

## INTRODUÇÃO

Este trabalho teve como objetivo determinar um modelo teórico para a variação de temperatura do tribômetro projetado a partir de dados de entrada como tempo de frenagem, temperatura inicial e torque transmitido pelo sistema de atuação. O tribômetro utilizado (figuras 1 e 2) na realização dos ensaios foi desenvolvido pelo GPFai da UFRGS em parceria com uma empresa fabricante de materiais para freios. Como a taxa do aumento de temperatura tem relação com o desgaste da pastilha de freio, quanto maior é a variação de temperatura maior é o desgaste, essa é uma variável de grande importância para estudos tribológicos [Kato, 2001].

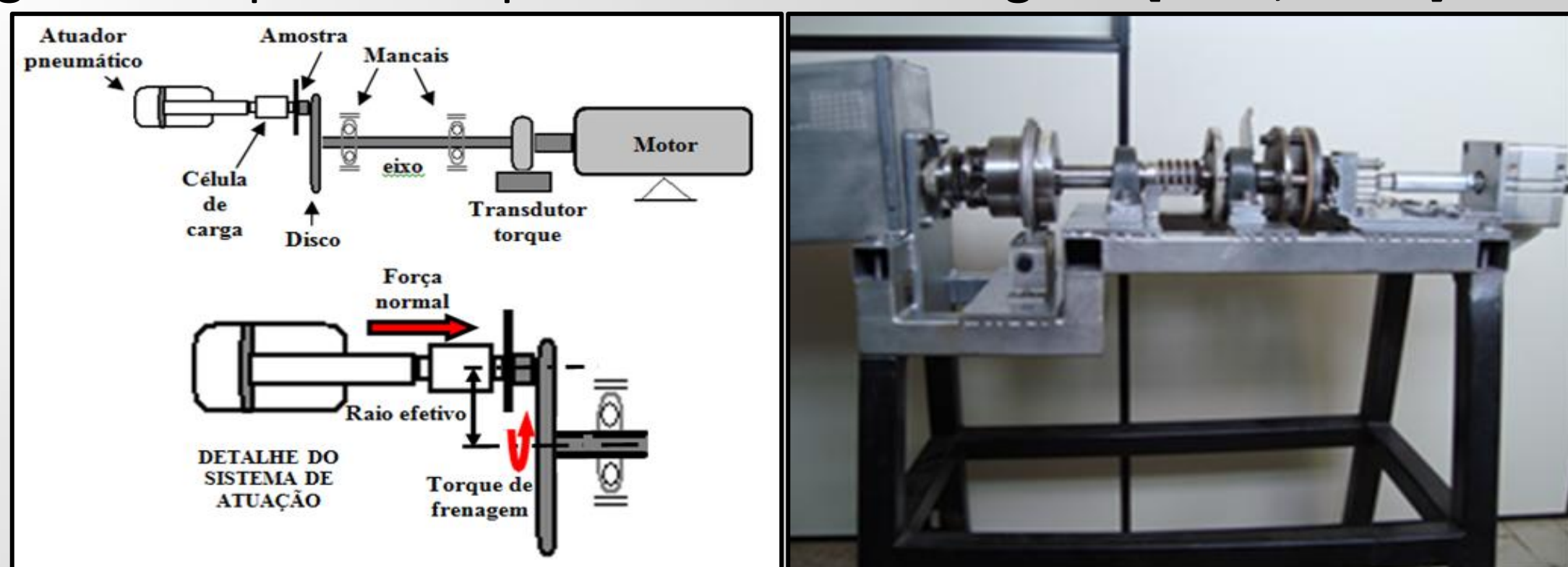


Figura (1): esquema do tribômetro.

Figura (2): foto do tribômetro.

## METODOLOGIA

O projeto dos experimentos baseia-se na ideia da NBR 14794, na qual os ensaios são feitos com uma rotação constante de 660 RPM e com torque constante. Os dados de entrada analisados estão na tabela (1). A respeito dos dados de saída, foi feita uma média do último segundo da temperatura do disco captada pelos termopares em cada ensaio e, após isso, foi calculada a diferença em relação a temperatura inicial do respectivo experimento com a intenção de obter a variação de temperatura. A análise de significância dos fatores de entrada em relação ao aumento de temperatura é realizada através da análise de variância (Anova), além de gerar um modelo teórico para a variação de temperatura no tribômetro projetado através de um modelo de regressão linear. Ambos os cálculos estatísticos foram efetuados com o auxílio do software Excel 2010.

Parâmetros Operacionais	Níveis	
Tempo de Frenagem (s)	25	50
Temperatura (°C)	50	100
Torque (Nm)	10	15

Tabela (1): Tabela de parâmetros operacionais.

## RESULTADOS

Os resultados obtidos experimentalmente para a variação de temperatura do disco do tribômetro são mostrados na tabela (2). Os parâmetros operacionais foram abreviados. O tempo de frenagem como sendo A, a temperatura inicial é representada pela letra B e, por fim, torque é abreviado por C. Ambos seguidos por números 1 e 2, significando a ordem crescente de cada dado de entrada.

Com essas variações de temperatura a análise de variância (Anova) foi realizada a fim de verificar a significância de cada fator examinado. O índice de confiança (IC) utilizado foi de 95%. Com base nesse método verificou-se a significância de todos os fatores analisados. Porém, gerando o modelo de

regressão verificou-se que os 3 dados de entrada não se relacionam de forma linear com a variável de saída, por isso, foi efetuado outro modelo para uma melhor análise, mostrado na tabela (3).

A equação (1) representa a equação gerada pela rotina de regressão com apenas os fatores significativos, na qual  $\Delta T$  representa a variação de temperatura do disco.

	B1		B2	
	C1	C2	C1	C2
A1	23,77	41,86	16,43	32,34
	24,63	38,51	20,25	33,36
	22,24	43,7	16,53	32,26
A2	45,83	85,06	34,62	59,43
	43,64	83,31	33,31	61,95
	44,30	84,08	35,13	62,64

Tabela (2): Dados de variação de temperatura obtidos nos ensaios no tribômetro.

	Coefficientes	Erro padrão	valor-P	S - Significativo NS - Não Significativo
Interseção	-22,43467	5,41677	0,00077	S
AB	0,01195	0,00517	0,03441	S
AC	0,25149	0,03205	0,00000	S
BC	0,02718	0,01603	0,10930	NS
ABC	-0,00155	0,00041	0,00150	S
A <sup>2</sup>	-0,01995	0,00545	0,00211	S
B <sup>2</sup>	-0,00200	0,00136	0,16209	NS
C <sup>2</sup>	-0,08593	0,05068	0,10932	NS

Tabela (3): modelo de regressão linear. Coeficiente significativo se valor-P<0,05.

$$\Delta T = -13,8637 + 0,0048AB + 0,19998AC - 0,0009ABC - 0,0123A^2 \quad (1)$$

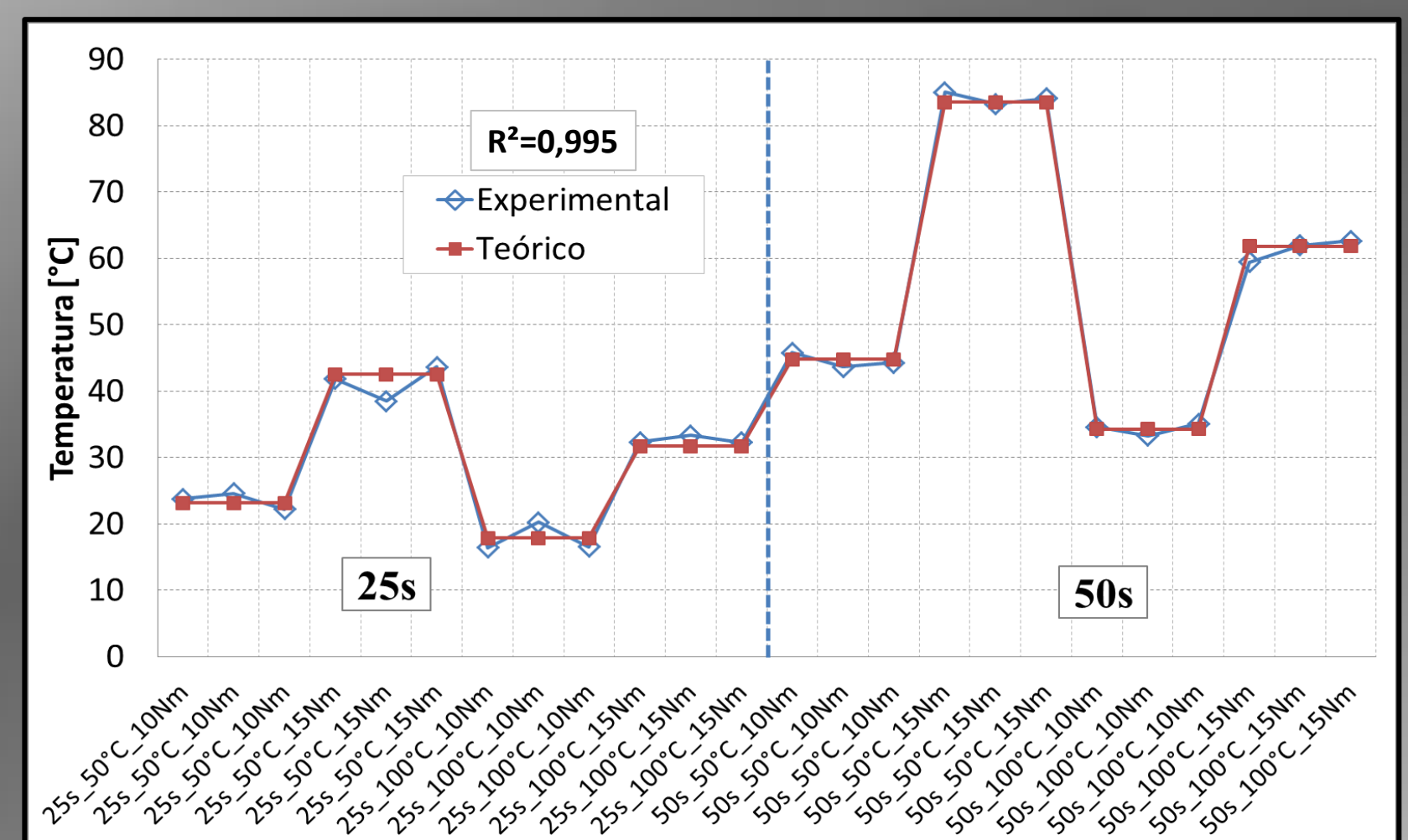


Gráfico (1): Comparação entre dados experimentais e os dados teórico gerados pelo modelo.

## CONCLUSÕES

O modelo teórico gerado pela regressão obteve uma confiabilidade de 99,5% ( $R^2=0,995$ ), ilustrando que repetir cada condição 3 vezes auxilia na diminuição do erro aleatório. Logo, o modelo teórico desenvolvido nesse trabalho é perfeitamente capaz de reproduzir a variação térmica do disco durante ensaios no tribômetro a partir dos parâmetros tempo de frenagem, temperatura inicial e torque. Além disso, essa equação será uma importante ferramenta no desenvolvimento de uma metodologia de ensaios para o tribômetro projetado.

## REFERÊNCIAS

- Kato, K.; Adachi, K., Wear Mechanisms, **Modern Tribology Handbook**, Ed. CRC Press LLC Vol.2, 2001.
- ABNT NBR 14794:2002, Veículos rodoviários automotores - Guarnição do freio - Determinação do coeficiente de atrito e desgaste de pastilhas de freios a disco em bancada de ensaio usando momento de força de frenagem constante.