

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DOS EXTENSÔMETROS AW-6 E HTW SUBMETIDOS A TEMPERATURAS ELEVADAS

Ernani Sales Palma
Universidade Federal de Minas Gerais/PUC-MINAS

Nilton da Silva Maia
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais/CEFET-MG

Osmar Ribeiro Lourenço
Paulo de Tarso Vida Gomes
Tanius Rodrigues Mansur
Comissão Nacional de Energia Nuclear/CNEN

RESUMO

O objetivo deste trabalho é estudar o comportamento de dois extensômetros distintos, ligados em $\frac{1}{4}$ de ponte a três fios quando submetidos a temperaturas elevadas. Para tanto, instrumentou-se duas vigas de isoflexão (uma de aço inoxidável AISI 304 e outra de aço carbono A516 grau 65) com os extensômetros AW-6 e HTW.

As duas vigas foram submetidas a temperaturas entre 20°C e 300°C para se determinar as curvas de deformação aparente de ambos os extensômetros. Posteriormente, as vigas foram submetidas a carregamentos distintos e variação de temperatura na faixa entre 20°C e 300°C.

Observou-se que o extensômetro HTW apresentou curvas de deformação aparente com comportamentos similares tanto para o aço inoxidável quanto para o aço carbono, enquanto o extensômetro AW-6 apresentou curvas com comportamentos distintos para ambos os materiais. Observou-se ainda que o extensômetro AW-6, em aço carbono, apresentou menores variações nos valores de deformação aparente, em relação aos outros extensômetros. Os testes com aplicações simultâneas de cargas e temperaturas apresentaram resultados similares.

1. INTRODUÇÃO

A medição de deformações em estruturas e componentes submetidos a temperaturas elevadas utilizando-se extensômetros elétricos resistivos tem se tornado bastante comum. Para se obter êxito na realização destas medições, é necessário o conhecimento do comportamento de cada extensômetro a ser utilizado para uma determinada condição de teste. Idealmente, o extensômetro deveria reagir somente às deformações induzidas pelas tensões. Entretanto, este comportamento ideal não é alcançado já que a resistência elétrica do extensômetro é bastante influenciada, entre outros fatores, pela temperatura do meio ambiente. Assim, deve-se ter determinados cuidados na seleção do extensômetro e na

análise dos resultados para que os valores de deformações obtidos estejam isento de erros.

2. METODOLOGIA

Utilizou-se duas vigas de isoflexão construídas em aço carbono A 516 grau 65 e aço inoxidável AISI 304. A Figura 1 mostra um desenho da viga de isoflexão com as dimensões e localização dos extensômetros.

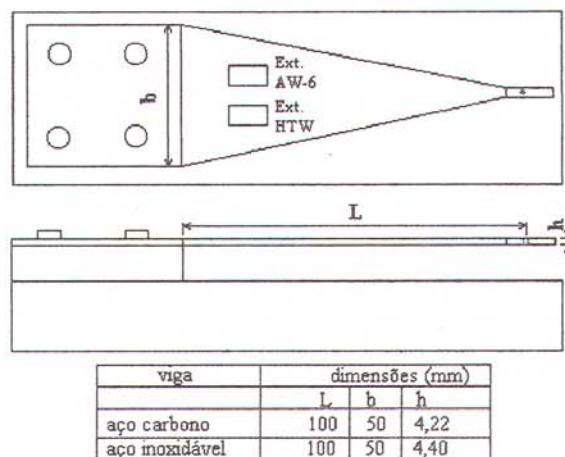


Figura 1. Viga de Isoflexão.

Cada viga foi instrumentada com um extensômetro de fabricação russa do tipo HTW, um extensômetro de fabricação japonesa AW-6 e termopares do tipo K, de modo a se obter leituras simultâneas de temperatura e deformação. Os extensômetros foram soldados nas vigas pelo processo de descarga capacitiva, e ligados em $\frac{1}{4}$ de ponte a 3 fios [Sergeev e outros (1989)] cujo esquema de ligação é mostrado na Figura 2.

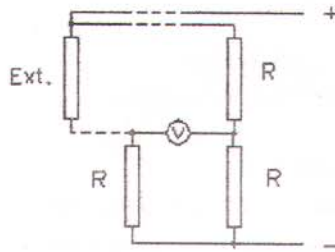


Figura 2. Esquema de ligação dos extensômetros.

Determinação das curvas de deformação aparente. As vigas, depois de instrumentadas foram submetidas a um regime de aquecimento de 20°C a 300°C, temperatura máxima de utilização do extensômetro AW-6. Repetiu-se este procedimento 10 vezes de modo a se tratar estatisticamente os dados obtidos.

Medidas de deformações com carga e variação de temperatura. As vigas foram submetidas a carregamentos de 4 kgf e 11 kgf e aquecidas até a temperatura de 300°C. Durante o aquecimento foram feitas medições simultâneas de temperatura e deformação para cada valor de carga. Os zeros das medições foram tomados com as vigas sob carga, à temperatura ambiente. Assim, a deformação medida será a deformação induzida pela variação da temperatura, e não pela carga.

3. CÁLCULOS EXTENSOMÉTRICOS

Os cálculos extensométricos foram feitos a partir da seguinte fórmula [Hannah e Reed (1992)]:

$$\varepsilon = \frac{4\Delta V}{VK \times 10^3} \quad (1)$$

onde:

ε é a deformação medida;

ΔV é a tensão de saída da ponte de Wheatstone em mV;

V é a tensão de alimentação da ponte de Wheatstone em Volt.

4. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

O forno utilizado para aquecimento das vigas de isoflexão tem as seguintes características:

- temperatura máxima: 1200°C,
- controle de aquecimento: 25°C,
- taxa de aquecimento: 3,8°C/min.

Os extensômetros usados têm as seguintes características:

Extensômetros HTW:

- resistência nominal: $100 \pm 1 \Omega$,
- fator de sensibilidade (K): 2,0,
- temperatura máxima de trabalho: 500°C.

Extensômetros AW-6:

- resistência nominal: $350 \pm 1 \Omega$,
- fator de sensibilidade (K): 2,1,
- temperatura máxima de trabalho: 300°C.

Os instrumentos de medição usados foram:

- fonte de tensão constante: 0 a 5 Volt,
- voltímetro digital de 4 ½ dígitos,
- seletor de canais com capacidade para 10 pontes de Wheatstone.

5. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

As Figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, a deformação aparente média e seus desvios padrão apresentados pelo extensômetro AW-6 fixados em viga de aço carbono e aço inoxidável.

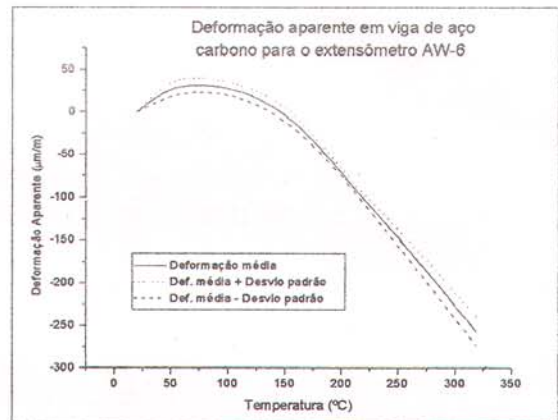


Figura 3. Deformação aparente em viga de aço carbono para o extensômetro AW-6.

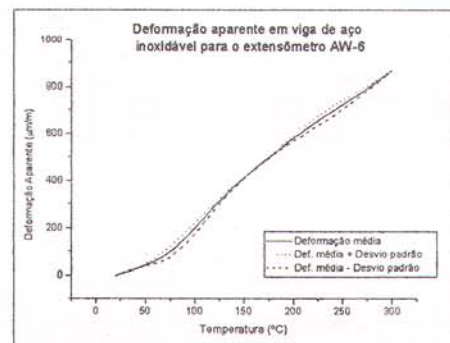


Figura 4. Deformação aparente em viga de aço inoxidável para o extensômetro AW-6.

As Figuras 5 e 6 mostram, respectivamente, a deformação aparente média e seus desvios padrão apresentados pelo extensômetro HTW fixados em viga de aço carbono e aço inoxidável.

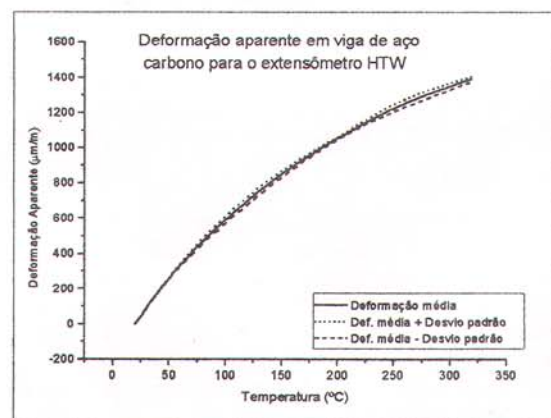


Figura 5. Deformação aparente em viga de aço carbono para o extensômetro HTW.

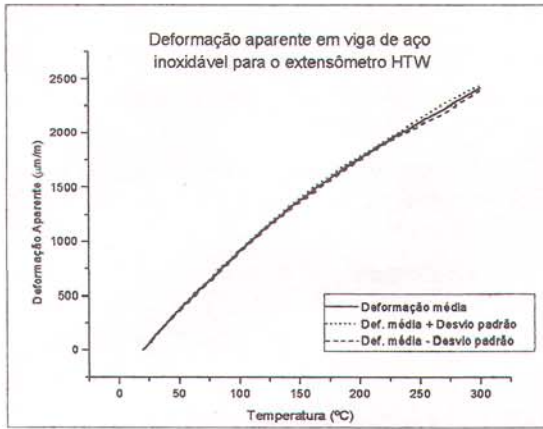


Figura 6. Deformação aparente em viga de aço inoxidável para o extensômetro HTW.

A Figura 7 mostra a deformação aparente média apresentada pelos extensômetros AW-6 e HTW fixados em vigas de aço carbono e de aço inoxidável.

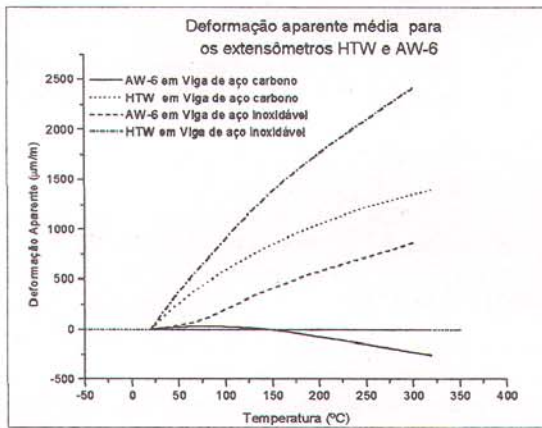


Figura 7. Deformação aparente média para os extensômetros AW-6 e HTW.

A Figura 8 mostra a deformação com carga de 4 kgf apresentada pelos extensômetros AW-6 e HTW fixados em vigas de aço carbono e de aço inoxidável.

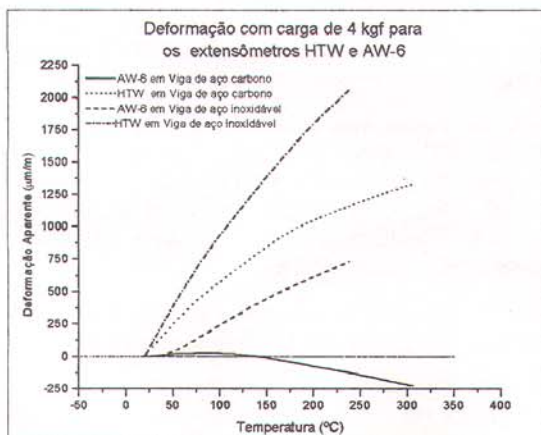


Figura 8. Deformação com carga de 4 kgf para os extensômetros AW-6 e HTW.

A Figura 9 mostra a deformação com carga de 11 kgf apresentada pelos extensômetros AW-6 e HTW fixados em vigas de aço carbono e de aço inoxidável.

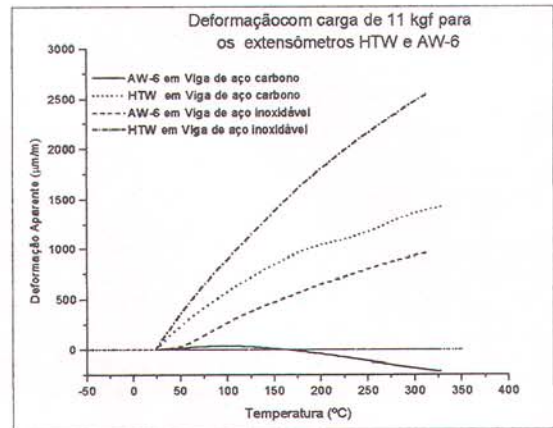


Figura 9. Deformação com carga de 11 kgf para os extensômetros AW-6 e HTW.

As Figuras 10 e 11 mostram, respectivamente, as curvas de deformação aparente e deformação com carga de 4 kgf em viga de aço carbono e aço inoxidável.

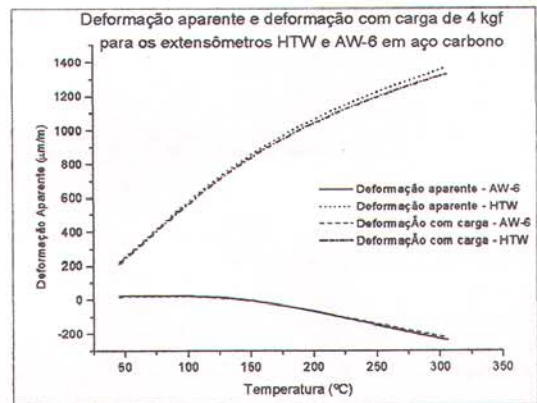


Figura 10. Comparação da deformação aparente com a deformação com carga de 4 kgf em viga de aço carbono.

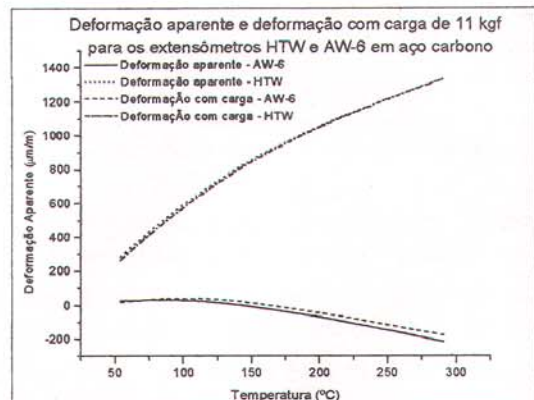


Figura 11. Comparação da deformação aparente com a deformação com carga de 4 kgf em viga de aço inoxidável.

A Figura 13 mostra, respectivamente, as curvas de deformação aparente e deformação com carga de 11 kgf em viga de aço carbono e aço inoxidável.

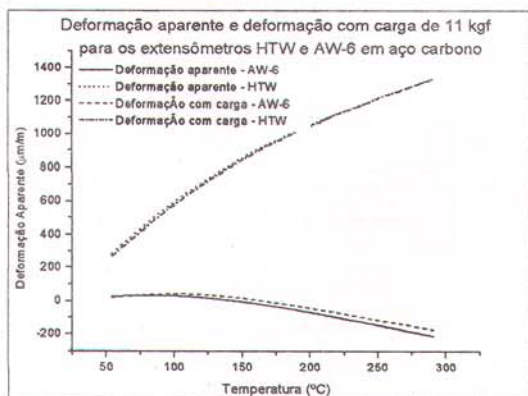


Figura 12. Comparação da deformação aparente com a deformação com carga de 11 kgf em viga de aço inoxidável.

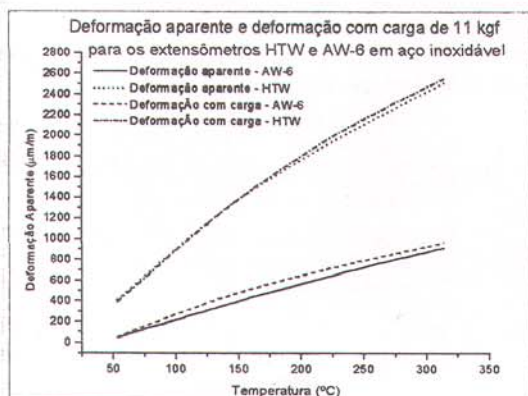


Figura 13. Comparação da deformação aparente com a deformação com carga de 11 kgf em viga de aço carbono.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Observou-se um bom desempenho dos dois tipos de extensômetros AW-6 e HTW, tanto para o aço inoxidável quanto para o aço carbono. Este desempenho pode ser comprovado pelo desvio padrão apresentado nas Figuras 3, 4, 5 e 6.

Comparando o desvio padrão médio com as máximas deformações obtidas em função da temperatura, os melhores desempenhos são para os extensômetros colados em aço inoxidável.

A Figura 7 mostra que os extensômetros apresentam uma deformação aparente menor quando fixados em aço carbono.

O extensômetro AW-6, quando fixado em aço carbono, apresenta, para a faixa de temperatura de 25°C a 150°C, pequena deformação aparente (máxima de 31 µm/m).

Sob carga e variação de temperatura, os extensômetros HTW apresentam melhor desempenho que os AW-6.

As Figuras 10, 11, 12 e 13 mostram que os extensômetros AW-6 apresentam melhor desempenho quando fixados em aço carbono.

Estas Figuras mostram também que, levando-se em consideração a deformação aparente, pode-se medir as deformações sob carga e variação de temperatura, utilizando-se ligação de ¼ de ponte.

7. CONCLUSÕES

Os melhores resultados são para a instalação de aço inoxidável.

Existe grande repetibilidade dos resultados obtidos na determinação da deformação aparente.

Os extensômetros HTW apresentam um desvio padrão na deformação aparente, menor que o AW-6 e portanto suas leituras são mais precisas.

Os resultados mostram que é possível realizar medições de deformações até 300°C utilizando-se ¼ de ponte a 3 fios.

A instalação em aço carbono apresentou menores deformações aparentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hannah, R.L., Reed, S.E. "Strain Gage User's Handbook", Bethel, USA, Elsevier Science Publishers Ltda and Society of Experimental Mechanics, 1992.
- Sergeev, A., Hursudov, G.H., Senin, V.S., Mijlev, J.U.K., Maslov, S.V., Comitê Governamental da Rússia para Normalização. "Cálculos e testes em Resistência Mecânica", Centro de Investigações Científicas da URSS para Normalização e Estruturação de Máquinas, Moscou, 1989.
- Dally, James W. & Riley, William F., "Experimental Stress analysis", 2ed. New York, NY, McGrall-Hill, 1978.
- Beer, F.P., Johnston, E.R., "Resistência dos Materiais", São Paulo, SP, McGrall-Hill, 1982.
- "Une Solution à Léxtensométrie Haute Temperature: Le procédé Rokide", Schenk, France:Mesures, 1972.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos – pelo suporte financeiro dado à esta pesquisa sob contrato número RECOPE 7798031700, referência 1567/96.

SUMMARY

This work presents the behavior of two distinct strain gages using a quarter Wheatstone bridge in a high temperature environment.

Two beams, the first one constructed in A 516 grade 65 carbon steel and the second one constructed in a AISI 304 stainless steel, were instrumented with the HTW russian strain gage and the AW-6 japanese strain gage.

At first, the beams were submitted to temperatures between 20°C and 300°C to determine the apparent strain of both strain gages. Then, the same beams were loaded with different loads and again submitted to temperature variation between 20°C and 300°C. Simultaneous measurements of strain and temperature were made.

The HTW strain gage presented similar apparent strain curves for both materials while the AW-6 strain gage did not.

The smaller variation on apparent strain was observed in the AW-6 strain gage in the carbon steel beam. The same results were observed in tests with loading and temperature variation.