

# TECNOLOGIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS

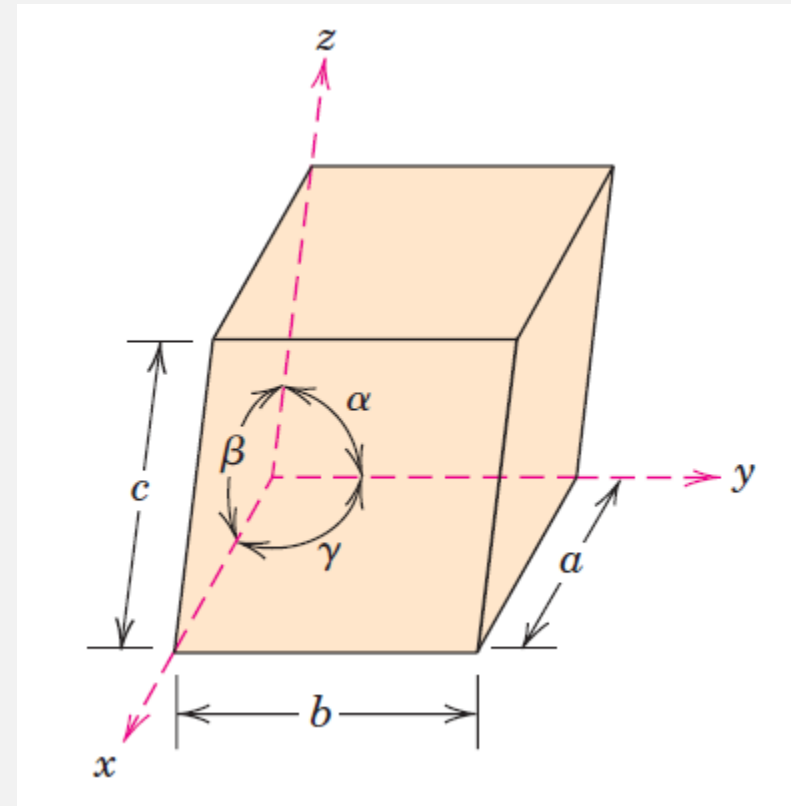
## AULA 06: SISTEMAS CRISTALINOS E PONTOS CRISTALOGRÁFICOS

**Prof.: Gabriel Henrique Arruda Tavares de Lima**

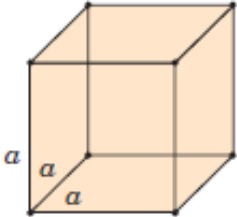
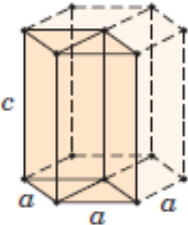
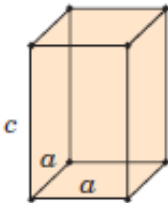
**Uberlândia - MG**

# SISTEMAS CRISTALINOS

- A geometria da célula unitária é completamente definida em termos de **seis parâmetros**:
  - Os **comprimentos das três arestas**:  $a$ ,  $b$ ,  $c$ .
  - Três **ângulos entre os eixos**:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ .



# SISTEMAS CRISTALINOS

<i>Sistema Cristalino</i>	<i>Relações Axiais</i>	<i>Ângulos entre os Eixos</i>	<i>Geometria da Célula Unitária</i>
Cúbico	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
Hexagonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	
Tetragonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	

# SISTEMAS CRISTALINOS

Romboédrico  
(Trigonal)

$$a = b = c$$

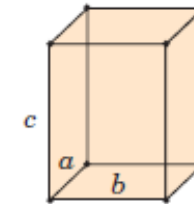
$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$



Ortorrômbico

$$a \neq b \neq c$$

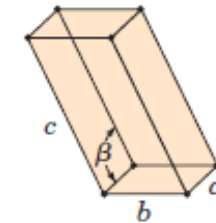
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



Monoclínico

$$a \neq b \neq c$$

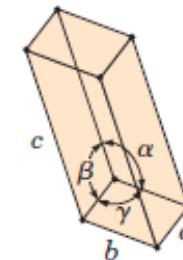
$$\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$$



Triclínico

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$



# PONTOS CRISTALOGRÁFICOS

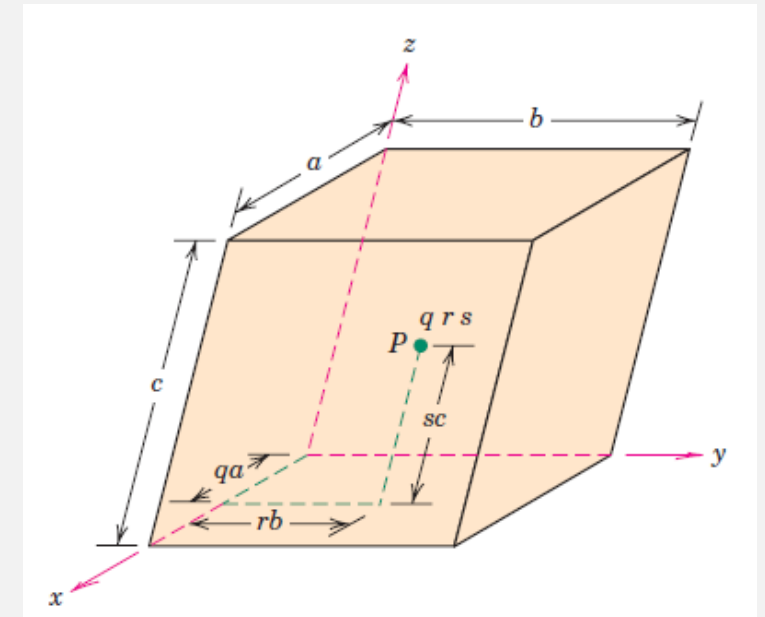
## COORDENADAS DOS PONTOS

- Algumas vezes é necessário especificar uma posição na rede cristalina dentro de uma célula unitária. Isso é possível usando três índices de coordenadas de pontos:  $q$ ,  $r$ ,  $s$ .
- Esses índices são **múltiplos fracionários** dos comprimentos da aresta da célula unitária  $a$ ,  $b$ ,  $c$ .

# PONTOS CRISTALOGRÁFICOS

## COORDENADAS DOS PONTOS

- $q$  é algum comprimento fracionário de  $a$  ao longo do eixo  $x$ ;
- $r$  é algum comprimento fracionário de  $b$  ao longo do eixo  $y$ ;
- $s$  é algum comprimento fracionário de  $c$  ao longo do eixo  $z$ .

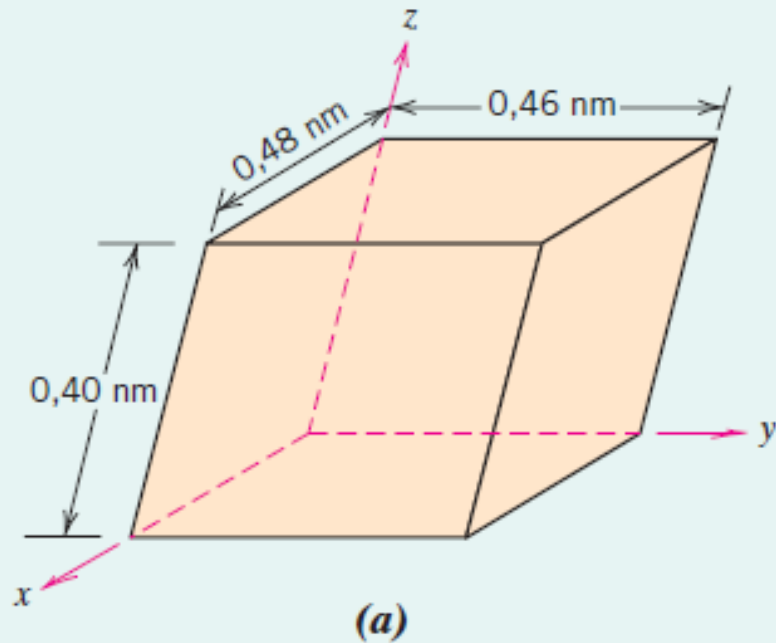


# PONTOS CRISTALOGRÁFICOS

## EXEMPLO

### Localização de um Ponto com Coordenadas Específicas

Para a célula unitária mostrada na figura (a) a seguir, localize o ponto com coordenadas  $\frac{1}{4}$  1  $\frac{1}{2}$ .



- $q = \frac{1}{4};$

- $r = 1;$

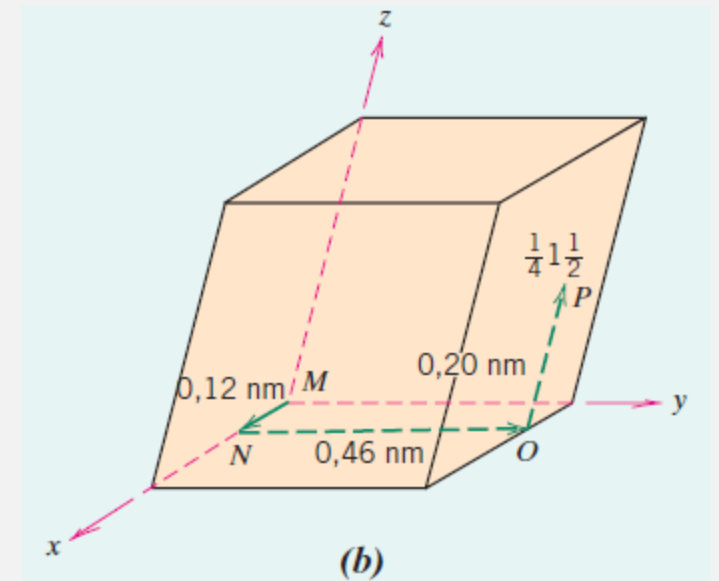
- $s = \frac{1}{2};$

# PONTOS CRISTALOGRÁFICOS

posição na rede cristalina em referência ao eixo  $x = qa$   
 $= (\frac{1}{4})a = \frac{1}{4}(0,48 \text{ nm}) = 0,12 \text{ nm}$

posição na rede cristalina em referência ao eixo  $y = rb$   
 $= (1)b = 1(0,46 \text{ nm}) = 0,46 \text{ nm}$

posição na rede cristalina em referência ao eixo  $z = sc$   
 $= (\frac{1}{2})c = \frac{1}{2}(0,40 \text{ nm}) = 0,20 \text{ nm}$





# DIREÇÕES CRISTALOGRÁFICAS

- É definida como uma linha direcionada entre dois pontos, ou um *vetor*.
- As seguintes etapas são usadas para determinar os três índices direcionais:
  1. Criar um sistema de coordenadas x-y-z no vértice da célula unitária;
  2. Determinar as coordenadas de dois pontos que estão sobre o mesmo vetor direção.

$$P1 (x_1, y_1, z_1) , P2 (x_2, y_2, z_2)$$

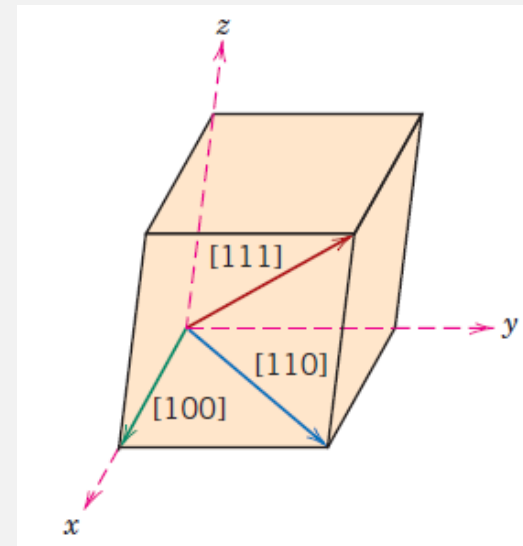
3. As coordenadas do ponto inicial são subtraídas do ponto final :  $x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1$ ;
4. As diferenças são então normalizadas por seus respectivos parâmetros de rede: a, b, c.

$$\frac{x_2 - x_1}{a} \quad \frac{y_2 - y_1}{b} \quad \frac{z_2 - z_1}{c}$$

# DIREÇÕES CRISTALOGRÁFICAS

5. Se necessário, os números são divididos ou multiplicados por um fator comum para reduzi-los aos menores valores inteiros (n);
6. Os três índices resultantes são colocados em colchetes [u v w], podendo ser determinados pelas equações.

$$u = n \left( \frac{x_2 - x_1}{a} \right)$$
$$v = n \left( \frac{y_2 - y_1}{b} \right)$$
$$w = n \left( \frac{z_2 - z_1}{c} \right)$$



# DIREÇÕES CRISTALOGRÁFICAS

- Para cada um dos três eixos haverá tanto coordenadas positivas quanto coordenadas negativas.
- Dessa forma, índices negativos também são possíveis, os quais são representados por uma barra sobre o índice apropriado.

Exemplo:

A direção  $[1 \bar{1} 1]$  teria um componente na direção  $-y$ .

# DIREÇÕES CRISTALOGRÁFICAS

- Determine os índices para a direção mostrada na figura abaixo.

