

# Impacto a baixas temperaturas

## Introdução

Conta-se que os primeiros exploradores do Ártico enfrentaram dificuldades fenomenais para levar a cabo sua missão, porque os equipamentos de que dispunham naquela época não suportavam as baixas temperaturas típicas das regiões polares.

Diz-se também que um dos fatores que ajudou a derrotar os alemães na Rússia, na Segunda Guerra Mundial, foi o rigoroso inverno russo. Um fator que possivelmente contribuiu para isso foi a inadequação dos materiais usados na construção das máquinas de guerra.

Imagine esta situação: um soldado alemão, enfrentando um frio muito intenso, vendo a esteira do seu blindado romper-se, sem motivo aparente. Ou vendo a boca do canhão partir-se ao dar o primeiro tiro. Isso não é necessariamente ficção. Pode muito bem ter acontecido.

A temperatura influencia muito a resistência de alguns materiais ao choque, ao contrário do que ocorre na resistência à tração, que não é afetada por essa característica.

Pesquisadores ingleses, franceses e alemães foram os primeiros a observar esse fato e a desenvolver ensaios que permitissem avaliar o comportamento dos materiais a baixas temperaturas.

Nesta aula você vai conhecer o ensaio de impacto a baixa temperatura. Ficaré sabendo o que é temperatura de transição, como ela pode ser representada graficamente e quais são os fatores que a afetam.

## Nossa aula

### Temperatura de transição

Ao ensaiar os metais ao impacto, verificou-se que há uma faixa de temperatura relativamente pequena na qual a energia absorvida pelo corpo de prova cai apreciavelmente. Esta faixa é denominada **temperatura de transição**.

A temperatura de transição é aquela em que ocorre uma mudança no caráter da ruptura do material, passando de dúctil a frágil ou vice-versa.

Por exemplo, um dado aço absorve 17 joules de energia de impacto à temperatura ambiente ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ). Quando a temperatura desce a  $-23^{\circ}\text{C}$ , o valor de energia absorvida é pouco alterado, atingindo 16 joules. Este valor cai para 3 joules à temperatura de  $-26^{\circ}\text{C}$ .

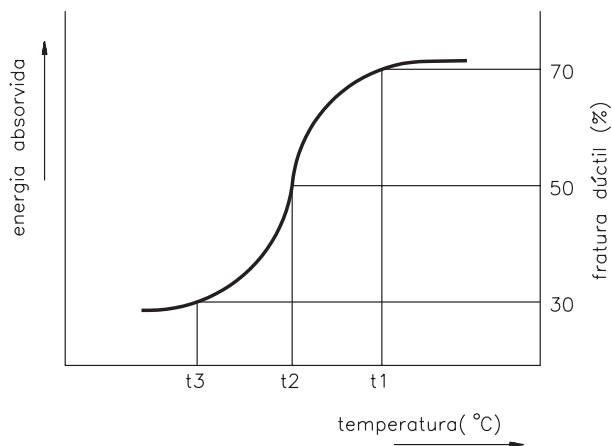
Como esta passagem, na maioria dos casos, não é repentina é usual definir-se uma **faixa de temperatura de transição**.

A faixa de temperatura de transição compreende o intervalo de temperatura em que a fratura se apresenta com 70% de aspecto frágil (cristalina) e 30% de aspecto dúctil (fibrosa) e 70% de aspecto dúctil e 30% de aspecto frágil. O tamanho dessa faixa varia conforme o metal. Às vezes, a queda é muito repentina, como no exemplo anterior.

A definição dessa faixa é importante porque só podemos utilizar um material numa faixa de temperatura em que não se manifeste a mudança brusca do caráter da ruptura.

### Gráfico da temperatura de transição

Pode-se representar a temperatura de transição graficamente. Indicando-se os valores de temperatura no eixo das abscissas e os valores de energia absorvida no eixo das ordenadas, é possível traçar a curva que mostra o comportamento do material quanto ao tipo de fratura (frágil ou dúctil).



A temperatura T1 corresponde à fratura 70% dúctil e 30% frágil. A temperatura T3 corresponde à fratura 30% dúctil e 70% frágil. E a temperatura T2 é o ponto no qual a fratura se apresenta 50% dúctil e 50% frágil. O intervalo de temperatura de transição corresponde ao intervalo entre T1 e T3.

Os metais que têm estrutura cristalina **CFC**, como o cobre, alumínio, níquel, aço inoxidável austenítico etc., **não** apresentam temperatura de transição, ou seja, os valores de impacto não são influenciados pela temperatura. Por isso esses materiais são indicados para trabalhos em baixíssimas temperaturas, como tanques criogênicos, por exemplo.

**Dica**

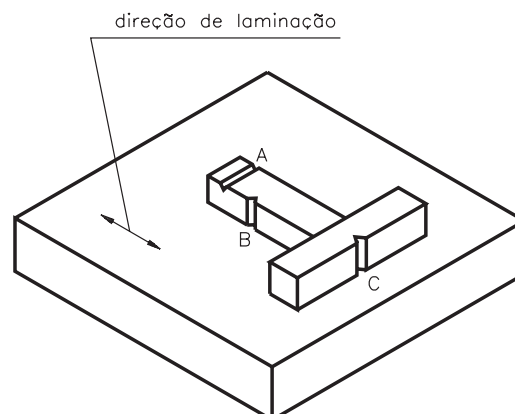
Para obter maiores informações sobre a estrutura cristalina dos metais (CFC, CCC, hexagonal etc.) consulte o módulo **Materiais**.

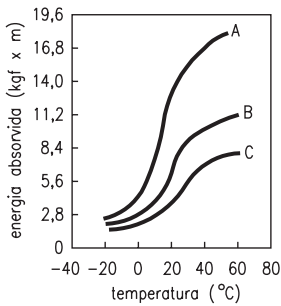
**Fatores que influenciam a temperatura de transição**

O intervalo de transição é influenciado por certas características como:

- **Tratamento térmico** – Aços-carbono e de baixa liga são menos sujeitos à influência da temperatura quando submetidos a tratamento térmico que aumenta sua resistência;
- **Tamanho de grãos** – Tamanhos de grãos grosseiros tendem a elevar a temperatura de transição, de modo a produzir fratura frágil em temperaturas mais próximas à temperatura ambiente. Tamanhos de grãos finos abaixam a temperatura de transição;
- **Encruamento** – Materiais encruados, que sofreram quebra dos grãos que compõem sua estrutura, tendem a apresentar maior temperatura de transição;
- **Impurezas** – A presença de impurezas, que fragilizam a estrutura do material, tende a elevar a temperatura de transição;
- **Elementos de liga** – A adição de certos elementos de liga, como o níquel, por exemplo, tende a melhorar a resistência ao impacto, mesmo a temperaturas mais baixas;
- **Processos de fabricação** – Um mesmo aço, produzido por processos diferentes, possuirá temperaturas de transição diferentes;
- **Retirada do corpo de prova** – A forma de retirada dos corpos de prova interfere na posição das fibras do material. As normas internacionais geralmente especificam a posição da retirada dos corpos de prova, nos produtos siderúrgicos, pois a região de onde eles são retirados, bem como a posição do entalhe, têm fundamental importância sobre os valores obtidos no ensaio.

Veja, por exemplo, três possibilidades de retirada e posicionamento do entalhe em corpos de prova Charpy, retirados de posições diferentes de uma chapa de aço doce.





Submetidos ao ensaio de impacto, esses corpos apresentaram três curvas diferentes, como mostra o gráfico a seguir.

No corpo de prova A, o entalhe está transversal às fibras do material. Por isso, a curva correspondente, no gráfico anterior, mostra que este foi o corpo de prova que apresentou a maior quantidade de energia absorvida.

No corpo de prova C, o entalhe está no sentido da fibra, o que favorece o cisalhamento. Por isso, a absorção de energia é a pior possível.

O corpo de prova B também tem entalhe transversal. Só que, neste caso, o entalhe atravessa o núcleo da chapa, cortando todas as fibras transversalmente. A curva correspondente encontra-se numa situação intermediária, em comparação com as outras duas.

Essa relação entre as curvas permanece constante, qualquer que seja a temperatura do ensaio.

### Resfriamento do corpo de prova

Os corpos de prova retirados para ensaio de impacto devem ser resfriados, até que se atinja a temperatura desejada para o ensaio.

As técnicas de resfriamento são determinadas em normas técnicas específicas. Um modo de obter o resfriamento consiste em mergulhar o corpo de prova num tanque contendo nitrogênio líquido, por aproximadamente 15 minutos. Este é o tempo necessário para homogeneizar a temperatura em todo o corpo de prova.

Outra forma de obter o resfriamento é por meio de uma mistura de álcool e gelo seco, que permite atingir temperaturas de até 70°C negativos.

O tempo máximo para romper o corpo de prova após o resfriamento é de 5 segundos.

Devido à grande dispersão dos resultados dos ensaios, principalmente próximo à temperatura de transição, gerada pela dificuldade de obter corpos de prova rigorosamente iguais e pela falta de homogeneidade dos materiais, o ensaio de impacto comum não oferece resultados aplicáveis a projetos de engenharia estrutural. Para responder a essas necessidades práticas, foram desenvolvidos outros tipos de ensaio de impacto e outros equipamentos.

O aprofundamento nestes ensaios vai além dos objetivos deste módulo. Mas se o assunto for de seu interesse, não se acomode. Procure ler mais a respeito e pesquise catálogos e folhetos de fabricantes de equipamentos, que são os meios de obter informações atualizadas.

Com esta aula, encerra-se o estudo do conjunto de ensaios classificados como destrutivos. Antes de passar para o próximo bloco, faça uma boa revisão do que foi apresentado até aqui. E não se esqueça de resolver os exercícios a seguir.

## Exercícios

Marque com um X a resposta correta.

### Exercício 1

A temperatura de transição é:

- a) ( ) a temperatura ambiente do ensaio;
- b) ( ) a temperatura em que a fratura passa de frágil para dúctil e vice-versa;
- c) ( ) a temperatura em que o corpo de prova se rompe de forma frágil;
- d) ( ) a temperatura em que o corpo de prova se rompe de forma dúctil.

### Exercício 2

São exemplos de materiais que **não** são afetados pela temperatura, no ensaio de impacto:

- a) ( ) ferro, zinco, níquel;
- b) ( ) aço inoxidável, ferro, bronze;
- c) ( ) cobre, alumínio, níquel;
- d) ( ) alumínio, aço doce, magnésio.

### Exercício 3

No ensaio de impacto a baixas temperaturas:

- a) ( ) utiliza-se uma máquina especial para temperaturas negativas;
- b) ( ) a temperatura da sala de ensaio deve ser rebaixada;
- c) ( ) a temperatura do corpo de prova é 0°C;
- d) ( ) a temperatura do corpo de prova é rebaixada até o grau desejado.

### Exercício 4

Cite três exemplos de fatores que **elevam** a temperatura de transição.

### Exercício 5

Analise a curva representada a seguir e responda:

Até que temperatura o material em questão pode ser utilizado?  
Explique sua resposta.

