



Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia de Materiais, Aeronáutica e Automobilística

Ensaio de Impacto

Engenharia e Ciência dos Materiais I
Profª. Dra. Lauralice Canale
Prof. Dr. Cassius O.F.T. Ruckert



Aula prática pode ser vista em

<https://www.youtube.com/watch?v=tpGhqQvftAo>

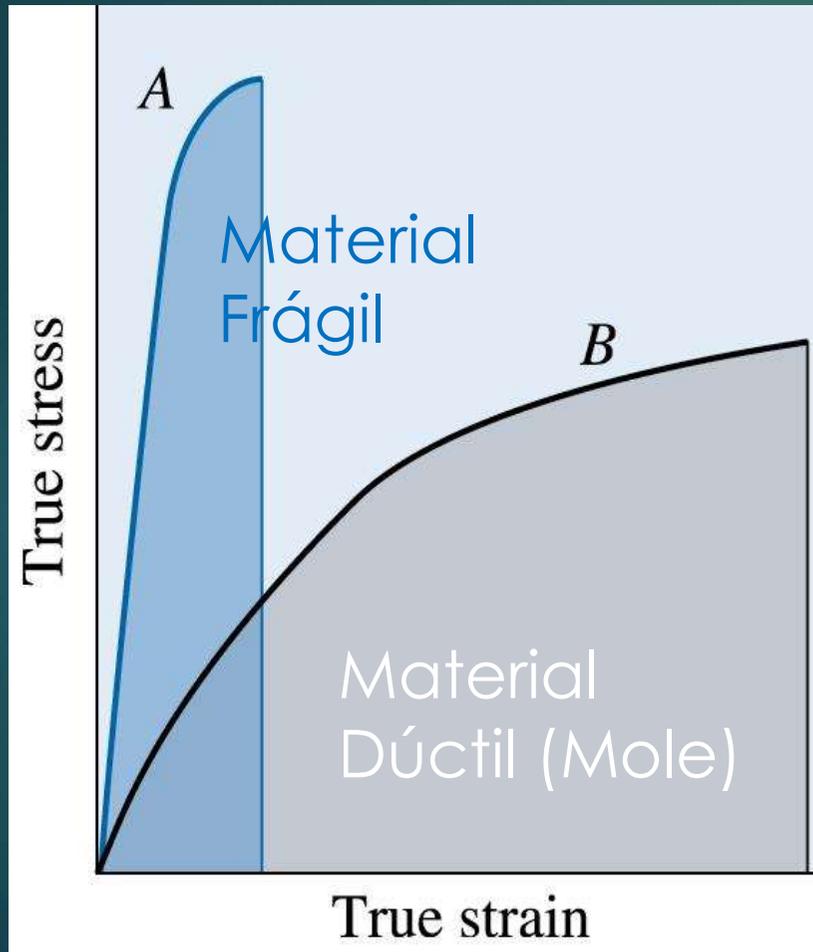


**Navio petroleiro rompido catastróficamente
no porto de Nova York em 1975.**

Fratura

- Fratura consiste na separação de um corpo em dois em resposta a uma tensão imposta.
- São possíveis dois modos de fratura: dúctil e frágil baseado na habilidade de um material em experimentar uma deformação plástica

Ductilidade



- o Indicação de quanto uma estrutura irá se deformar antes da fratura
- o Especifica o grau de deformação permissível durante operações de fabricação (Extrus, Lam. etc..)
- o Materiais que apresentam deformação inferior a 5% antes da fratura são chamados *frágeis*.

Fratura dúctil e frágil

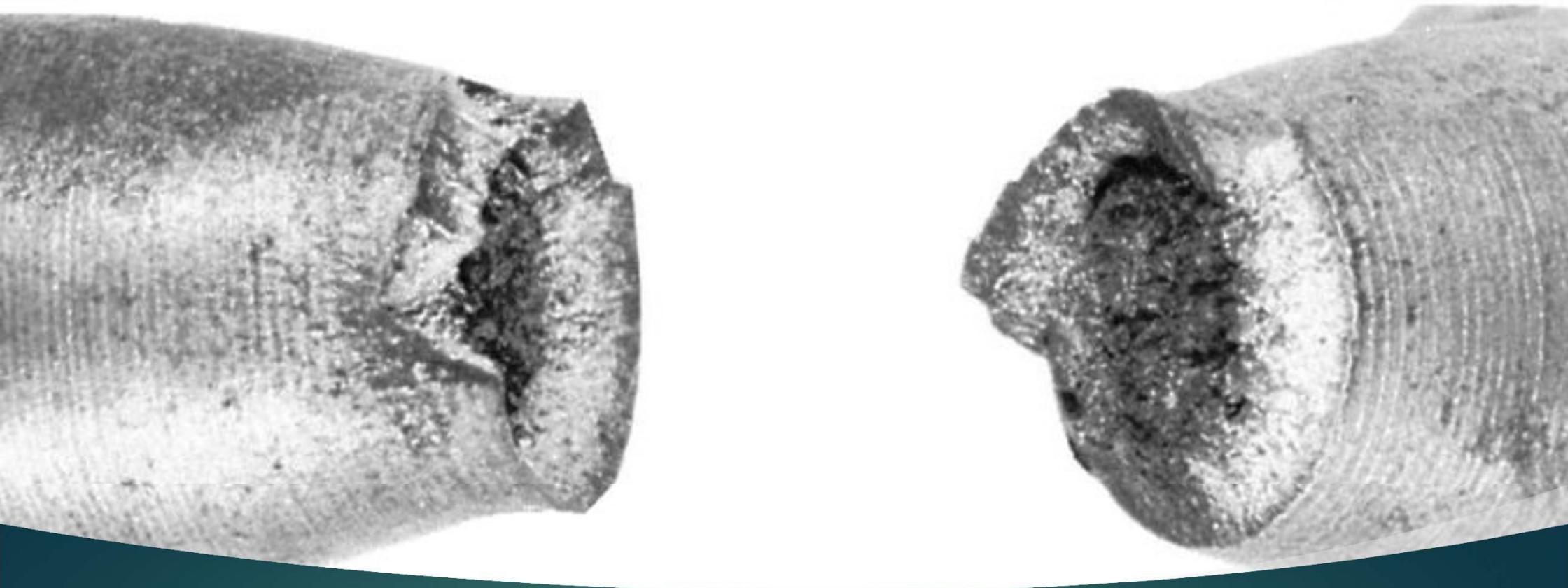
O processo de fratura envolve duas etapas: formação e propagação das trincas. A modalidade da fratura é dependente do mecanismo de propagação das trincas

▶ Fratura dúctil

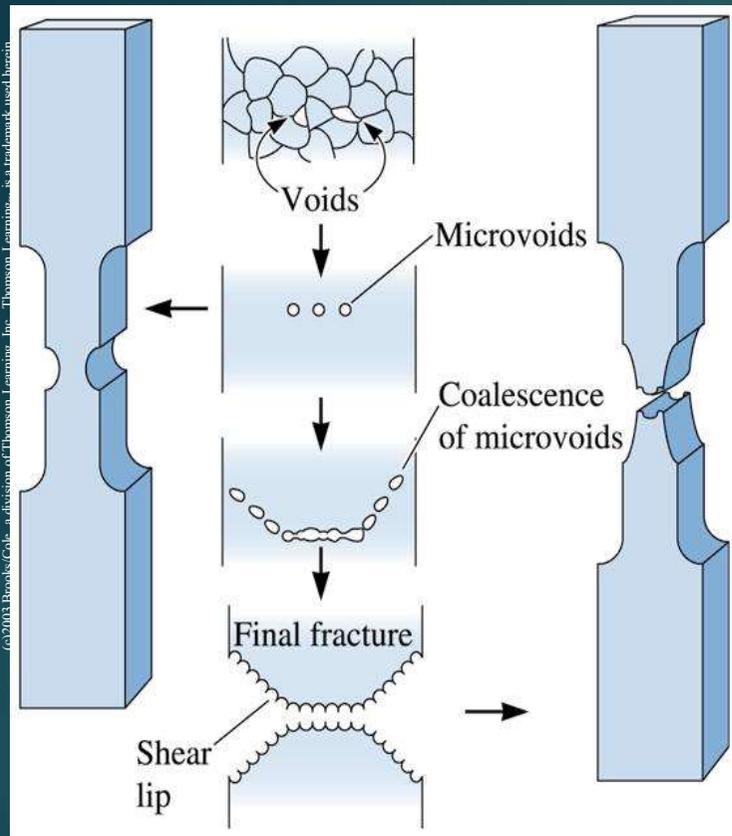
- Extensa deformação plástica na vizinhança da trinca. Processo prossegue de maneira lenta (trinca estável)
- Presença de deformação plástica dá um alerta de que uma fratura é iminente
- Mais energia de deformação é necessária pois geralmente são mais tenazes

▶ Fratura frágil

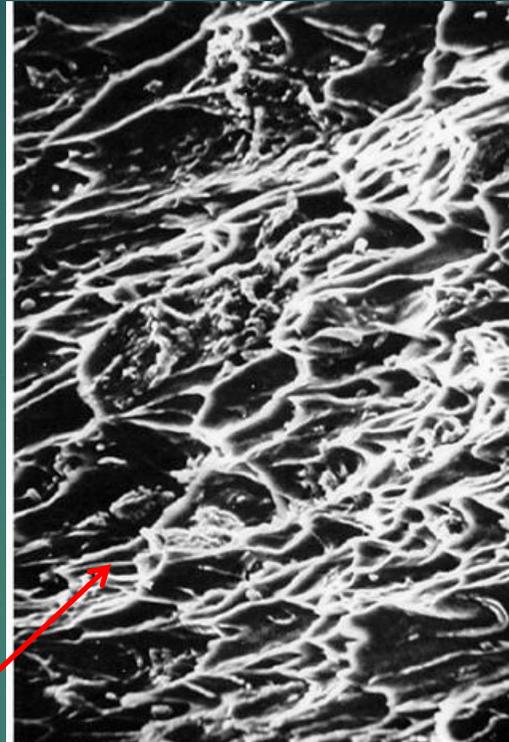
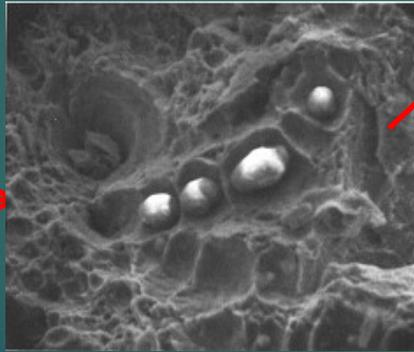
- Trincas se espalham de maneira extremamente rápida com muito pouca deformação plástica (trinca instável)
- Ocorre repentinamente e catastróficamente, consequência da espontânea e rápida propagação de trincas



Fratuira dúctil



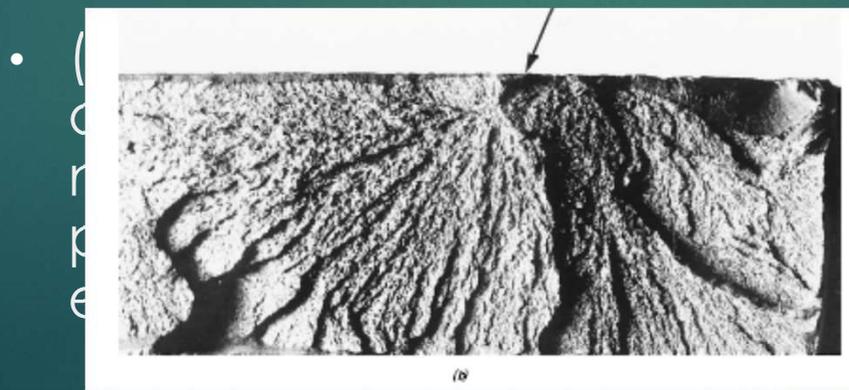
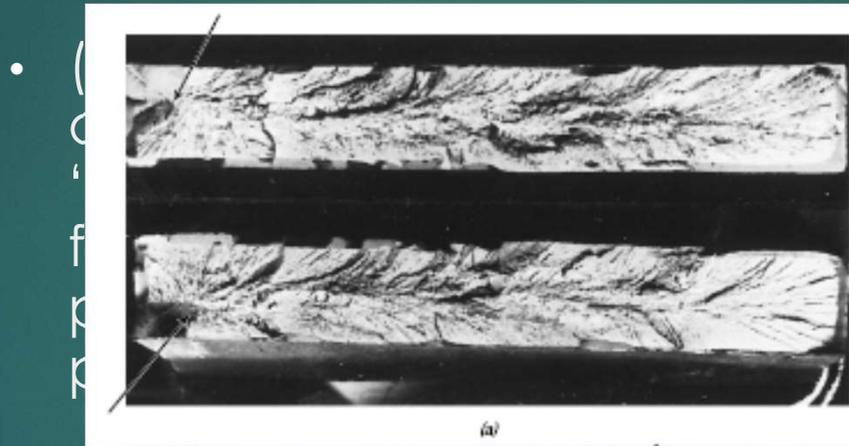
- (a) Empescoçamento inicial
- (b) Pequenas cavidades ou microvazios se formam
- (c) Microvazios aumentam, se unem e coalescem para formar uma trinca elíptica
- (d) Rápida propagação da trinca
- (e) Fratura final por cisalhamento em um ângulo de 45° em relação à direção de tração

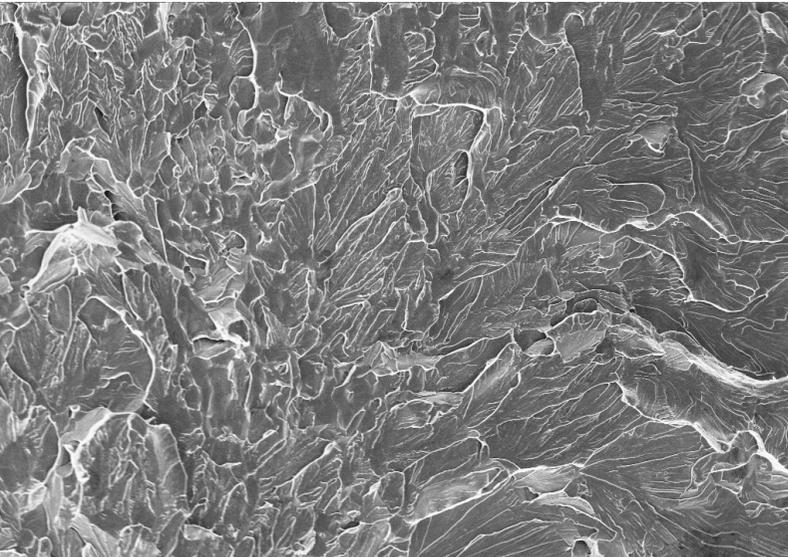


Fratura frágil



Fratura frágil ocorre sem qualquer deformação apreciável e através de uma rápida propagação de trincas





**Fratura frágil transgranular
(clivagem)**

IQSC EHT=20.00 kV WD= 22 mm Mag= 500 X Detector= SE1
10µm H Photo No.=7 25-Apr-2006



Fratura frágil intergranular

Ensaio de Impacto

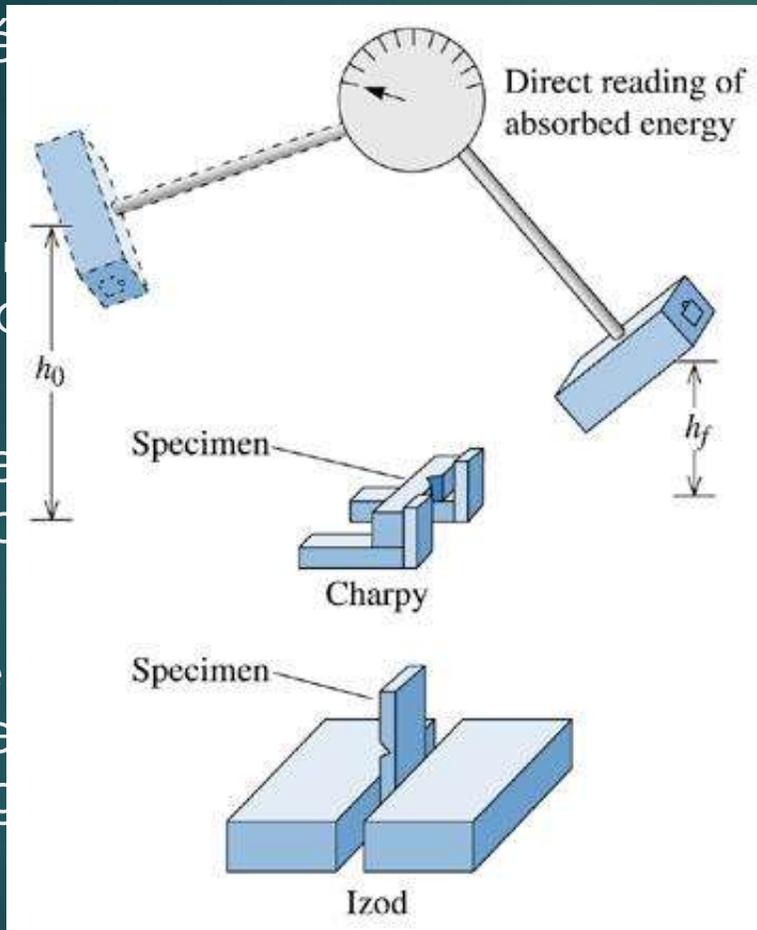
O ensaio de impacto, pela sua facilidade de ensaio e baixo custo de confecção dos CPs fez dele um dos primeiros e mais empregados para o estudo de fratura frágil nos metais. Pode-se determinar a tendência de um material a se comportar de maneira frágil.

As condições escolhidas para o ensaio são as mais severas em relação ao potencial de ocorrência de uma fratura (agravam tenacidade)

- Deformação a uma temperatura relativamente baixa
- Elevada taxa de deformação
- Estado de tensão triaxial (introduzido pela presença de um entalhe - tendência a fratura frágil)

Técnicas de Ensaio de Impacto: Charpy e Izod

- As técnicas são utilizadas para determinar a energia absorvida durante o impacto de uma amostra em "V".
- O comprimento da seção transversal da amostra é diferente, com o Charpy sendo maior.
- A energia absorvida é medida pela diferença de altura da amostra antes e depois do impacto.

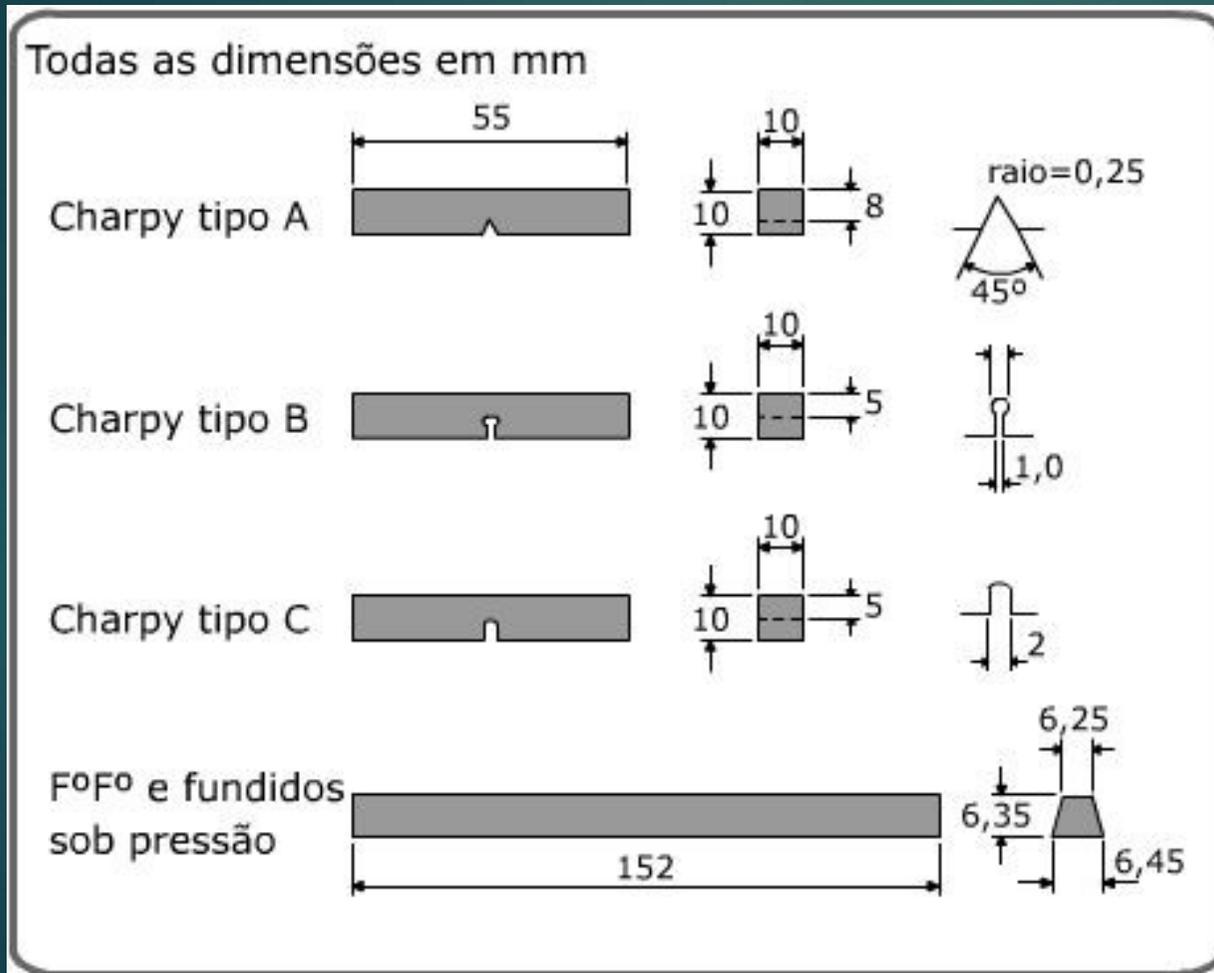


As técnicas são utilizadas para determinar a energia absorvida durante o impacto de uma amostra em "V".

O comprimento da seção transversal da amostra é diferente, com o Charpy sendo maior.

A energia absorvida é medida pela diferença de altura da amostra antes e depois do impacto.

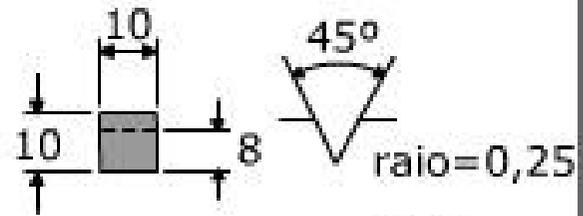
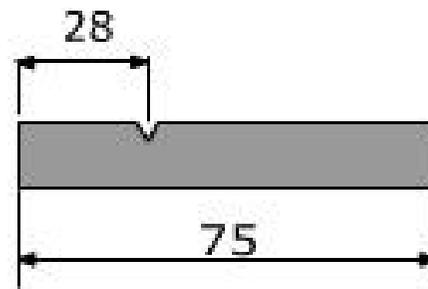
Principais Configuração CPs Charpy



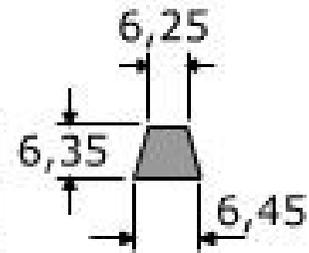
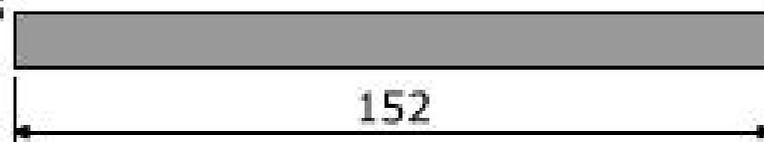
Principais Configuração CPs IZOD

Todas as dimensões em mm

Izod (tipo D)

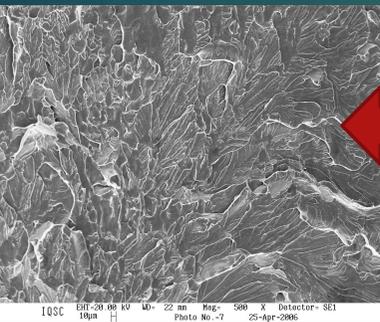
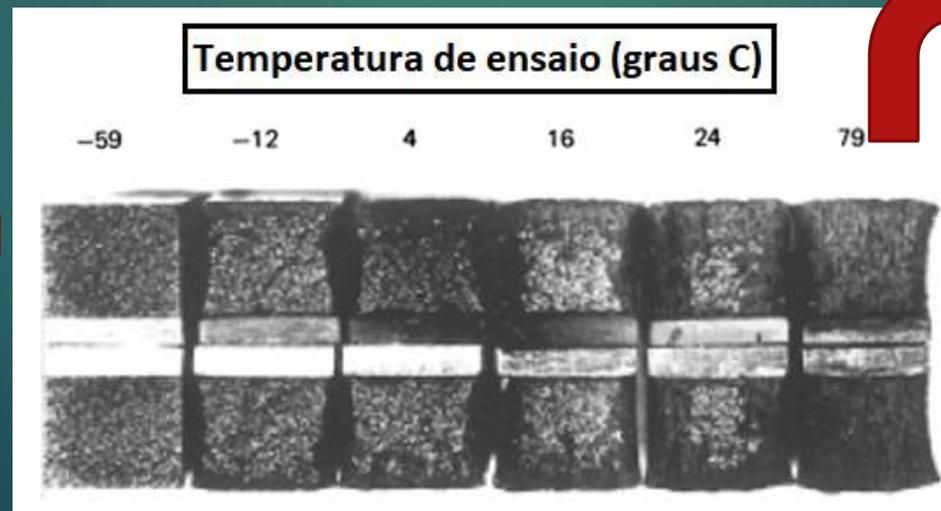


F^oF^o e fundidos sob pressão



Transição Dúctil - Frágil

- ✓ Uma das principais funções dos ensaios de impacto é determinar se um material apresenta transição dúctil – frágil com a diminuição da temperatura.
- ✓ Uma análise da superfície de fratura de CPs testados em diferentes temperaturas indicam a transição dúctil-frágil pelo % de fratura dúctil e frágil em cada temperatura.

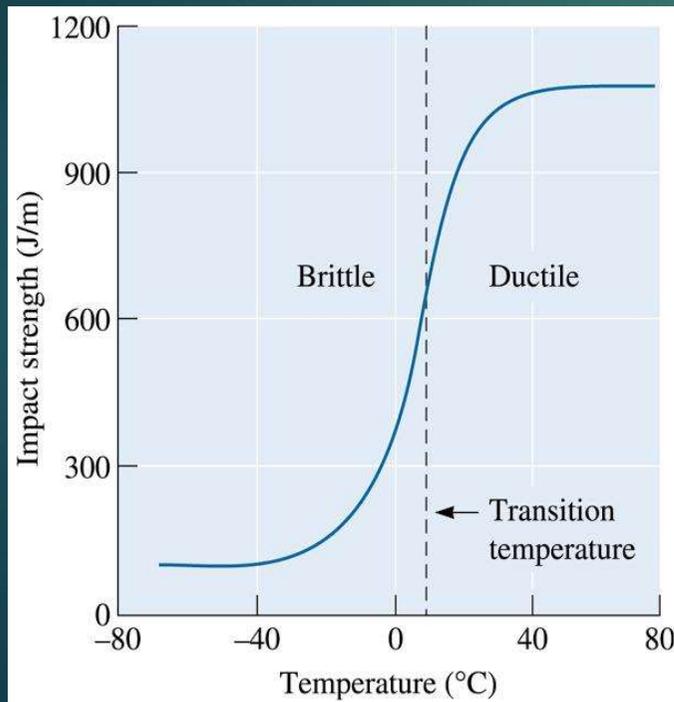


1000 EHT-20.00 kV X20.00k 22mm Mag: 500 X Detector: SE1
Photo No.: 7 25-Apr-2006

Transição Dúctil - Frágil



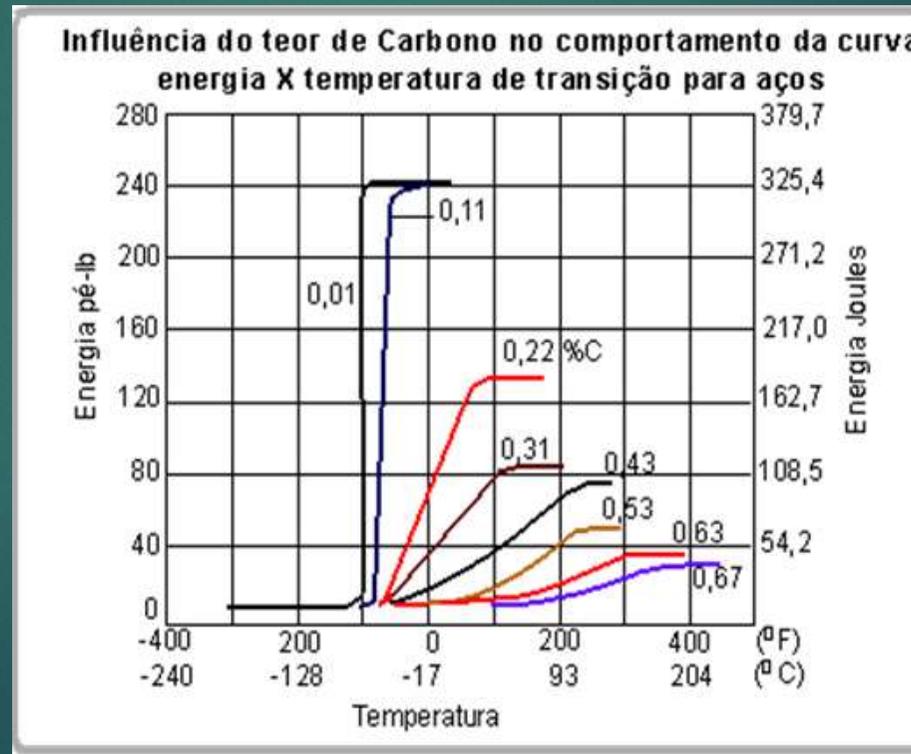
Em um aço em temperaturas elevadas a energia é relativamente grande e a medida que a temperatura é reduzida, a energia de impacto cai para um valor constante, porém pequeno, i.é, o modo de fratura é frágil.



Transição Dúctil - Frágil

- **Materiais que apresentam esse comportamento devem ser usados somente em temperaturas acima da temperatura de transição para evitar fraturas frágeis catastróficas**

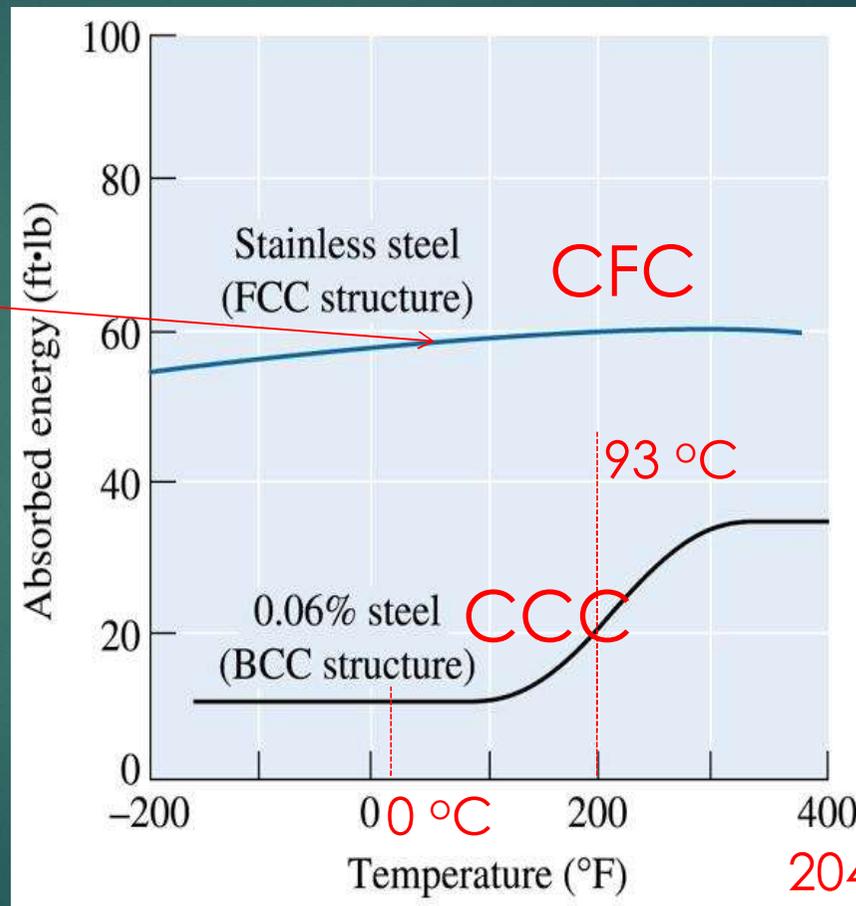
- A temperatura de transição é sensível à composição e à microestrutura da liga
- ↓ Tamanho de grão
- ↓ Temperatura de transição
- ↓ Teor de carbono
↓ Temperatura de transição



Transição Dúctil - Frágil

Não apresenta
transição
dúctil/frágil

Recipiente inox
nitrogênio líquido
(-197 °C) possui
uma Estrutura
CFC



204
°C



Estudo de caso: TITANIC

13/04/1912



Obtenção das amostras



- Em 1996, pesquisadores utilizando submarinos robôs trouxeram pedaços de aço do casco do TITANIC para análise metalúrgica.



Composição Química

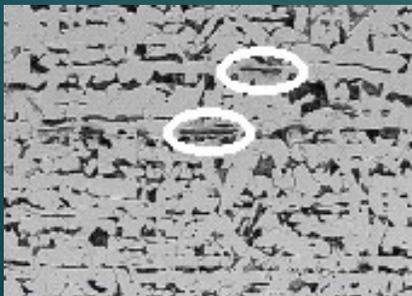
- No aço do casco do TITANIC constata-se teores elevados de P, S que associados ao baixo teor de Mn (baixa relação Mn/S) são responsáveis pela maior tendência ao comportamento frágil em baixas temperaturas .

Composição do aço do Titanic e de aço ASTM A36									
	C	Mn	P	S	Si	Cu	O	N	MnS:Ratio
<u>Titanic</u> (*)	0,21	0,47	0,045	0,069	0,017	0,024	0,013	0,0035	6,8:1
ASTM A36	0,20	0,55	0,012	0,037	0,007	0,01	0,079	0,0032	14,9:1

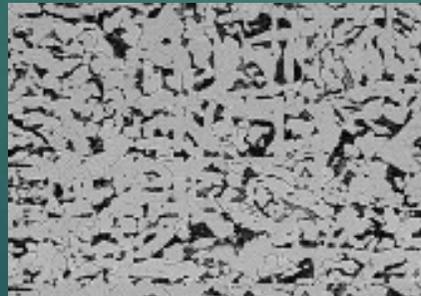
(*) amostra extraída da placa do casco

Microestrutura

- Por meio da análise metalográfica convencional pode-se notar severo bandeamento, principalmente na seção longitudinal.
- Na seção longitudinal constata-se também grandes quantidades de partículas de sulfeto de manganês (dentro das elipses).

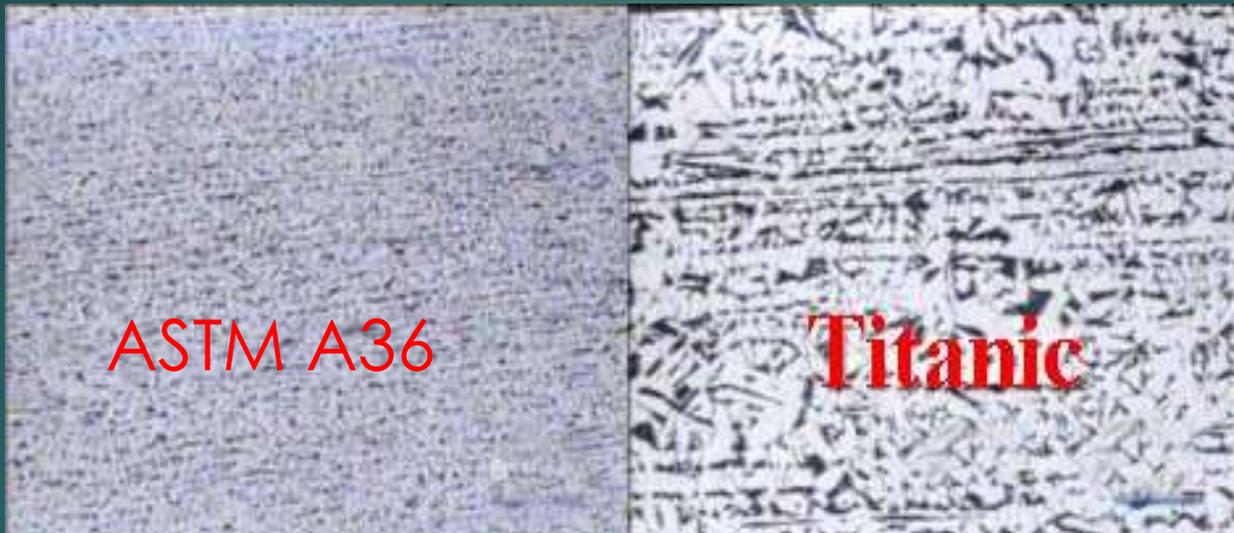


Seção longitudinal



Seção transversal

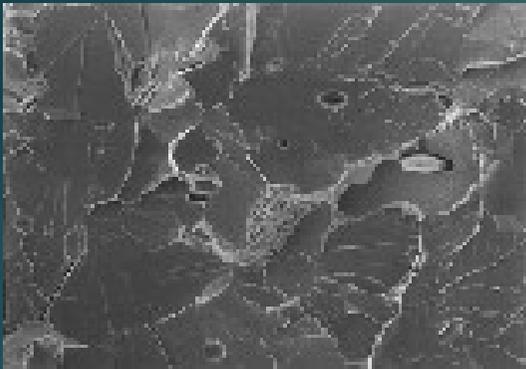
Microestrutura (A36 x Titanic)



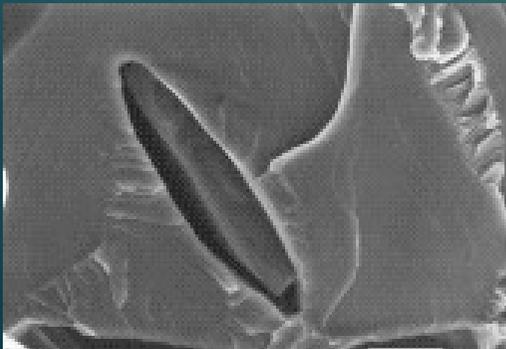
Na micrografia pode-se notar o tamanho de grão bem maior no aço do TITANIC em comparação ao aço A36.

Ensaio de impacto: Charpy

- Realizou-se ensaios Charpy em uma faixa de temperaturas entre -55°C e 179°C em três séries de corpos de prova de dimensões padrão.



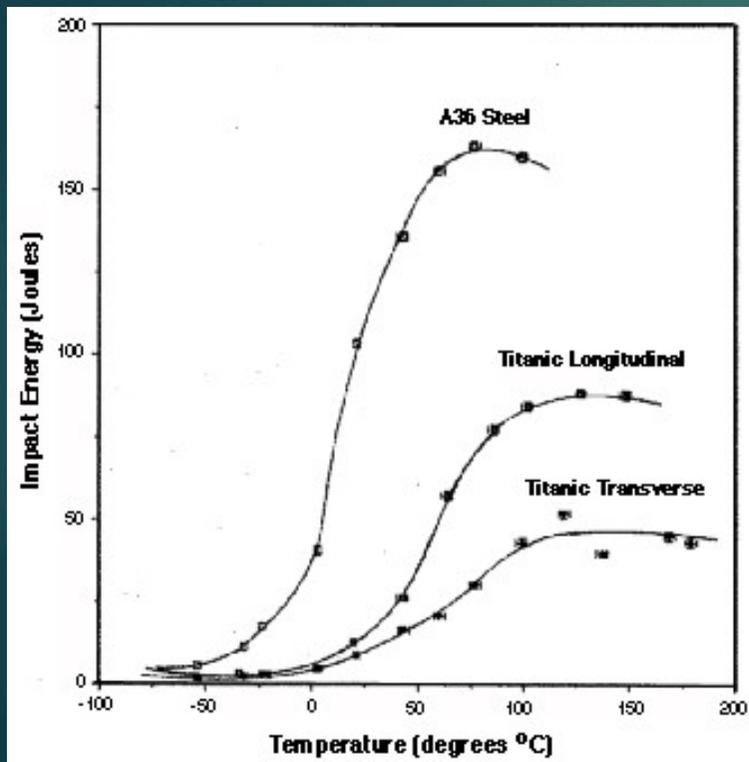
➤ A figura ilustra uma superfície Charpy recém fraturada a 0°C . Planos de clivagem na ferrita são bastante evidentes



➤ A figura ilustra uma região da superfície contendo MnS

Ensaio de impacto: Charpy

Os resultados de impacto das três séries de CPs :



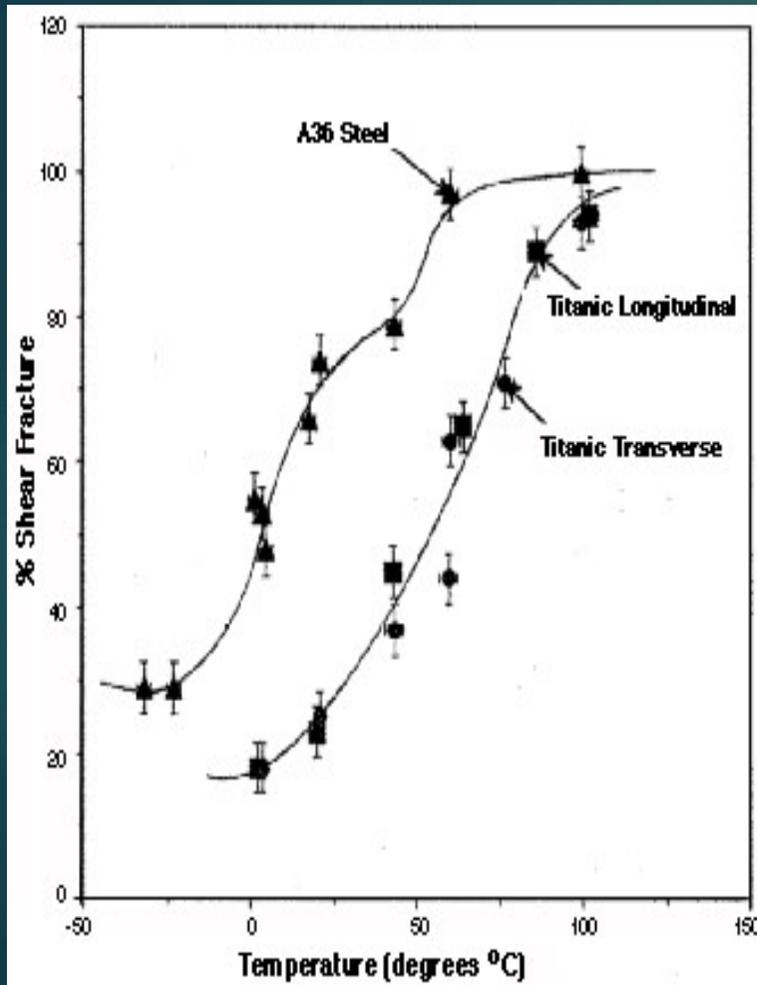
➤ Em altas temperaturas, as amostras longitudinais do casco tem melhor propriedade que as transversais.

➤ Em baixa temperatura, as amostras longitudinais e transversais tem a mesma energia de impacto.

➤ A temperatura de transição dúctil frágil para energia de impacto de 20J é de -27°C (ASTM A 36), 32°C (casco longitudinal) e 56°C (casco transversal).

➤ Durante a colisão, a temperatura da água do mar era de -2°C

Ensaio de impacto: Charpy



Utilizando-se como referência o valor de 50 % de fratura fibrosa, as temperaturas de transição para cada amostra testada seriam de: -3 °C (para ASTM A36), 49 °C (casco longitudinal) e 59 °C (casco transversal).

Conclusão

Fatores que contribuíram para o naufrágio do TITANIC:

- ▶ Detecção tardia da presença de iceberg (sem tempo para manobras evasivas) `;
- ▶ Velocidade de navegação elevada;
- ▶ Ângulo de impacto que propiciou aberturas em vários compartimentos;
- ▶ Aço com grande tendência ao comportamento frágil (porém o melhor da época).



Terminando a aula entrem no seguinte site

<https://www.youtube.com/watch?v=P8Bw91YQiHk>

