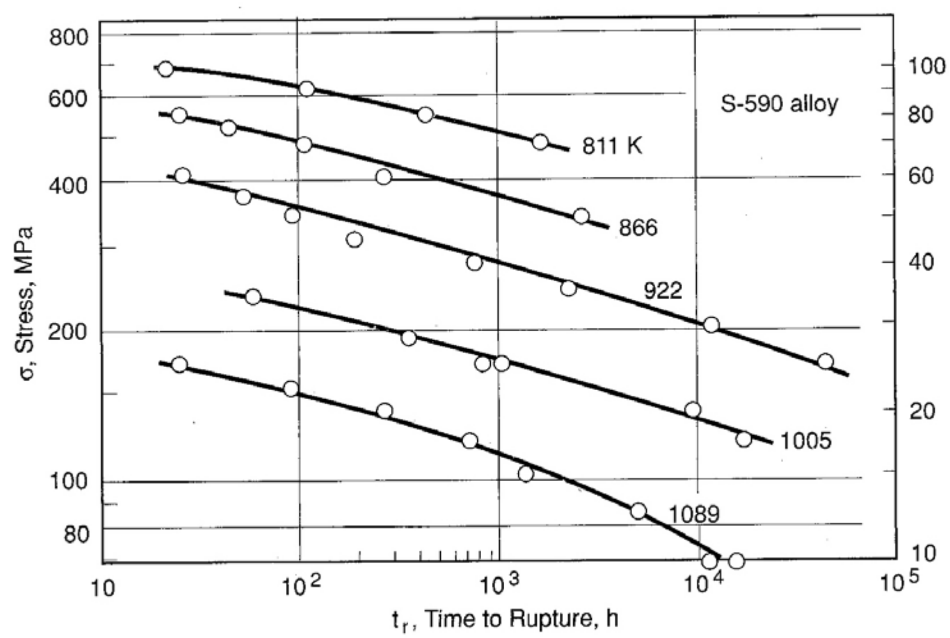
ENSAIOS MECÂNICOS – Prof. Carlos Baptista

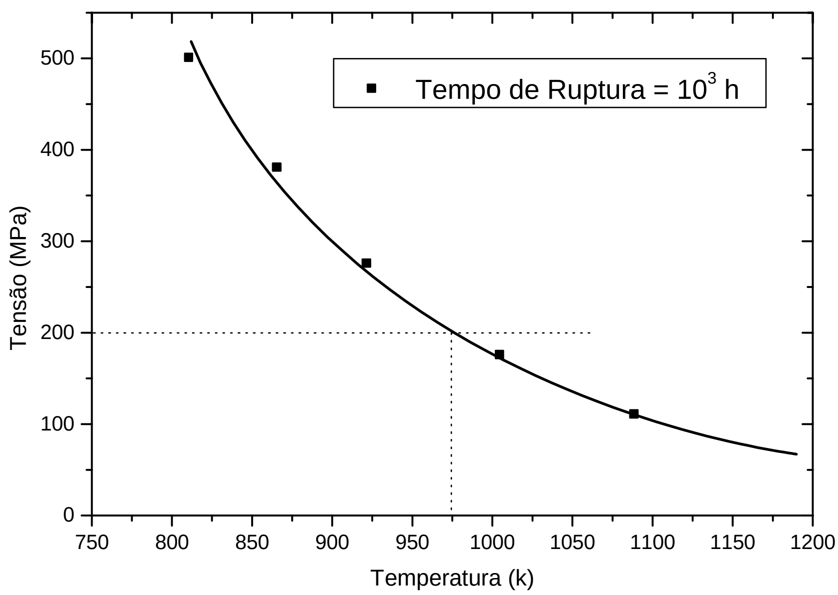
Exemplos – Ensaio de Fluência

1. Ensaios de ruptura por fluência com uma liga ferrosa foram realizados em diferentes temperaturas. Os resultados são apresentados num gráfico "tensão *versus* tempo de ruptura". A partir desses dados, obtenha uma curva aproximada "tensão *versus* temperatura" para um tempo de ruptura igual a 1.000 h. Por meio desta curva, obtenha a temperatura de operação permitida para um componente que opera à tensão de 200 MPa com duração de 1.000 h.



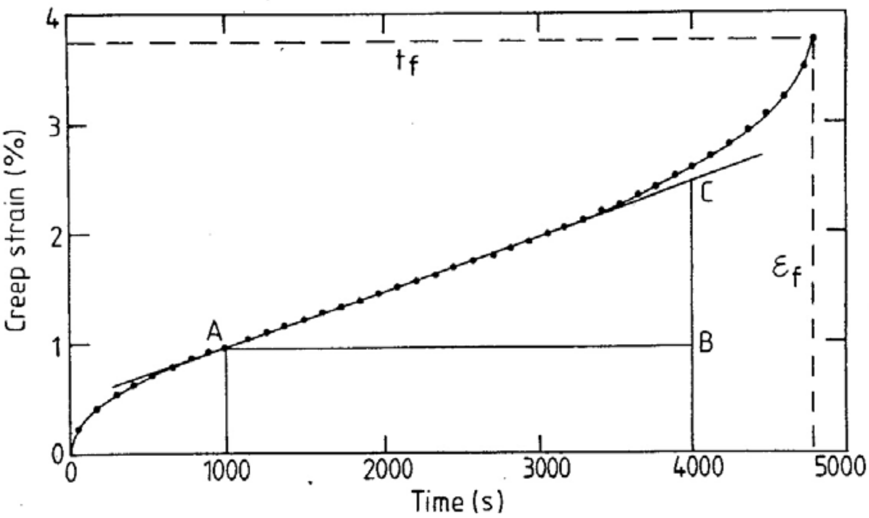
Solução: A partir das curvas, obtemos para o tempo de 10^3 horas os valores de tensão correspondentes a cada temperatura de ensaio e inserimos em uma tabela. Com os dados dessa tabela, produzimos em um gráfico a curva solicitada, a partir da qual obtemos, para a tensão de 200 MPa, a temperatura permitida de 974 K.

T (K)	σ (MPa)
811	500
866	380
922	275
1005	175
1089	110



2. Um corpo-de-prova de cobre é ensaiado em fluência à tensão nominal de 76 MPa e temperatura de 608 K. Os dados são apresentados num gráfico em termos da deformação de fluência (descontada a deformação inicial) contra o tempo. Determine a taxa de fluência estacionária.

<u>Solução</u>: A partir do gráfico fornecido, a taxa mínima de fluência pode ser estimada desenhando-se uma tangente AC ao ponto de inflexão da curva. O valor de $\dot{\varepsilon}_S$ é obtido dividindo-se o segmento BC pelo segmento AB. Assim, $\dot{\varepsilon}_S = \dfrac{1{,}49}{3000} = 4{,}97 \times 10^{-4} \% s^{-1}$.



3. Ensaios de fluência em cobre policristalino foram realizados em 3 temperaturas e diferentes valores de tensão inicial. Para cada ensaio, foi obtida a taxa de fluência estacionária. Os resultados foram organizados nas tabelas fornecidas abaixo. Pede-se: i) Para cada temperatura de ensaio, obtenha os parâmetros da Lei de Norton; ii) Com os resultados do item anterior, estime a energia de ativação para fluência do material.

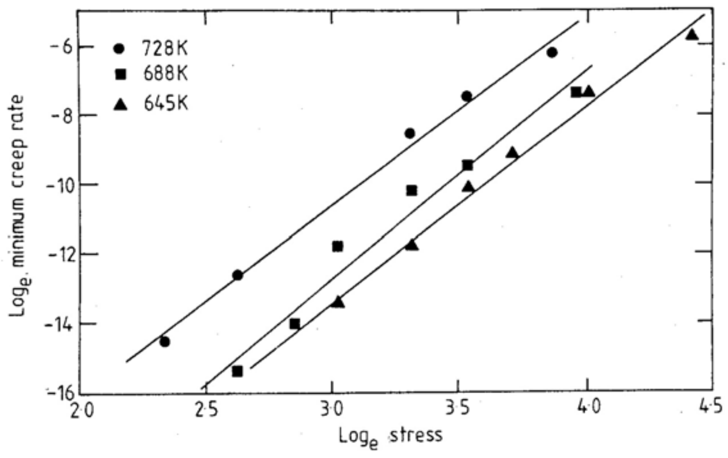
645K	
Stress MNm^{-2}	$\dot{\varepsilon}_s$ % s^{-1}
82.7	3.08×10^{-3}
55.2	5.98×10^{-4}
41.2	1.06×10^{-4}
34.7	4.02×10^{-5}
27.6	7.40×10^{-6}
20.7	1.45×10^{-6}

688K	
Stress MNm^{-2}	$\dot{\varepsilon}_s$ % s^{-1}
52.8	5.95×10^{-4}
34.5	7.51×10^{-5}
27.6	3.67×10^{-5}
20.7	7.16×10^{-6}
17.3	7.83×10^{-7}
13.8	2.05×10^{-7}

728K	
Stress MNm^{-2}	$\dot{\varepsilon}_s$ % s^{-1}
48.2	1.89×10^{-3}
34.4	5.45×10^{-4}
27.6	1.96×10^{-4}
13.8	3.20×10^{-6}
10.3	4.90×10^{-7}

<u>Solução</u>: *i)* A Lei de Norton pode ser escrita como: $\dot{\varepsilon}_S = A\sigma^n$, de modo que os parâmetros desejados podem ser obtidos por linearização na forma $\log \dot{\varepsilon}_S = \log A + n \log \sigma$. Os valores de A e n são obtidos por ajuste linear e mostrados na tabela a seguir. Os resultados são apresentados também em um gráfico.

T (K)	*A*	*n*
645	$6{,}314 \times 10^{-14}$	5,65
688	$4{,}960 \times 10^{-14}$	5,96
728	$1{,}820 \times 10^{-12}$	5,46



ii) A dependência da taxa de fluência com a temperatura, para uma tensão constante, pode ser escrita na forma: $\dot{\varepsilon}_S = B \exp\left(\frac{-Q_C}{RT}\right)$, onde R = 8,314 J mol^{-1} K^{-1}. Um gráfico de $\ln \dot{\varepsilon}_S$ contra *1/T* à tensão constante resultaria numa linha reta com inclinação igual a $-Q_c/R$. Porém, para as 3 diferentes temperaturas, não foram feitos ensaios nos mesmos valores de tensão. Neste caso, pode-se usar a Lei de Norton para estimar as taxas de fluência estacionária nos níveis de tensão desejados. Tomando por exemplo σ = 50 MPa, obtemos os valores de $\dot{\varepsilon}_S$ indicados na tabela abaixo. O ajuste dos pontos fornece o valor Q_c = 121.532 J mol^{-1} K^{-1}. O mesmo procedimento pode ser feito para outras tensões.

T (K)	$\dot{\varepsilon}_S$ (% s^{-1})
645	2,509 × 10^{-4}
688	6,628 × 10^{-4}
728	3,439 × 10^{-3}

4. Uma liga ferrosa será aplicada em um componente que deve operar por 20 anos a 500°C. Sabendo-se que para esta liga a constante C = 17 log(h) e considerando a correlação do tempo de ruptura pelo parâmetro de Larson-Miller representada no gráfico fornecido, estime a máxima tensão que pode ser aplicada no componente.

<u>Solução</u>: O parâmetro de Larson-Miller é dado por: P_{LM} = 773 [17 + log (20x365x24)] = 17.194. Do gráfico, obtemos σ ≈ 400 MPa.