

# MATERIAL DE REFERÊNCIA PARA ENSAIOS DE PROPRIEDADES MAGNÉTICAS NO QUADRO DE EPSTEIN

Marcos Fukuhara<sup>1</sup>  
Fernando José Gomes Landgraf<sup>1</sup>  
Taeko Yonamine<sup>1</sup>

## Resumo:

Os sistemas de qualidade das empresas exigem que seus instrumentos de medidas sejam periodicamente calibrados, seja contra padrões ou contra materiais de referência. A caracterização de propriedades magnéticas foi feita através do quadro de Epstein onde os instrumentos de medição são calibrados isoladamente. Através de ensaios periódicos seguindo a NBR 5161 e acompanhando o comportamento do gráfico de controle foi possível verificar a estabilidade dos resultados e atender a confiabilidade metrológica para identificar as propriedades magnéticas (perdas e permeabilidade) do material de referência.

**Palavras-chave:** propriedades magnéticas; material de referência; Epstein

## **Introdução**

Devido à necessidade de aumentar a eficiência das máquinas, as indústrias competem entre si pesquisando e desenvolvendo principalmente novos materiais. Novos aços estão sendo desenvolvidos na produção de máquinas elétricas buscando maximizar a permeabilidade magnética (capacidade do material em amplificar o campo magnético) e conseqüentemente, minimizar as perdas no ferro.

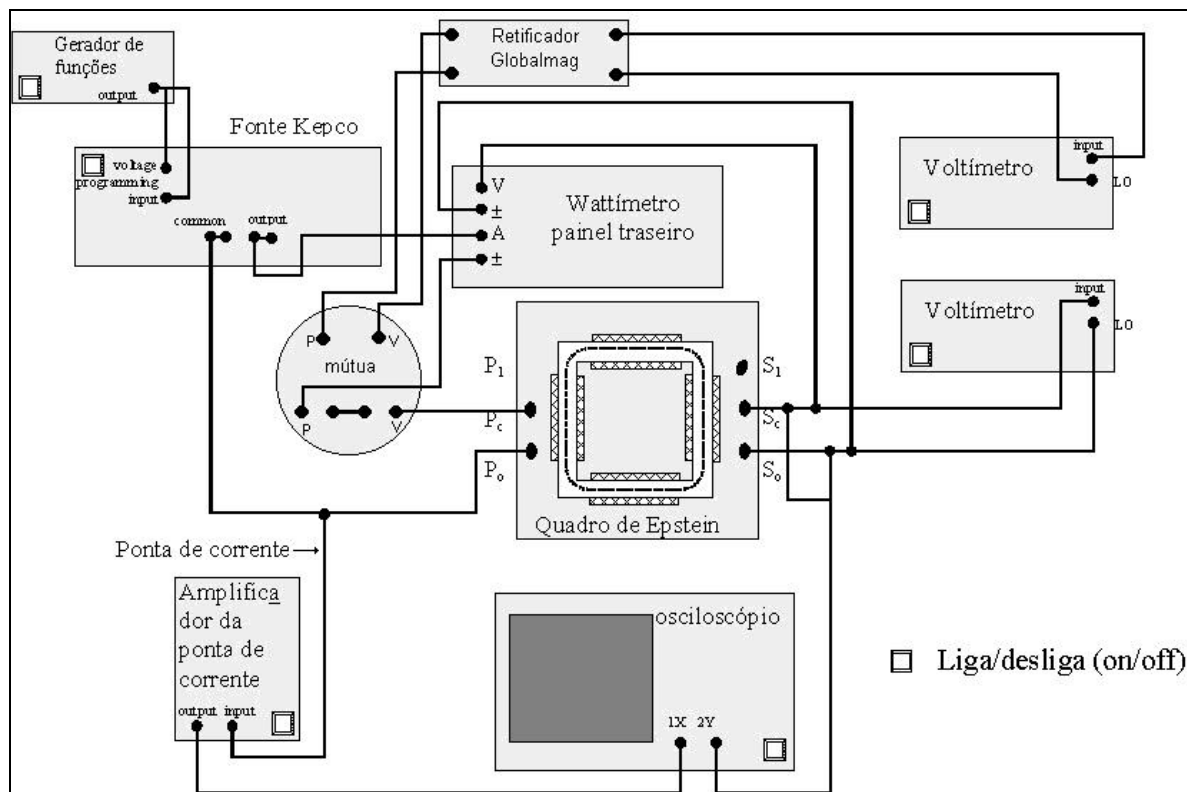
Através da caracterização das propriedades magnéticas podemos identificar a qualidade do aço. As propriedades principais medidas são a permeabilidade magnética e as perdas magnéticas, que podem ser obtidas por meio da curva de histerese originada da defasagem da indução do material e do campo magnético a que foi submetido. A área interna da curva de histerese corresponde à energia dissipada durante um ciclo de histerese é a chamada perda magnética. Normalmente para esta caracterização magnética os laboratórios utilizam o quadro de Epstein, e no Brasil seguem a norma NBR 5161. Grande parte efetua este ensaio em equipamentos desenvolvidos especificamente para esta finalidade, permitindo a obtenção dos resultados com muita praticidade. O inconveniente é que estes equipamentos não permitem um acompanhamento das etapas do ensaio, não sendo possível efetuar a sua calibração.

Uma maneira de verificar a confiabilidade do equipamento é efetuar o ensaio utilizando um material de referência previamente ensaiado em um sistema que sigam os requisitos da norma NBR 5161 onde os instrumentos que o compõem estejam calibrados e comparar os valores obtidos. O material de referência desenvolvido servirá para calibrar equipamentos destinados a caracterização magnética de chapas de aço elétrico GNO (grão não orientado).

## Metodologia

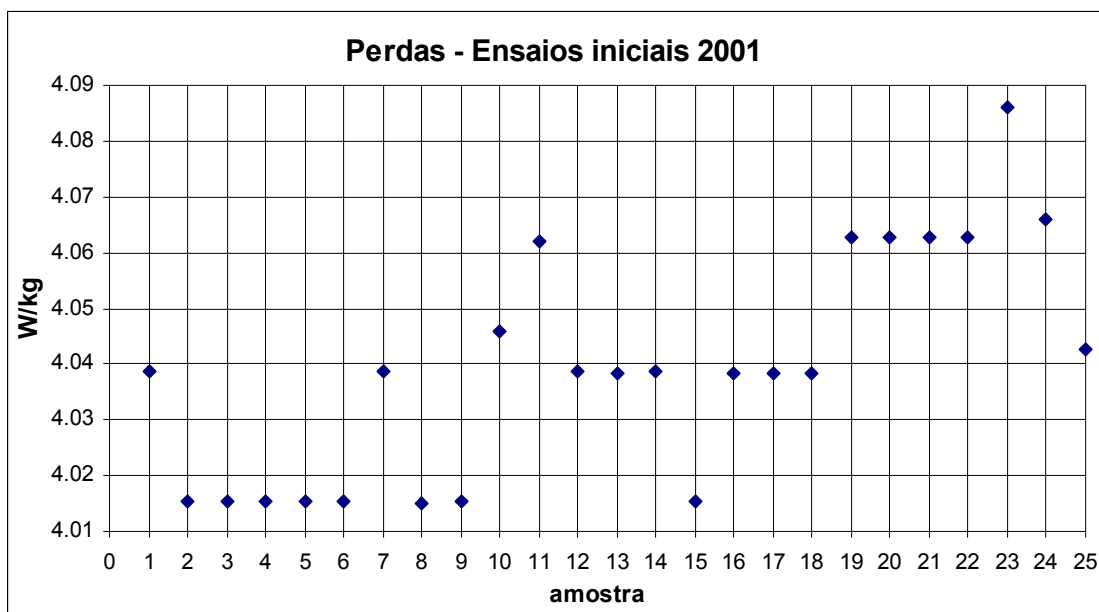
O Laboratório de Metalurgia do Pó e Materiais Magnéticos (LMPMM) da Divisão de Metalurgia (DIMET) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) desenvolve pesquisas e efetua ensaios para a caracterização das propriedades em materiais magnéticos. Está equipado para realizar um amplo número de ensaios normalizados em diversos tipos de materiais magnéticos de acordo com as normas ABNT, DIN, IEC e ASTM.

O sistema utilizado permite que os instrumentos que controlam e analisam o ensaio magnético possam ser calibrados individualmente. As calibrações são realizadas pelo Laboratório de Metrologia Elétrica (LME) do IPT, membro da Rede Brasileira de Calibração – RBC/Inmetro. Na **figura 1** podemos ver o esquema simplificado do sistema.



**Figura 1.** Esquema do sistema utilizado.

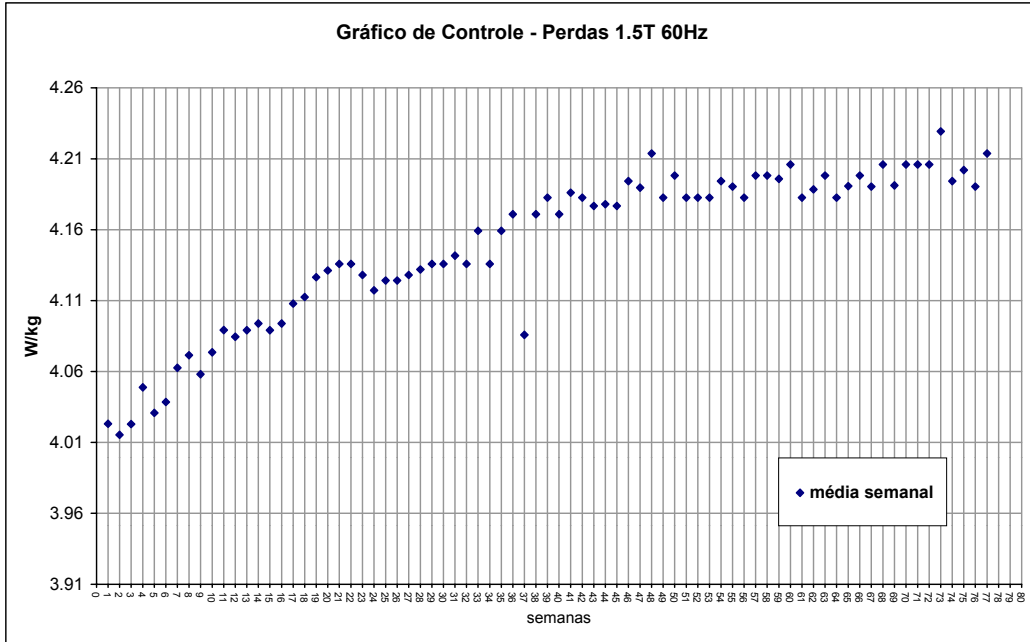
Foram preparados 25 conjuntos de 16 lâminas Epstein cortadas na direção transversal de laminação de uma mesma bobina de aço elétrico GNO tipo E230 e tratadas termicamente para alívio de tensões e azulamento (aplicação de uma camada protetora de magnetita) com a função de proteger contra a corrosão atmosférica e isolar eletricamente as lâminas. A norma NBR 5141 recomenda que sejam usadas 50% de lâminas cortadas na direção de laminação e 50% na direção transversal. Para garantir uma boa homogeneidade de resultados entre os 25 conjuntos, foi necessário excluir as lâminas cortadas na direção longitudinal, por serem fontes de variação de espessura entre conjuntos. Na **figura 2** temos o gráfico dos valores das perdas totais iniciais de cada conjunto de lâminas. Apesar de terem sido retiradas de uma mesma bobina de aço, apresentam variações. Essa variação é bem menor do que a observada quando se comparam medidas de lâminas cortadas na direção de laminação.



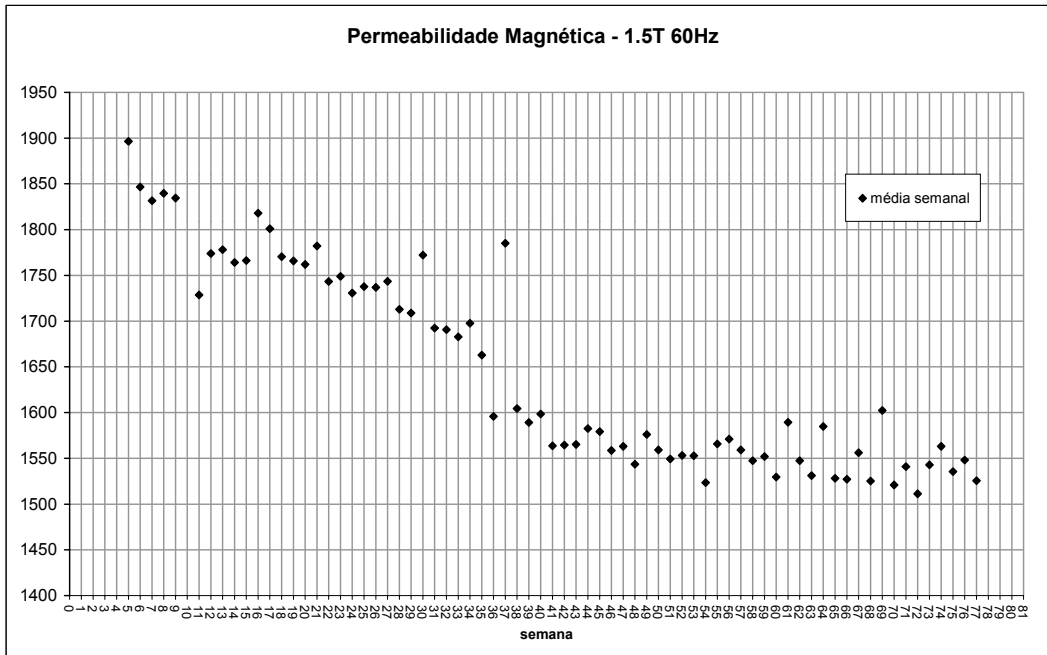
**Figura 2.** Variação do valor inicial das perdas de cada conjunto de lâminas.

Escolheu-se um dos conjuntos aleatoriamente para que regularmente seja efetuada a caracterização magnética de suas propriedades. Este ensaio consiste na determinação das perdas totais e permeabilidade nas induções 1.0T, 1.3T, 1.5T e 1.7T a 50 e 60Hz e das perdas histeréticas (quase-estático), e tiveram início em janeiro de 2001.

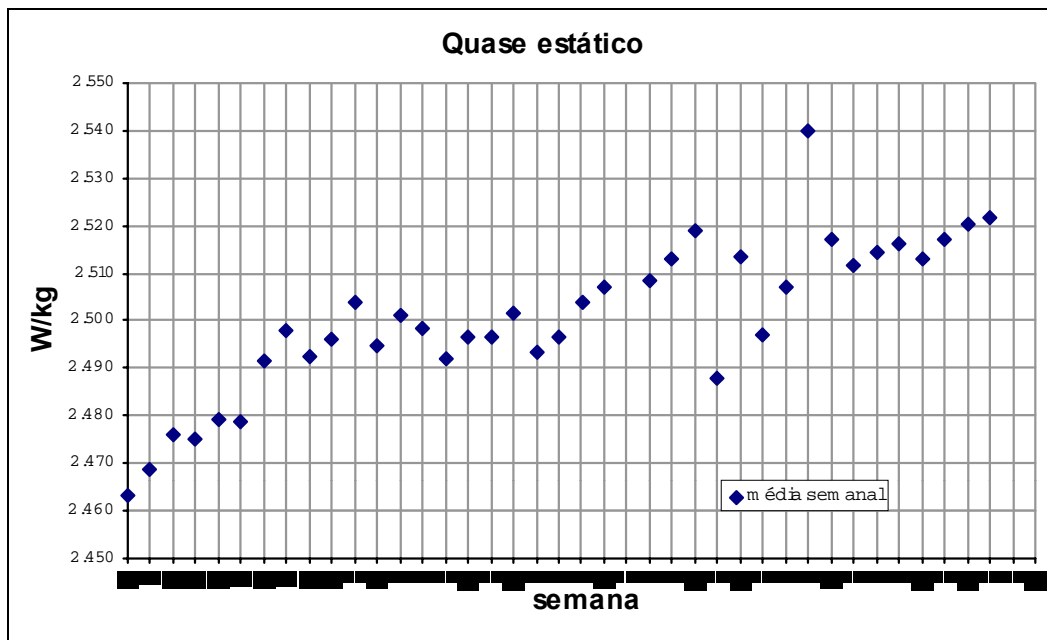
Acompanhando os valores das perdas medidas a 1.5T/60Hz normalmente utilizadas pela indústria, histeréticas, e permeabilidade traçou-se um gráfico de controle onde foi possível observar o comportamento destes dados. Nas **figuras 3 e 4** estão exibidos os gráficos de controle.



**Figura 2.** Gráfico de Controle, perdas a 1.5T/60Hz



**Figura 3.** Gráfico de Controle – permeabilidade a 1.5T 60Hz



**Figura 4.** Gráfico de Controle – Perdas QE

A incerteza das medidas de perda é de  $\pm 2\%$ .

A incerteza nas medidas de permeabilidade magnética é de  $\pm 10\%$ .

Do início até a metade do período representado na **figura 2** observa-se uma curva que tende a aumentar com o tempo, indicando que o valor das perdas está crescendo. Na segunda metade da curva vemos que os valores das perdas estabilizaram. Isto coincidiu com a troca de operador que estava encarregado de fazer os ensaios periodicamente, indicando que a maneira do operador manusear as lâminas acidentalmente introduziu tensões/deformações que prejudicaram as características magnéticas do material ensaiado. Nas **figuras 3 e 4** também pode ser observado esta indicação. Essa sensibilidade ao manuseio indica que o Material de Referência deve ser periodicamente reavaliado.

Através do ensaio realizado pelo laboratório do “Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris” (IEN-Itália) no ano de 2003 foi possível estabelecer a rastreabilidade dos resultados à um dos mais importantes centros de pesquisas de aços elétricos do mundo.. Na **tabela 1** pode-se notar que a diferença nos valores de perdas é menor que 0,5%, mas as diferenças de permeabilidade são bem maiores. .

**Tabela 1. Diferença de resultado entre IEN e IPT ( Valores em %).**

Laboratório	P10	P13	P15	P17	mi10	mi13	mi15	mi17
IEN(Itália)	0,2	0,5	0,5	-	-3,0	-4,0	5,0	-

$$\Delta = (\text{valor IEN} - \text{valor IPT}) \cdot 100 / \text{valor IPT}$$

P refere-se a perdas a 60Hz, a 1T, 1,3; 1,5 e 1,7T.

Mi refere-se à permeabilidade de pico a 60Hz, a 1T, 1,3; 1,5 e 1,7T

Durante o período de aquisição de dados foram convidadas grandes empresas do setor que possuem em seus laboratórios algum equipamento de ensaio através do

quadro de Epstein a participar de um ensaio interlaboratorial. Houve a participação de 7 empresas brasileiras e um instituto de pesquisa do exterior. Na **tabela 2** estão os valores da diferença percentual entre o obtido em nosso laboratório comparado com o do laboratório da empresa. Cada empresa está identificada com uma letra de **A** a **G** e algumas participaram com mais de um ensaio.

**Tabela 2.** Resultado do Interlaboratorial entre 2001 e 2003, valores em %.

Empresa	P10	P13	P15	P17	mi10	mi13	mi15	mi17
<b>IEN (Itália)</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>-</b>	<b>-3,0</b>	<b>-4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>-</b>
A	0,9	0,8	0,7	4,0	-4,1	-1,6	6,5	0,2
B2	0,6	0,4	0,9	4,1	-4,4	-3,5	2,5	-1,4
C	2,7	2,2	1,8	4,9	-3,0	-4,9	-4,8	-5,8
D	1,4	0,9	0,9	-	-9,9	1,5	2,0	-
E	2,3	2,2	2,1	-	24,8	22,7	25,9	-
F1	1,1	-	-0,1	-	-4,4	-	4,9	-
F2	0,6	-	0,1	1,8	-3,0	-	-0,8	-6,3
G	5,4	-	5,1	8,3	-13,0	-	-4,4	-5,9
B1	1,5	-	1,5	3,4	-4,0	-	2,6	-5,6

Observa-se, na Tabela 2, que as medidas de perdas do IPT tendem a ser menores que os demais, enquanto que as medidas de permeabilidade tendem a ser maiores que os demais (para 1T) e menores que os demais (para 1,5T).

## Conclusão

Com a utilização deste material de referência as empresas poderão efetuar a calibração de seu equipamento destinado à caracterização magnética de aço elétrico GNO através do quadro de Epstein de maneira simples. Junto com o material de referência é emitido um relatório técnico onde constarão os valores registrados que deverão ser comparados com os obtidos no equipamento em calibração. Devido à possibilidade de deterioração das propriedades por causa do manuseio do operador, recomenda-se efetuar recalibração magnética após 50 medições.

## **Bibliografia**

- (1) Landgraf, F. J. G. Apostila do XVII CURSO SOBRE AÇOS ELÉTRICOS E AÇOS SILICIOSOS(IPT), 2003
- (2) ABNT, norma NBR 5161



# REFERENCE MATERIAL FOR MAGNETIC PROPERTIES ANALYSIS IN EPSTEIN TEST FRAME

Marcos Fukuhara<sup>1</sup>  
Fernando José Gomes Landgraf<sup>1</sup>  
Taeko Yonamine<sup>1</sup>

## **Abstract:**

The companies' quality systems require that their measurement instruments be periodically calibrated, using either standards or reference materials. The magnetic characterization was carried out by means of an Epstein test frame where the measurement instruments can be calibrated separately. By means of periodical measurements according to NBR 5161, it was possible to verify the stability of the results and to attend the metrological reliability in order to determine the magnetic properties of the reference material (losses and permeability).

**Key-words:** magnetic properties; reference material; Epstein frame

**59° ABM Anual Congress - Internacional - 19 to 22th july 2004, São Paulo**

1. Researcher, IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo