâmetro seja adequada para atingir as mesmas temperaturas alcançadas pelo dinamômetro.

À medida que as temperaturas dos ensaios se assemelham entre as máquinas, mais semelhantes ficam os resultados para o coeficiente de atrito, demonstrando que a temperatura tem papel significativo sobre a correlação do atrito.

## 5. REFERÊNCIAS

- “AK-Master Standard”, In Brake German Procedures, Alemanha, Ak-Master de dezembro de 1998.
- Blau, P.J.; McLaughlin, J.C.; “Effects of water films and sliding speed on the frictional behavior of truck disc brake materials”, Tribology International 36, pg. 709-715, 2003.
- Desplanques, Y.; Roussette, O.; Degallaix, G.; Cristol-Bulthé, A.L.; Sabatier, L.; “A reduced-scale test for pad-disc contact tribological analysis in railway braking”, Wear 262, 2006.
- Infantini, M.B.; “Variáveis de Desempenho dos Sistemas de Freios”, Dissertação de Mestrado, 96 folhas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2008.
- Neuman, R.F.; Urban, J.A.; McNinch, J.H.; “Performance Characterization of Dry Friction Materials”. In: Braking of Road Vehicles. London: Mechanical Engineering Publications Ltd, pg. 233-238, 1983.
- Wilson, A.J.; Belford, W.G.; Bowsher G.T.; “Testing Machines for Scale Vehicle Brake Installations”, The Engineer, 317-323, 1968.

## 6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.



**VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil**  
**August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil**

## **THERMAL COMPARISON OF BRAKINGS PERFORMED ON A TRIBOMETER AND A DYNAMOMETER TO CONTRIBUTE TO THE CORRELATION OF RESULTS OF FRICTION**

**Patric Daniel neis, engmecpatric@yahoo.com.br**  
**Fabiano Edovirges Arrieche, 00143343@ufrgs.br**  
**Flávio José Lorini, lorini@ufrgs.br**  
**Ney Francisco Ferreira, neyferr@gmail.com**

**CON10-0119**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Sarmento Leite, 425 – 90050-170 – tel.: +55 51 33083567 - Porto Alegre – RS – Brasil.

**Abstract:** *Braking tribometer has appeared as alternative to reduce the cost and time in the development of friction materials for vehicular brakes. However, in this equipment the tests are carried out without desaccelerate the brake disc, while the situation that occurs during braking on vehicle or consolidated equipment, such inertial dynamometers, is different. Furthermore, the temperatures reached during tests are not the same as those found in a vehicle or in a dynamometer. This present work intend to contribute for realization of brakings with constant deceleration in a tribometer, taking aim of thermal comparison with the results of braking tests performed on a inertial dynamometer. It was applied same energy density in all samples on both machines, following the theory of scales found in the literature. The rate of heating in brake disc on the tribometer was modified by changing the area (and the braking torque as well) of the specimens tested, whose diameters assessed were 18, 25 and 30mm. Tribometer has shown capable to adequately reproduce the parameters of the test on specimen of 18 and 25 mm, presenting technical difficulties with the largest specimen of 30 mm, due to insufficient loading of the actuation system. Under the thermal point of view, the sample of 30 mm presented the nearer temperatures those achieved in the dynamometer. The results of this study indicate that in order to correlate the results to the friction between both equipments is essential that the temperatures achieved during braking must be similar.*

**Keywords:** *Tribometer, friction, fade, brake.*