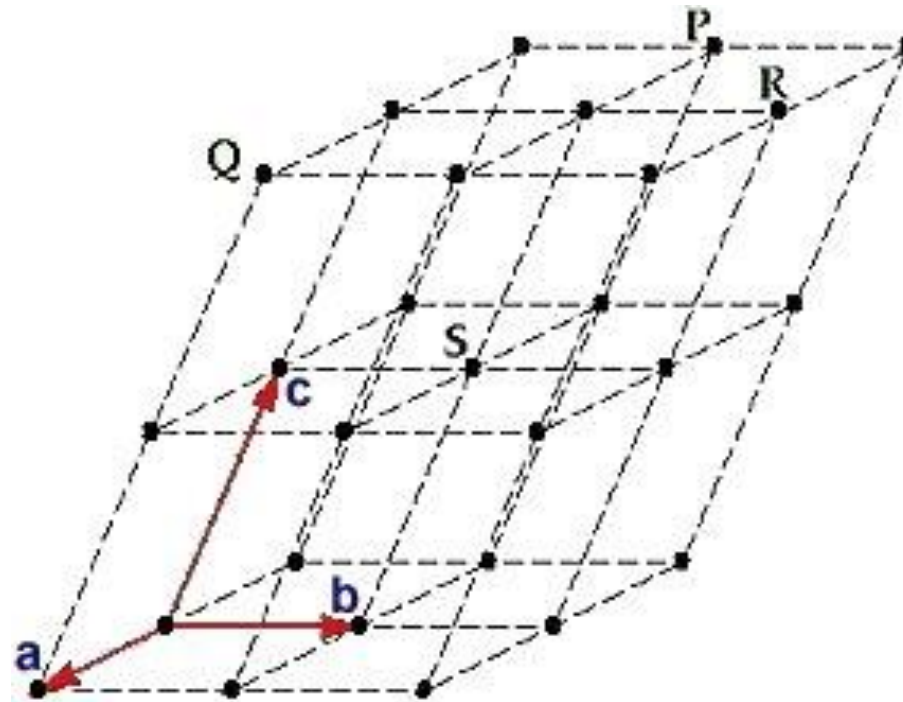
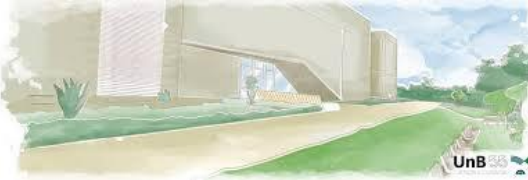


DIREÇÕES NOS CRISTAIS

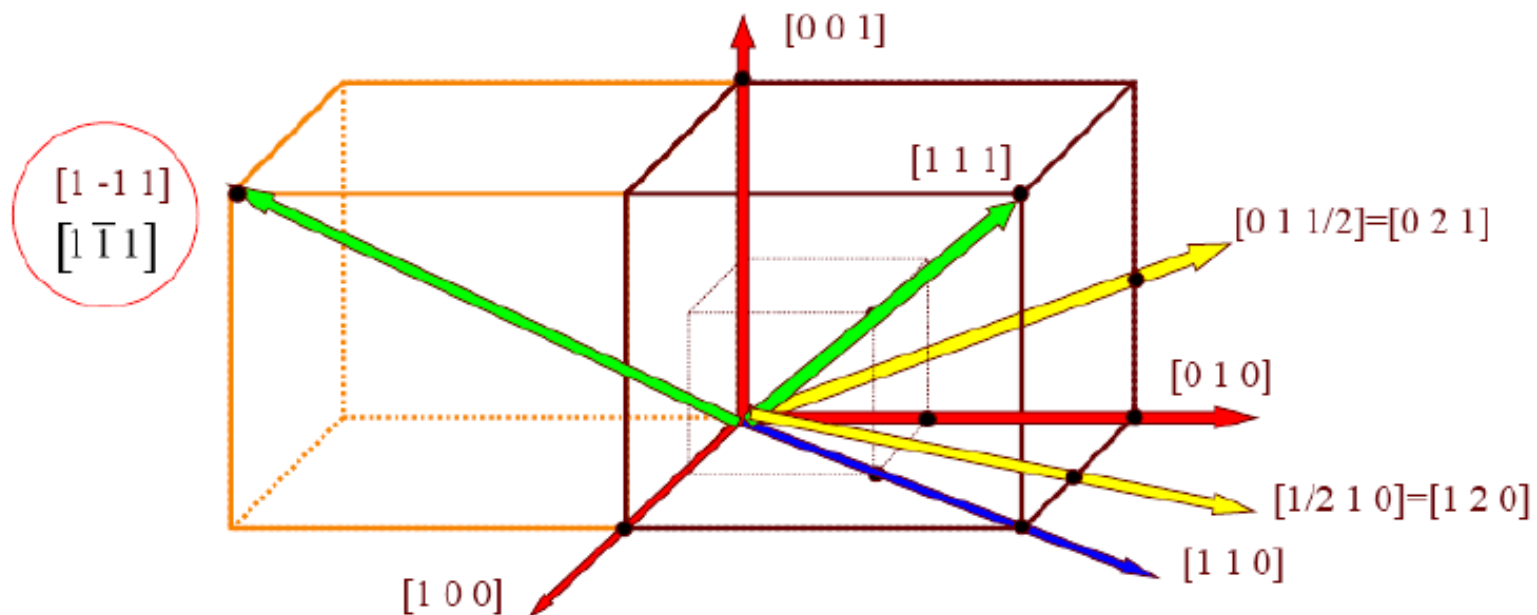


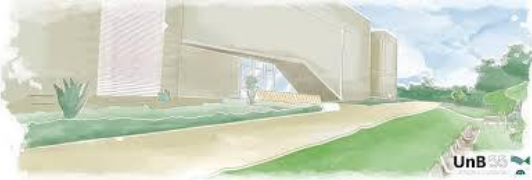
a, b e c definem os eixos de um sistema de coordenadas em 3D. Qualquer linha (ou direção) do sistema de coordenadas pode ser especificada através de dois pontos: um deles sempre é tomado como sendo a origem do sistema de coordenadas, geralmente (0,0,0) por convenção;



DIREÇÕES NOS CRISTAIS

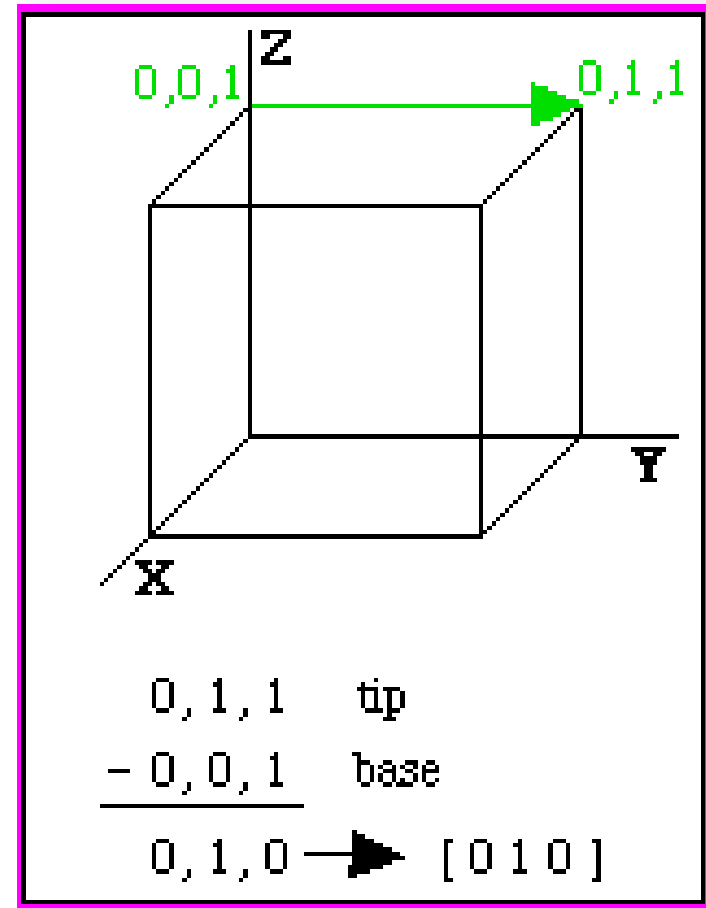
- Um vetor com comprimento conveniente é posicionado de tal modo que ele passa através da origem;
- O comprimento da projeção de vetor é medido em termos das dimensões da célula unitária a , b e c ;
- Estes 3 números são multiplicados ou divididos por um fator comum;
- Os 3 índices, não separados por vírgulas, são colocados entre colchetes: $[uvw]$.

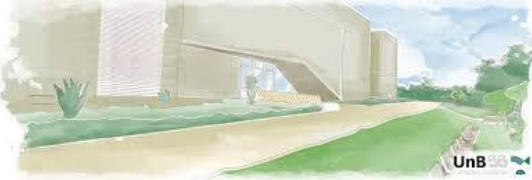




DIREÇÕES NOS CRISTAIS

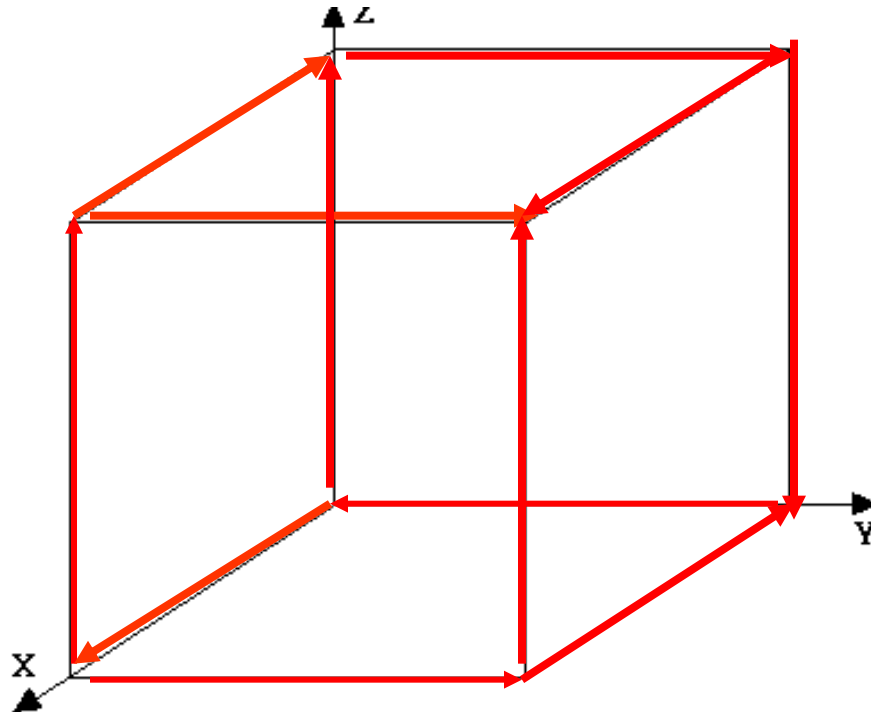
- São representadas entre colchetes= $[uvw]$
- Família de direções:
 $\langle uvw \rangle$

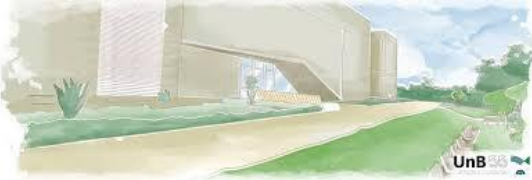




DIREÇÕES NOS CRISTAIS

Algumas direções da família de direções $\langle 100 \rangle$

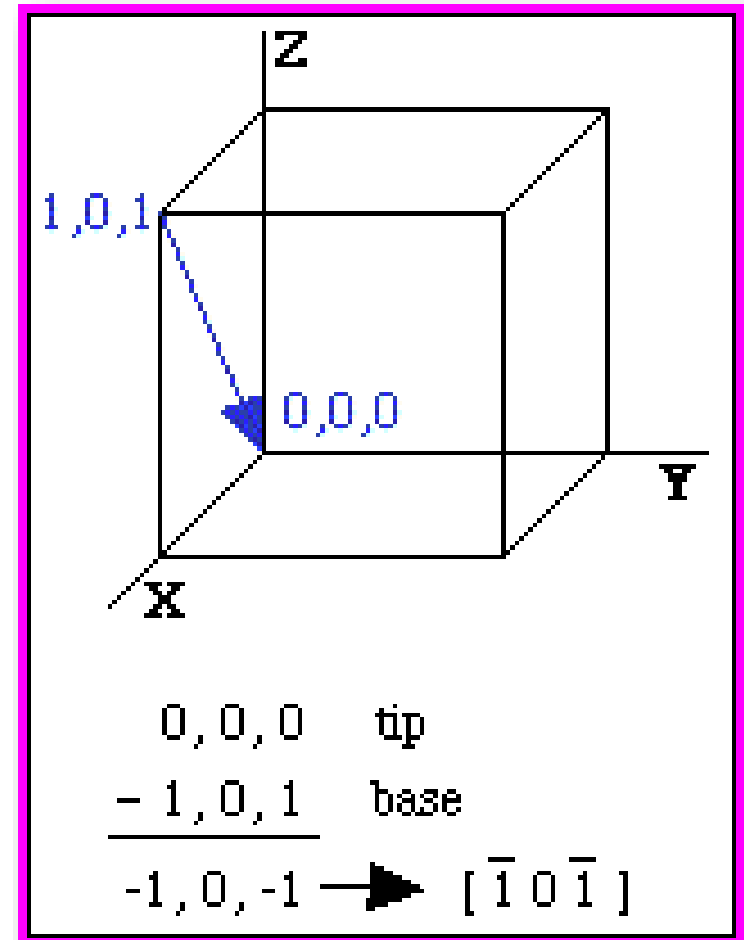


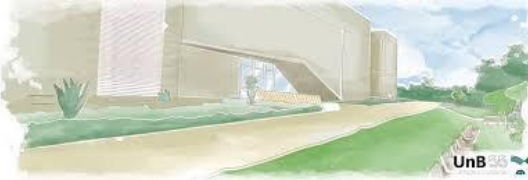


DIREÇÕES NOS CRISTAIS

- São representadas entre colchetes = $[hkl]$

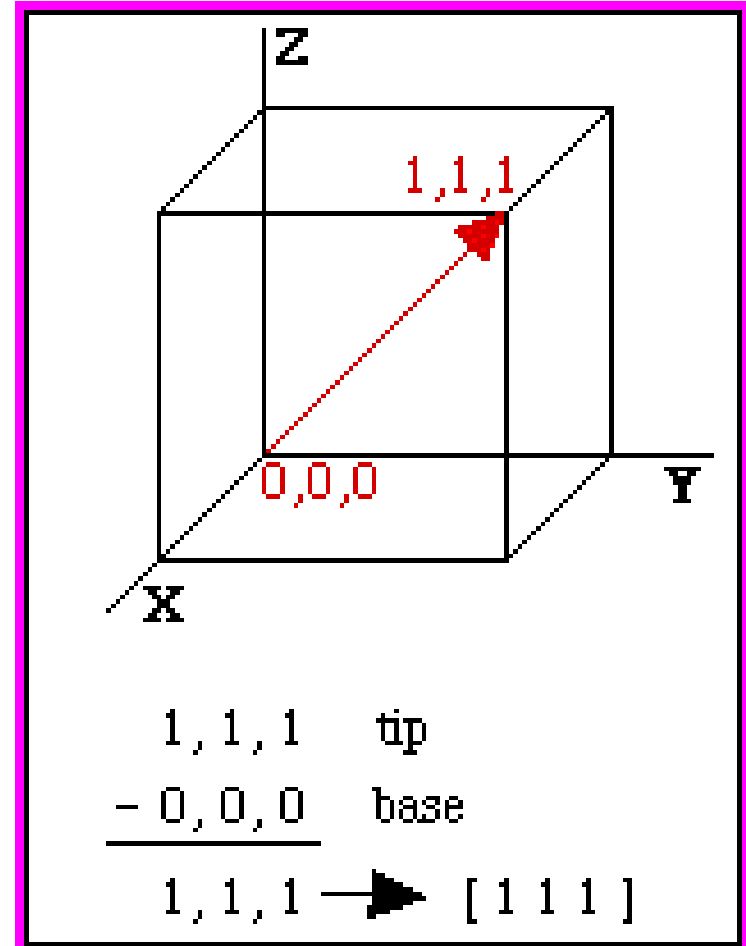
- Se a subtração der negativa, coloca-se uma barra sobre o número

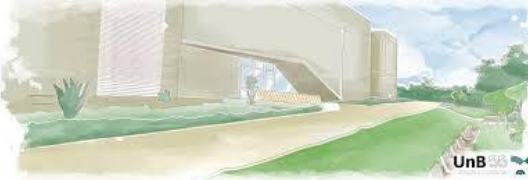




DIREÇÕES NOS CRISTAIS

- São representadas entre colchetes = $[hkl]$
- Quando passa pela origem

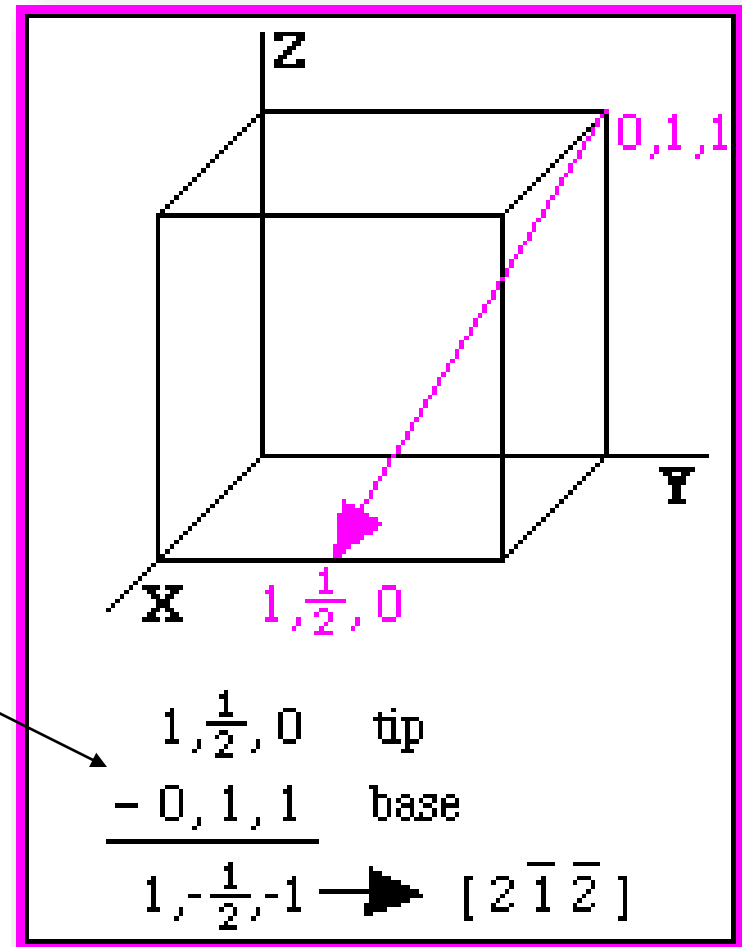


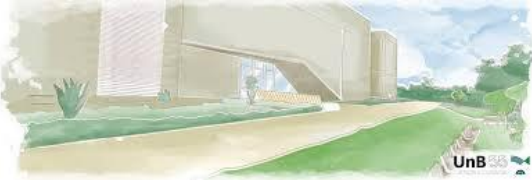


DIREÇÕES NOS CRISTAIS

- São representadas entre colchetes = $[hkl]$

Os números devem ser divididos ou multiplicados por um fator comum para dar números inteiros

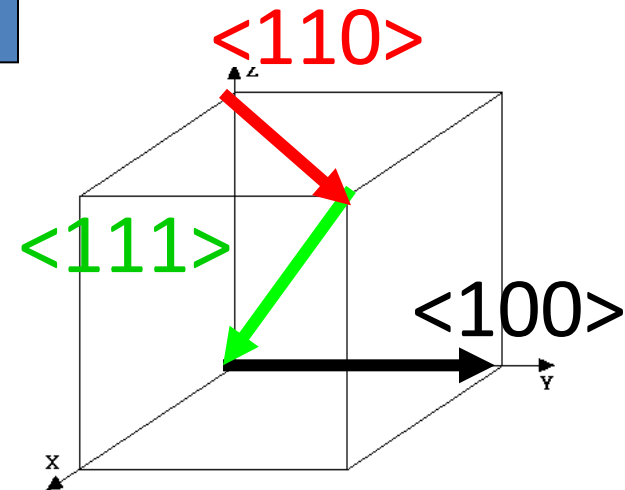


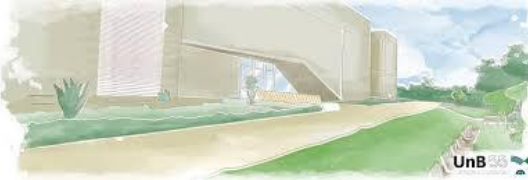


DIREÇÕES PARA O SISTEMA CÚBICO

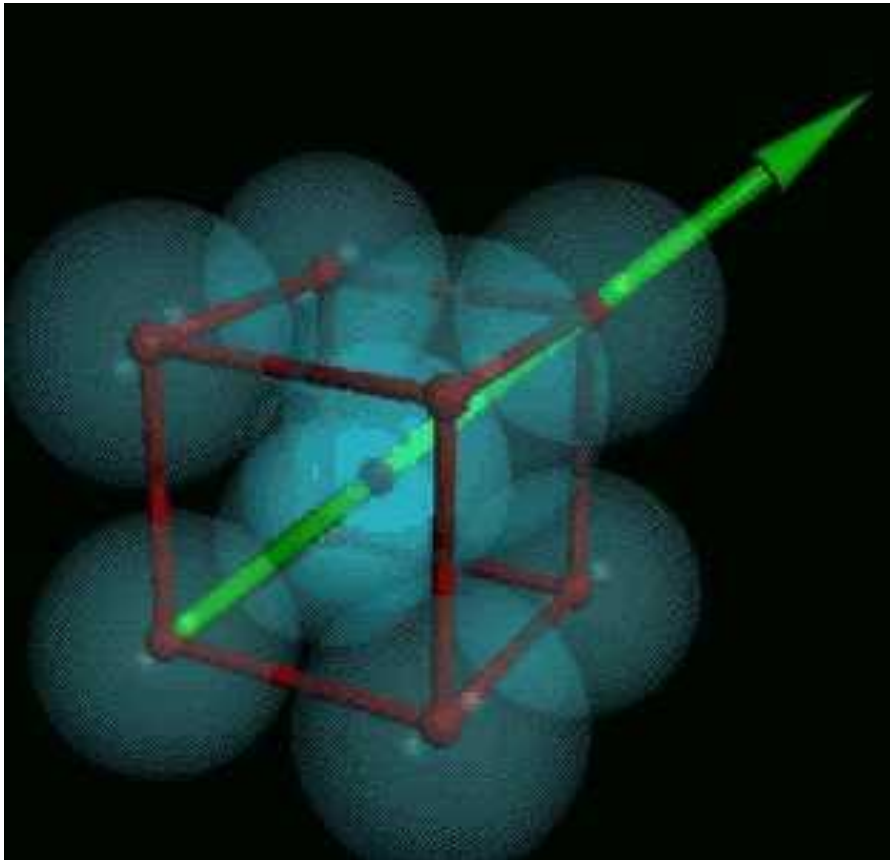
- A simetria desta estrutura permite que as direções equivalentes sejam agrupadas para formar uma família de direções:

- $\langle 100 \rangle$ para as faces
- $\langle 110 \rangle$ para as diagonais das faces
- $\langle 111 \rangle$ para a diagonal do cubo

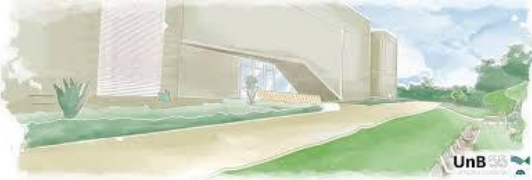




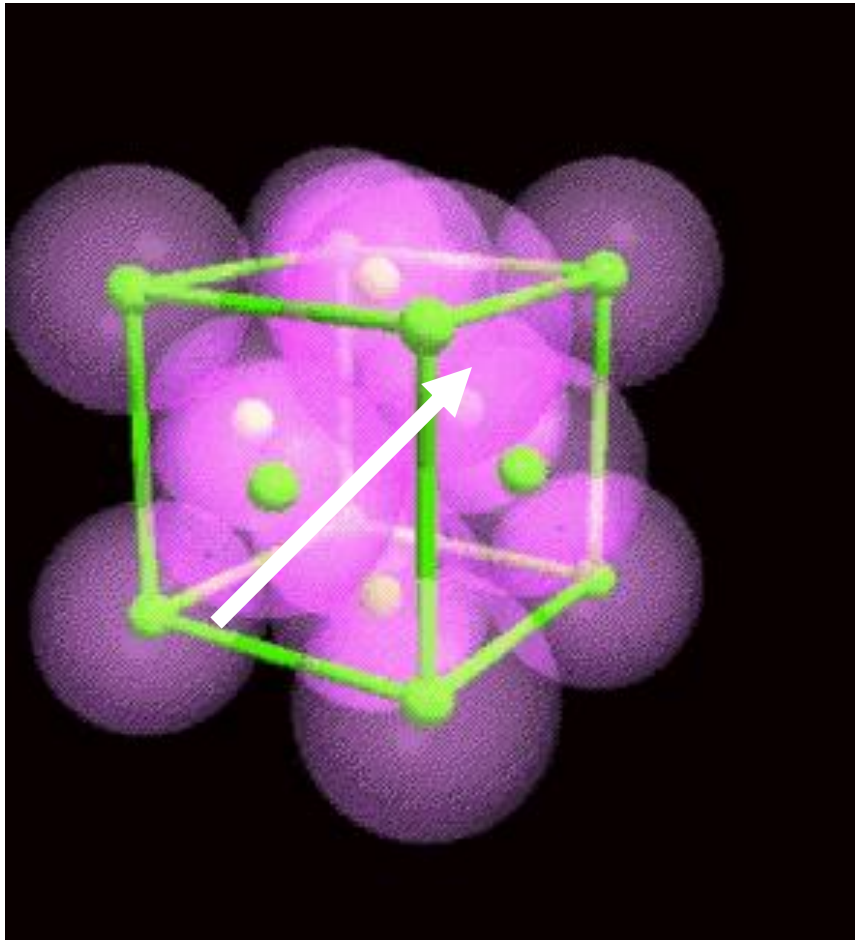
DIREÇÕES PARA O SISTEMA CCC



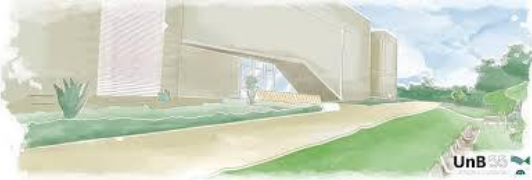
- No sistema CCC os átomos se tocam ao longo da diagonal do cubo, que corresponde a família de direções $\langle 111 \rangle$
- Então, a direção $\langle 111 \rangle$ é a de maior empacotamento atômico para o sistema CCC



DIREÇÕES PARA O SISTEMA CFC



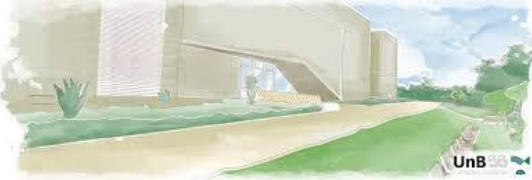
- No sistema CFC os átomos se tocam ao longo da diagonal da face, que corresponde a família de direções $\langle 110 \rangle$
- Então, a direção $\langle 110 \rangle$ é a de maior empacotamento atômico para o sistema CFC



PLANOS CRISTALINOS

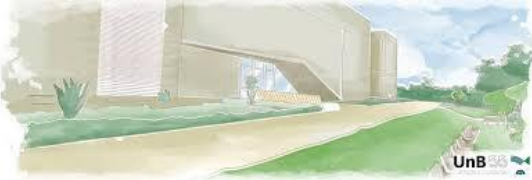
Por quê são importantes?

- **Para a determinação da estrutura cristalina:** Os métodos de difração medem diretamente a distância entre planos paralelos de pontos do reticulado cristalino. Esta informação é usada para determinar os parâmetros do reticulado de um cristal.
- **Para a deformação plástica:** A deformação plástica (permanente) dos metais ocorre pelo deslizamento dos átomos, escorregando uns sobre os outros no cristal. Este deslizamento tende a acontecer preferencialmente ao longo de planos direções específicos do cristal.
- **Para as propriedades de transporte:** Em certos materiais, a estrutura atômica em determinados planos causa o transporte de elétrons e/ou acelera a condução nestes planos, e, relativamente, reduz a velocidade em planos distantes destes.

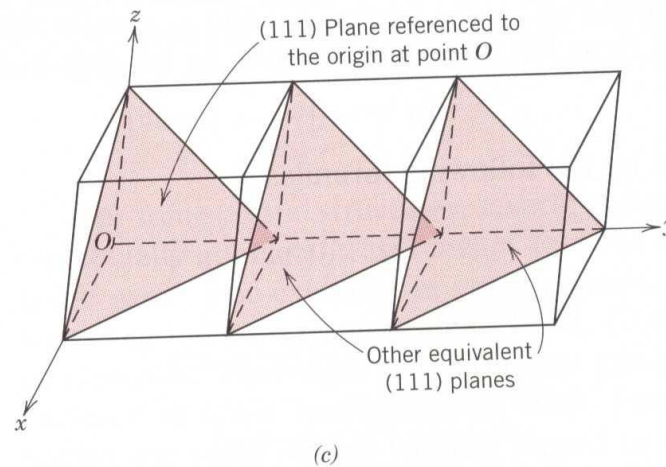
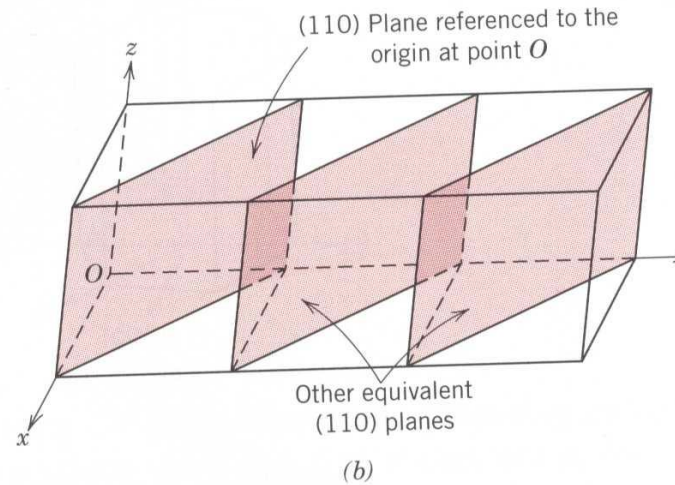
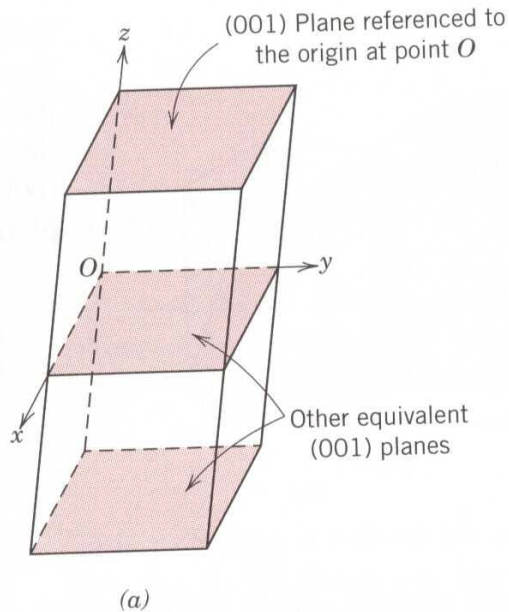


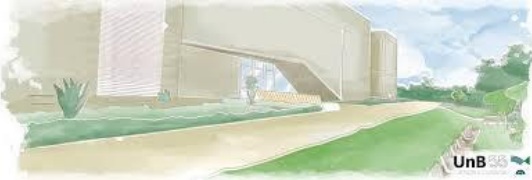
PLANOS CRISTALINOS

- São representados de maneira similar às direções
- São representados pelos índices de Miller = (hkl)
- Planos paralelos são equivalentes tendo os mesmos índices



PLANOS CRISTALINOS

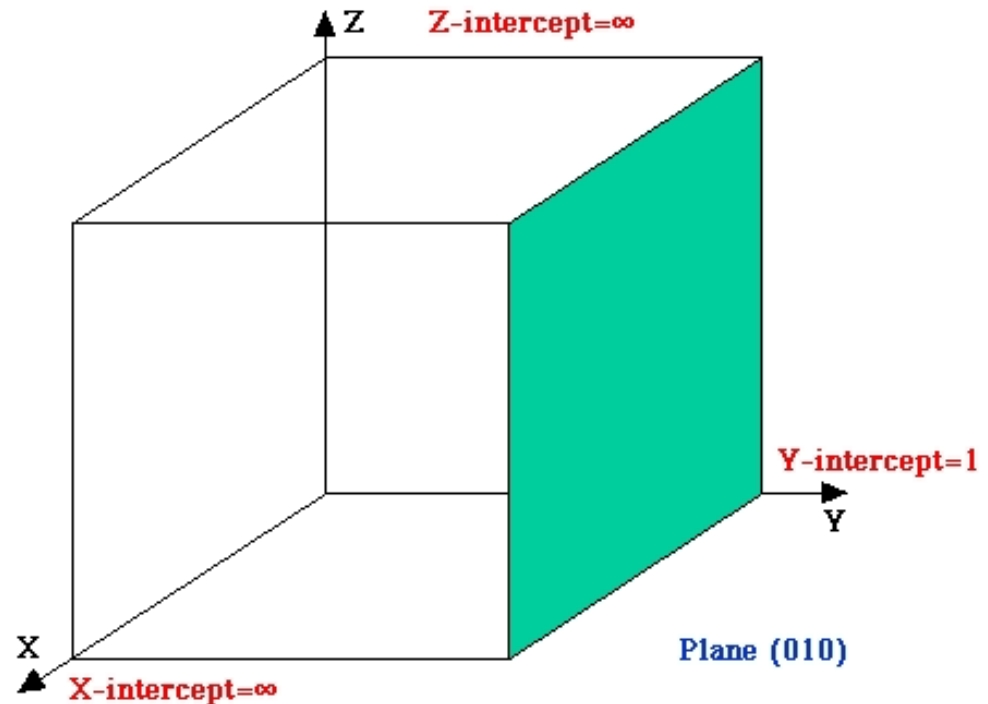


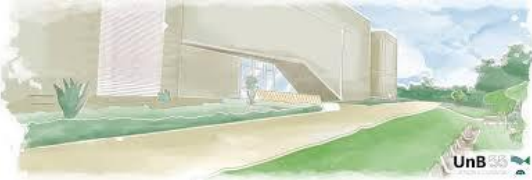


PLANOS CRISTALINOS

Planos (010)

- São paralelos aos eixos x e z (paralelo à face)
- Cortam um eixo (neste exemplo: y em 1 e os eixos x e z em ∞)
- $1/\infty, 1/1, 1/\infty = (010)$

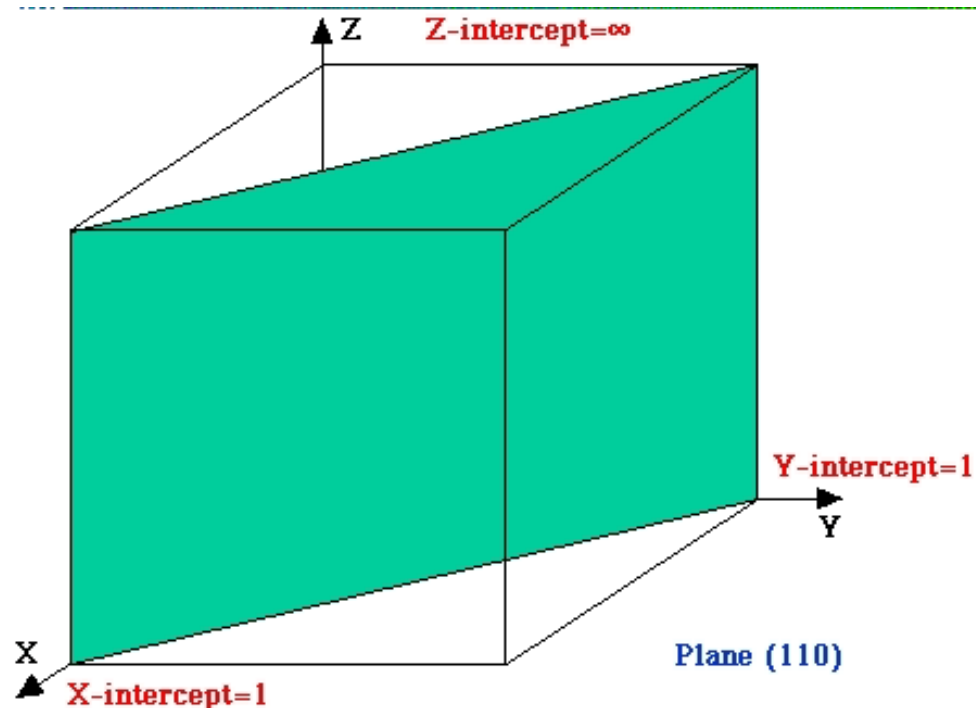


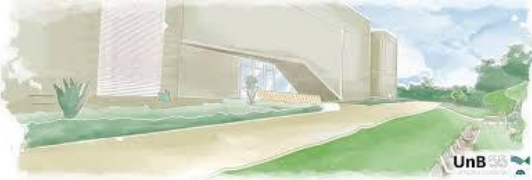


PLANOS CRISTALINOS

Planos (110)

- São paralelos a um eixo (z)
- Cortam dois eixos (x e y)
- $1/1, 1/1, 1/\infty = (110)$

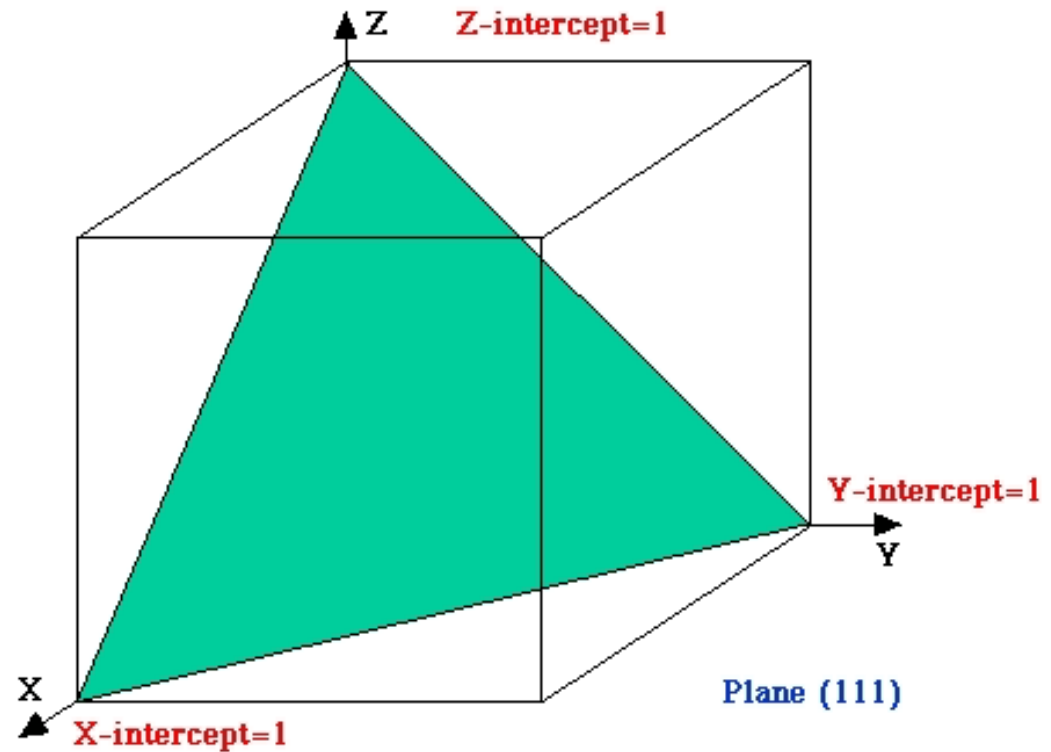


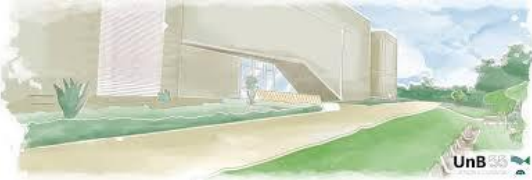


PLANOS CRISTALINOS

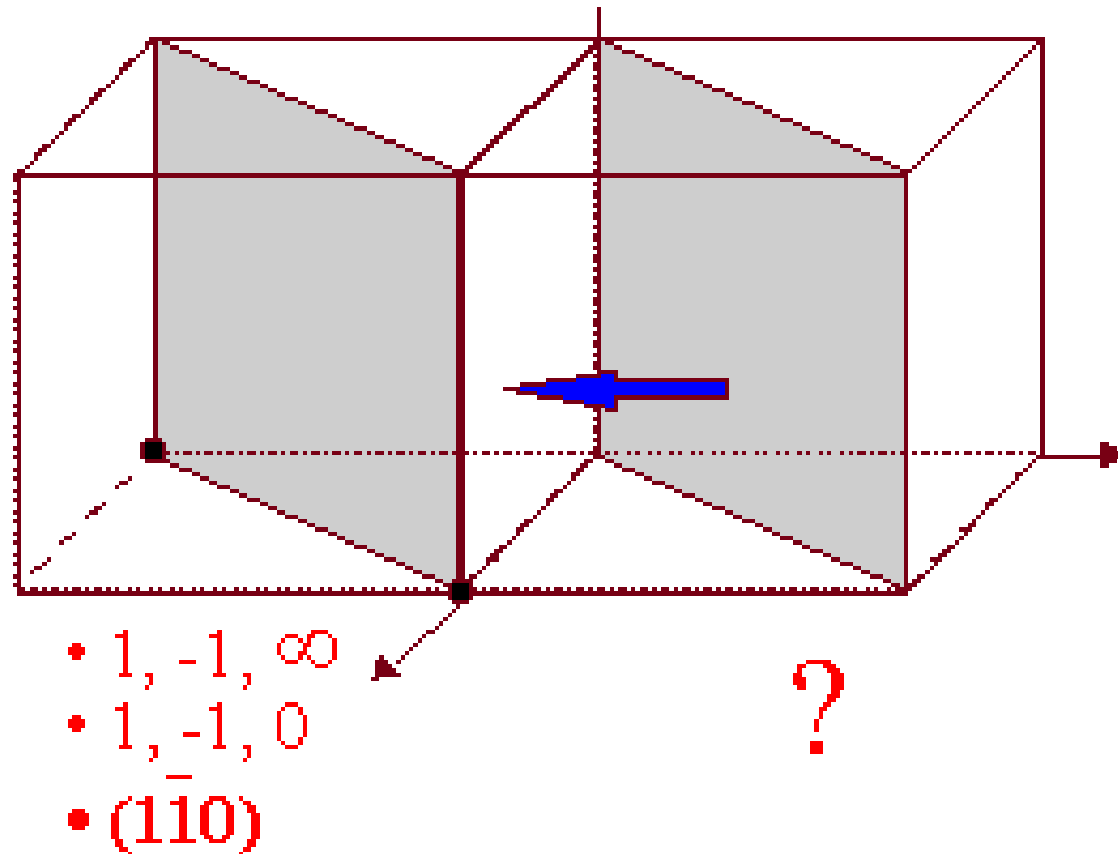
Planos (111)

- Cortam os 3 eixos cristalográficos
- $1/1, 1/1, 1/1 = (111)$

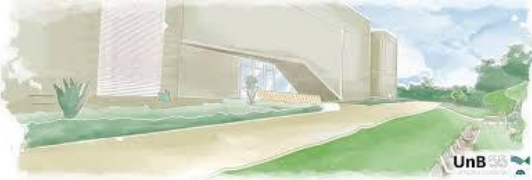




PLANOS CRISTALINOS

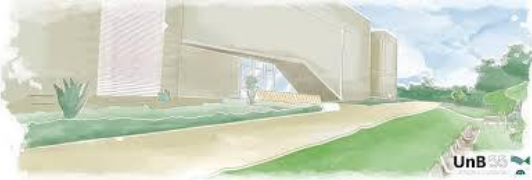


- Quando as intercessões não são óbvias desloca-se o plano até obter as intercessões corretas



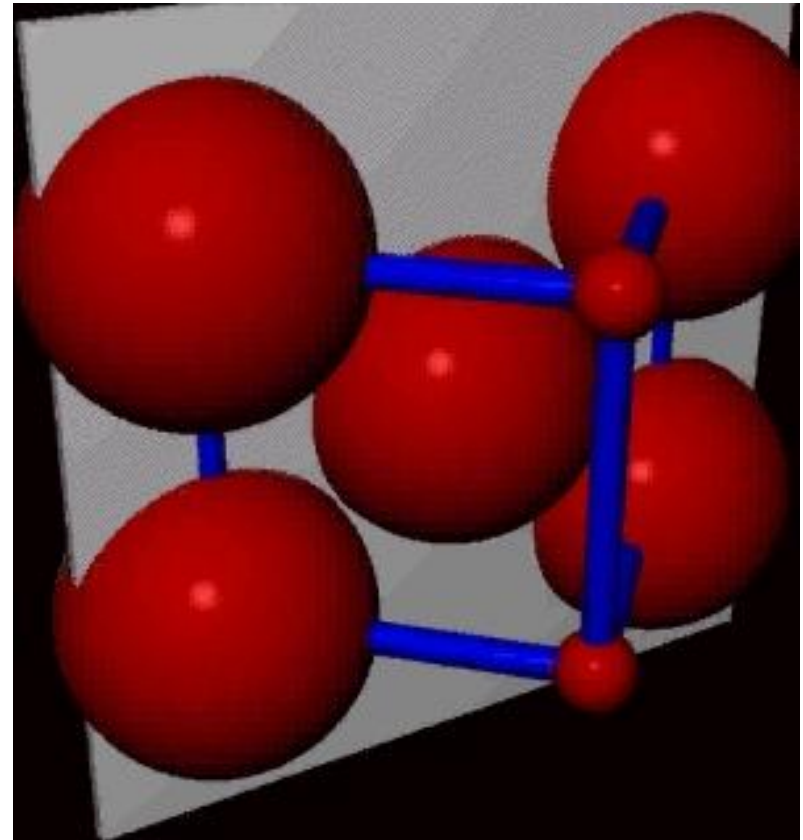
PLANOS NO SISTEMA CÚBICO

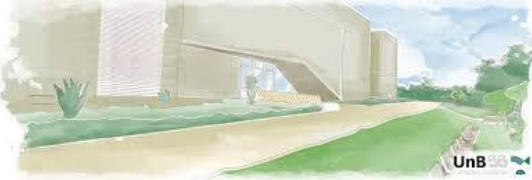
- A simetria do sistema cúbico faz com que a família de planos tenham o mesmo arrançamento e densidade
- Deformação em metais envolve deslizamento de planos atômicos. O deslizamento ocorre mais facilmente nos planos e direções de maior densidade atômica



PLANOS DE MAIOR DENSIDADE ATÔMICA NO SISTEMA CCC

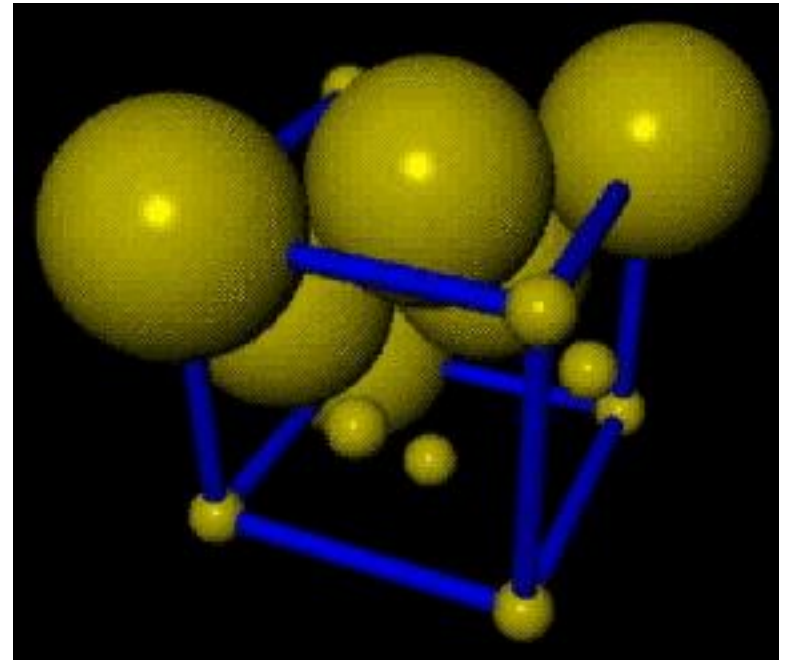
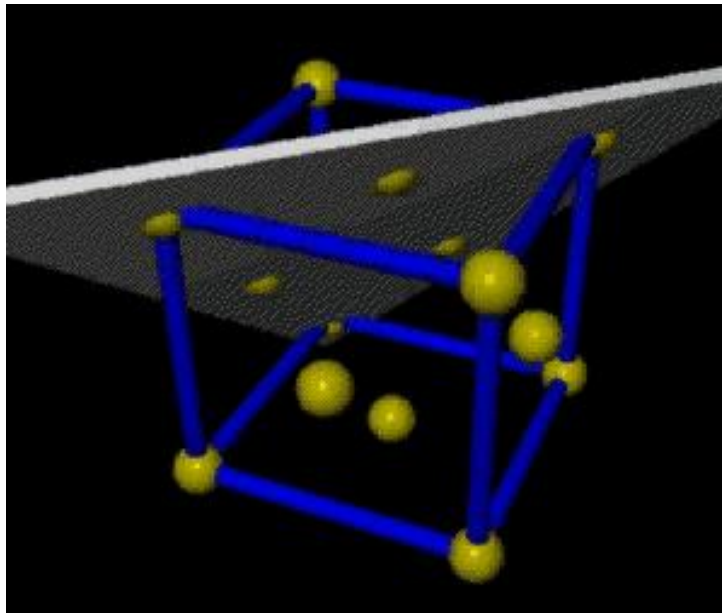
- A família de planos $\{110\}$ no sistema CCC é o de maior densidade atômica

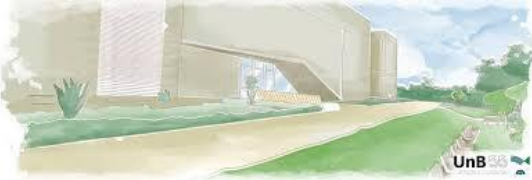




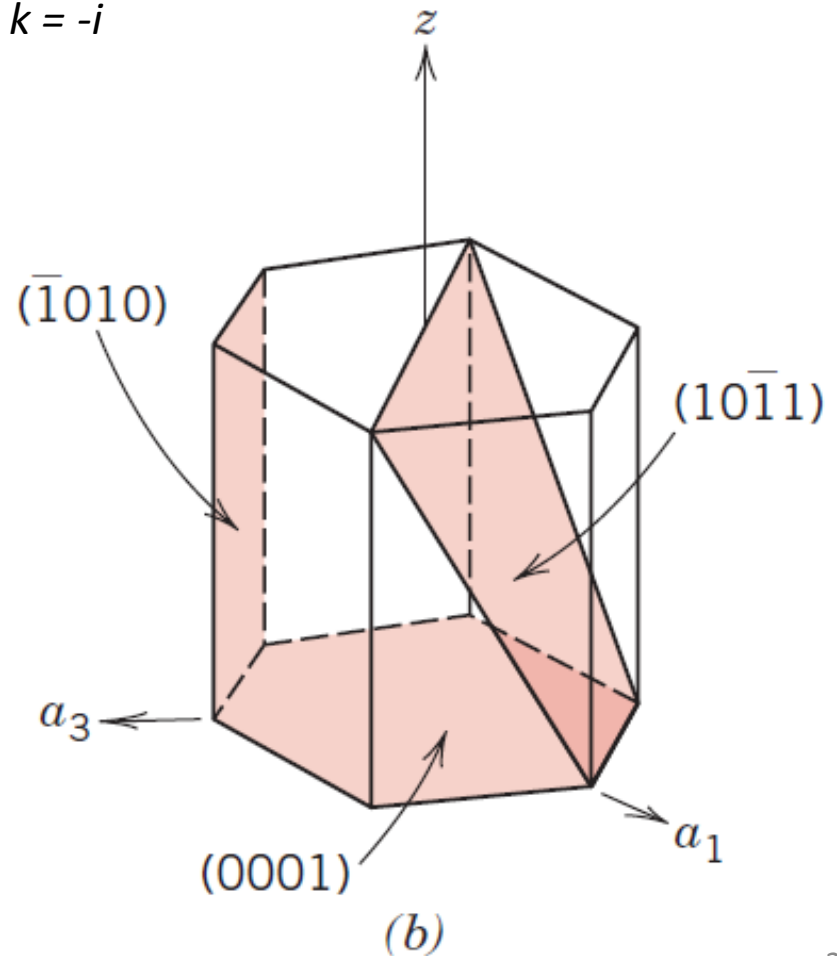
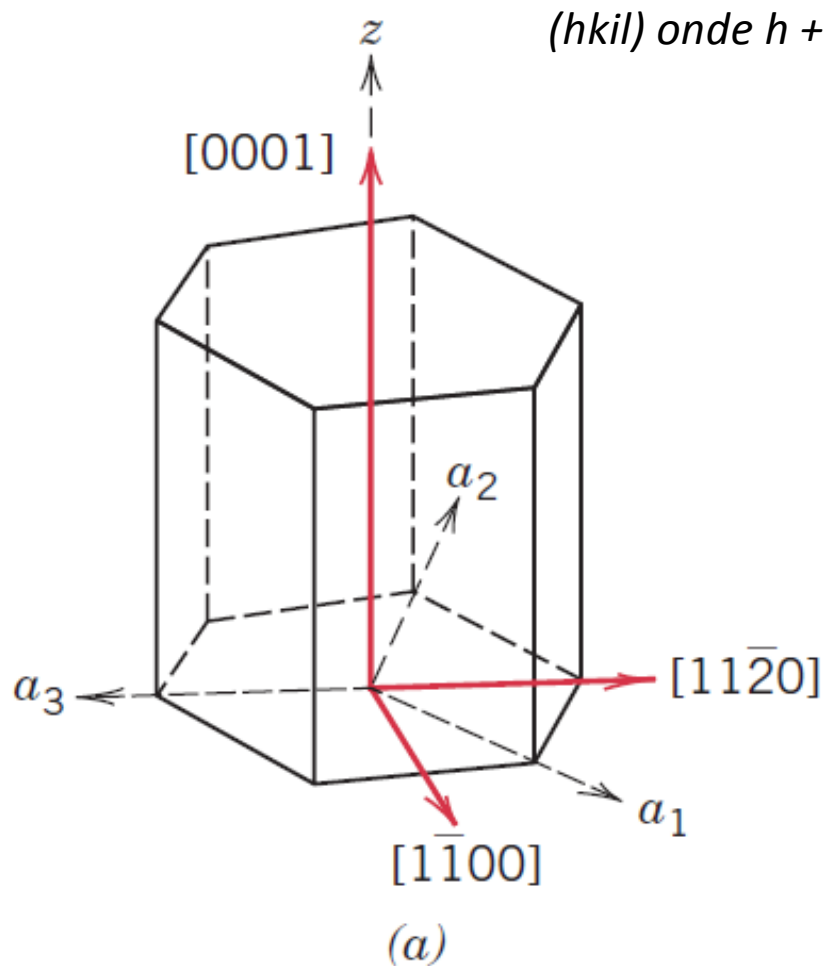
PLANOS DE MAIOR DENSIDADE ATÔMICA NO SISTEMA CFC

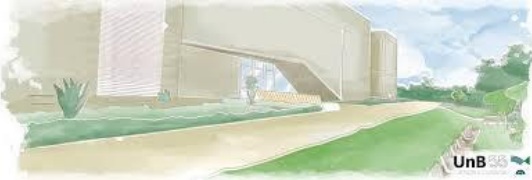
- A família de planos $\{111\}$ no sistema CFC é o de maior densidade atômica



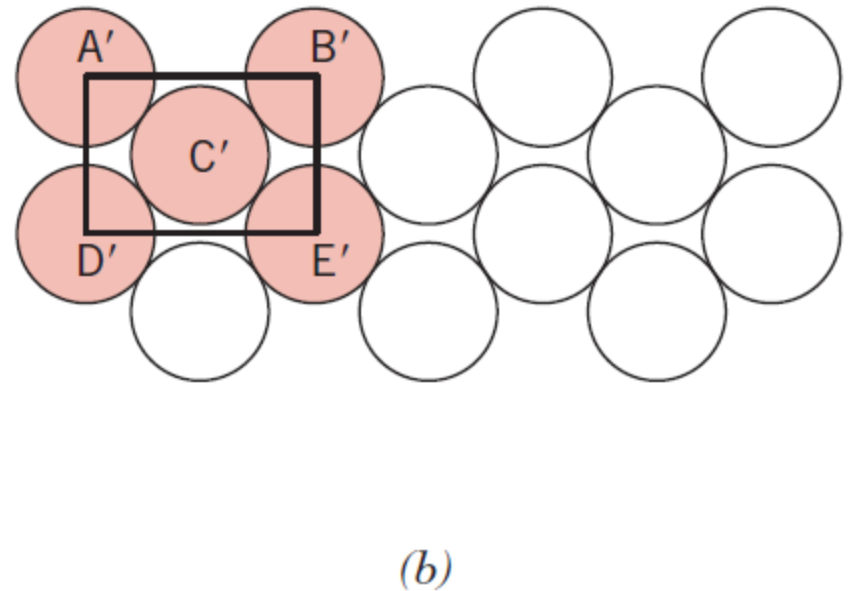
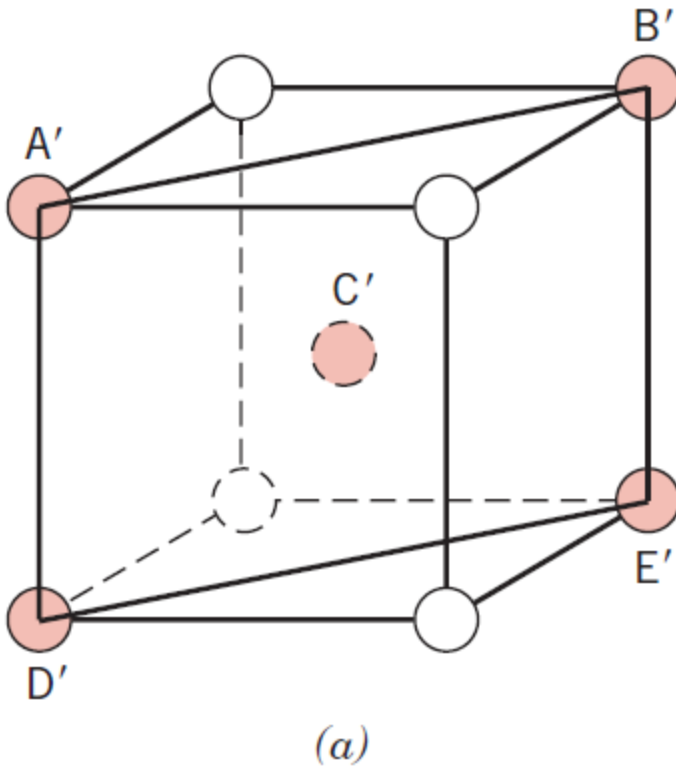


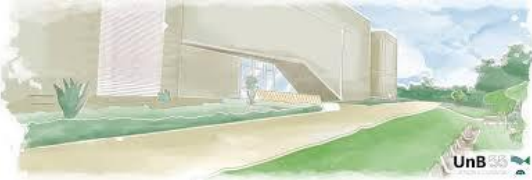
DIREÇÕES E PLANOS PARA O SISTEMA HC





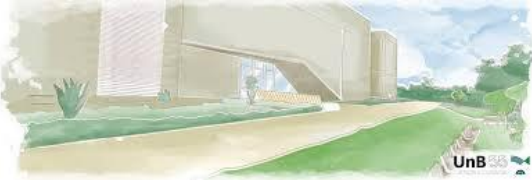
DENSIDADE ATÔMICA LINEAR E PLANAR





DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA CRISTALINA POR DIFRAÇÃO DE RAIOS X

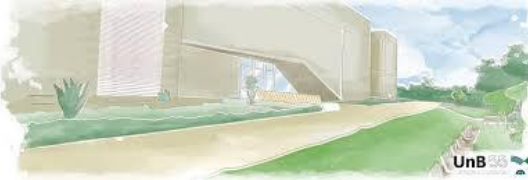
- Raios X tem comprimento de onda similar a distância interplanar
- 0,1 nm



DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA CRISTALINA POR DIFRAÇÃO DE RAIOS X

O FENÔMENO DA DIFRAÇÃO:

“Quando um feixe de raios X é dirigido à um material cristalino, esses raios são difratados pelos planos dos átomos ou íons dentro do cristal”

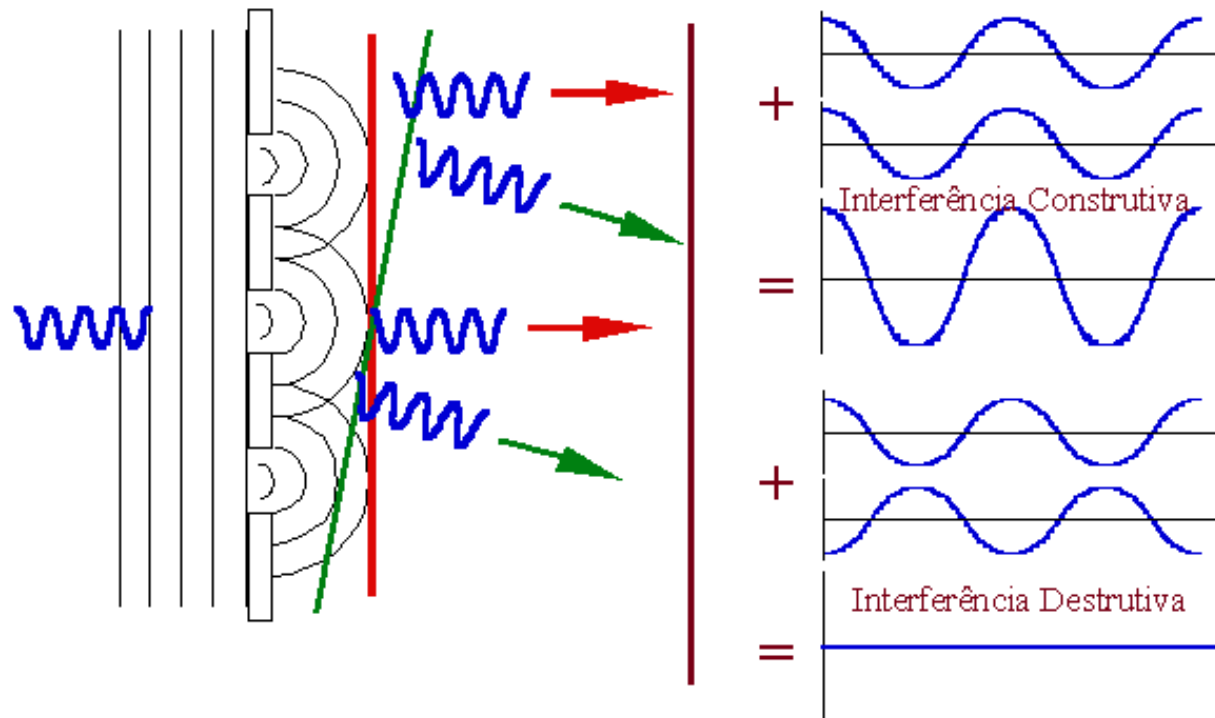


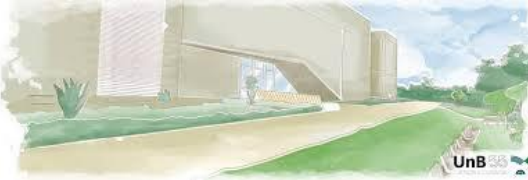
DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA CRISTALINA POR DIFRAÇÃO DE RAIOS X

Difração (revisão ?)

60

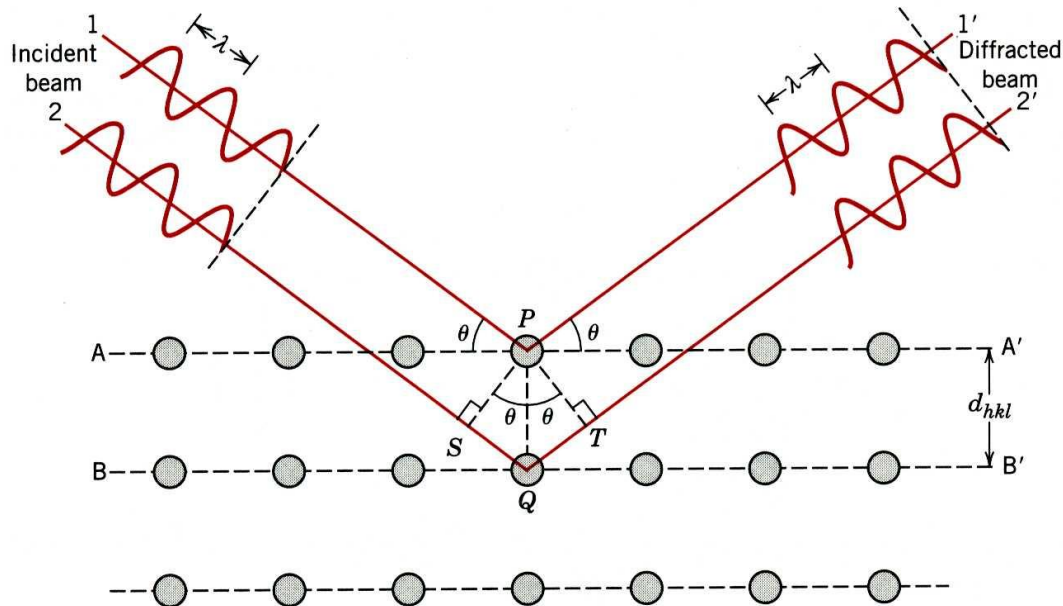
- Difração é um fenômeno de interferência





DIFRAÇÃO DE RAIOS X

LEI DE BRAGG



$$n\lambda = 2 d_{hkl} \cdot \sin \theta$$

λ é comprimento de onda

N é um número inteiro de ondas

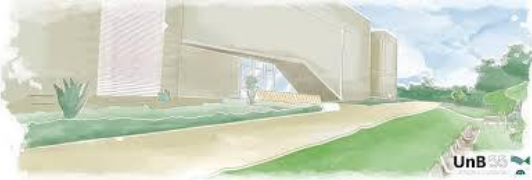
d é a distância interplanar

θ o ângulo de incidência

$$d_{hkl} =$$

$$\frac{a}{(h^2 + k^2 + l^2)^{1/2}}$$

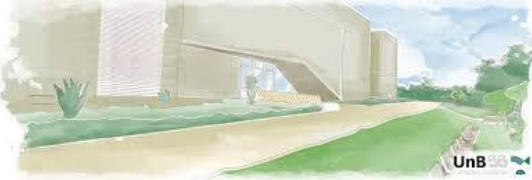
Válido
para
sistema
cúbico



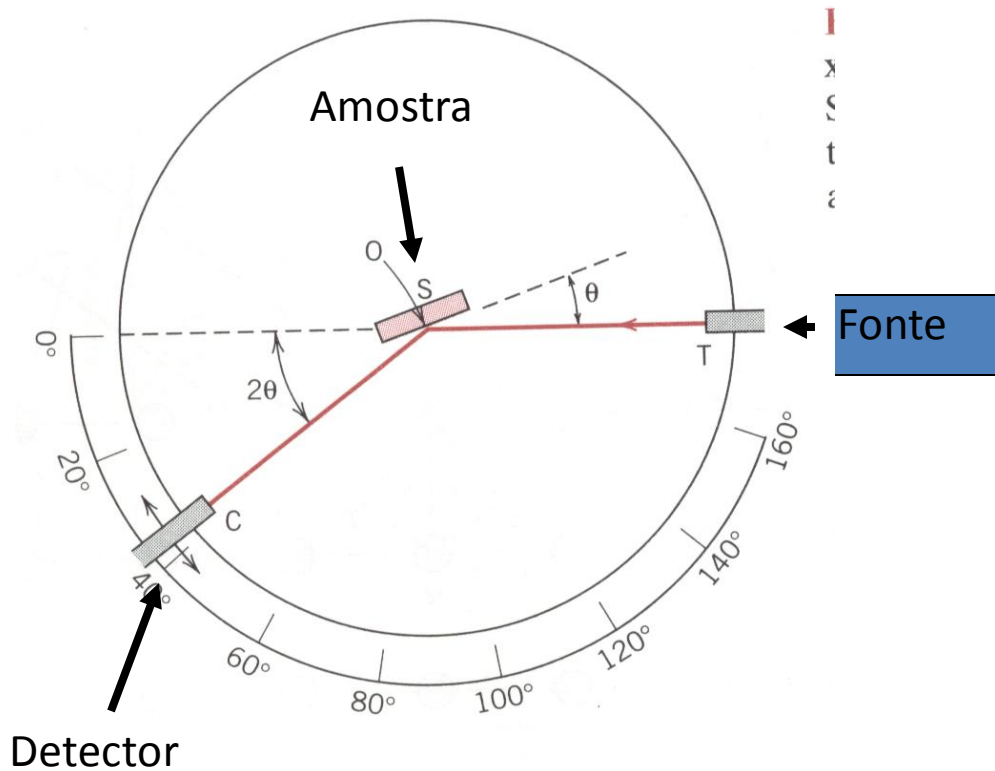
DISTÂNCIA INTERPLANAR (d_{hkl})

- É uma função dos índices de Miller e do parâmetro de rede

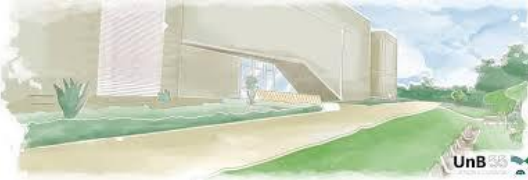
$$d_{hkl} = \frac{a}{(h^2 + k^2 + l^2)^{1/2}}$$



O DIFRATOMÊTRO DE RAIOS X



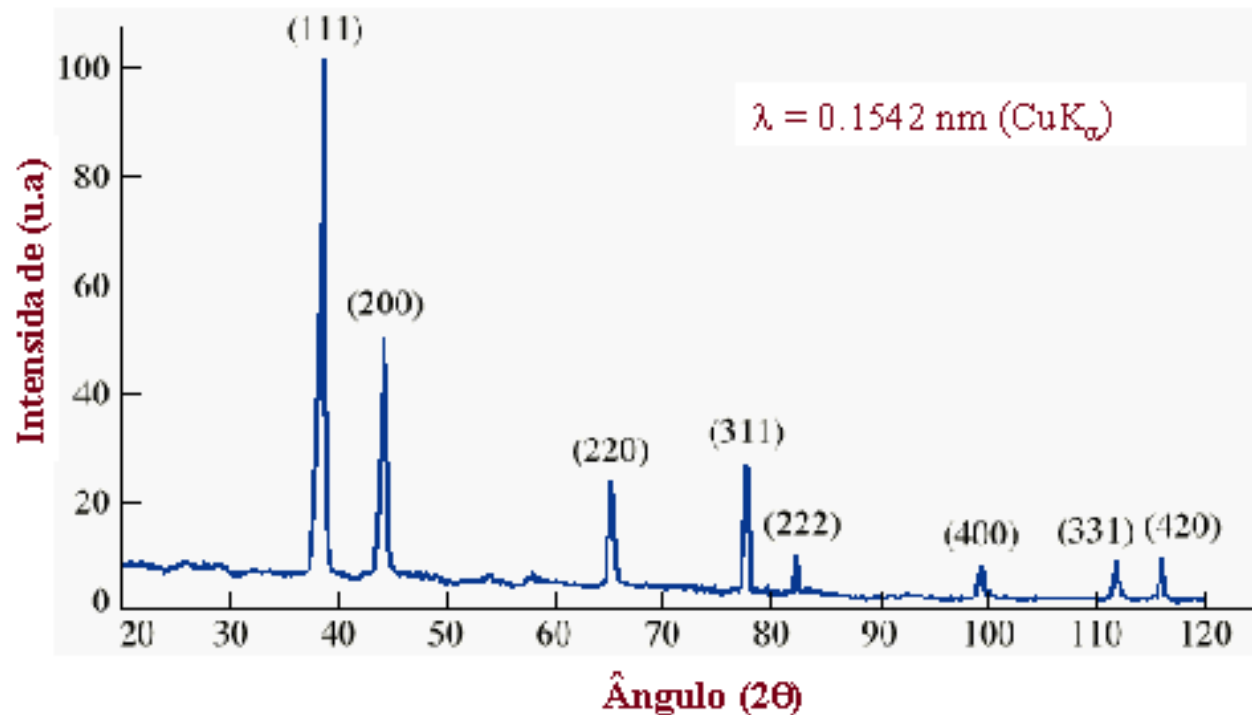
- T= fonte de raio X
- S= amostra
- C= detector
- O= eixo no qual a amostra e o detector giram



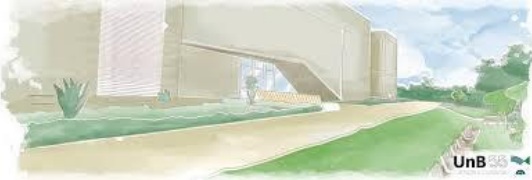
DIFRATOGRAMA

65

- Ex: Espectro de difração para Al



Uma amostra desconhecida é analisada e seus picos comparados com os de materiais conhecidos e tabelados, permitindo assim a identificação do material.



ESTRUTURA CRISTALINA

TEORIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO



ANISOTROPIA

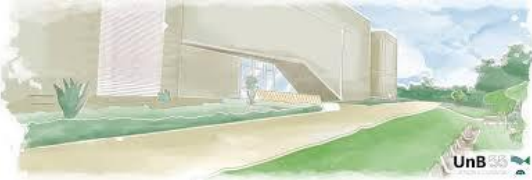
Algumas propriedades físicas dependem da direção cristalográfica na qual as medições são realizadas (direcionalidade).

ISOTROPIA

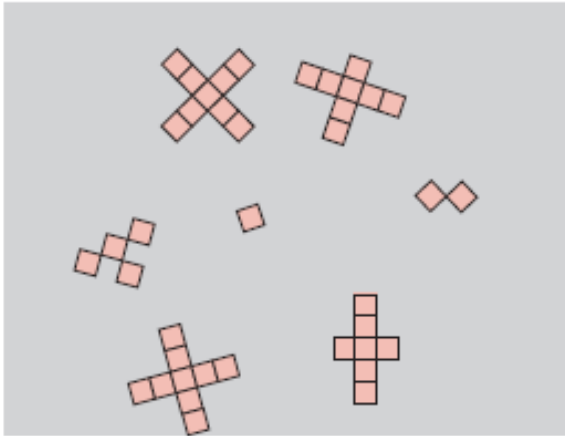
As propriedades medidas são independentes da direção

Materiais policristalinos: a magnitude da propriedade medida representa uma média dos valores direcionais;

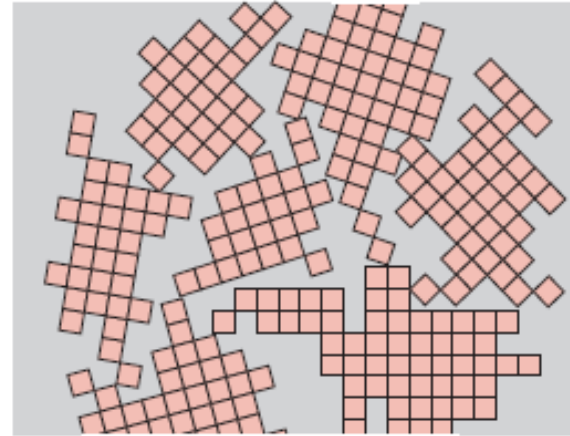
Material com textura: materiais policristalinos que possuem uma orientação cristalográfica preferencial.



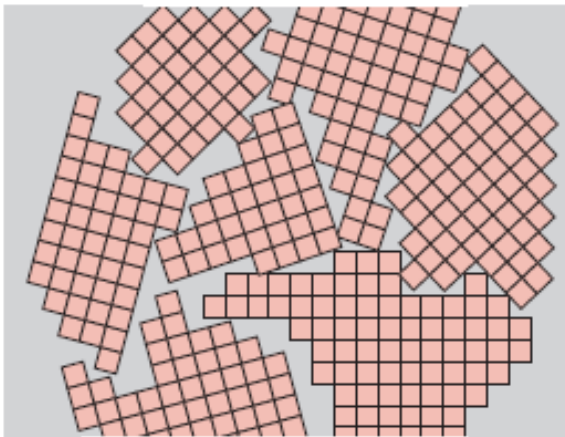
MATERIAL POLICRISTALINO



(a)



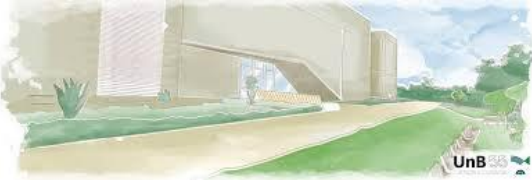
(b)



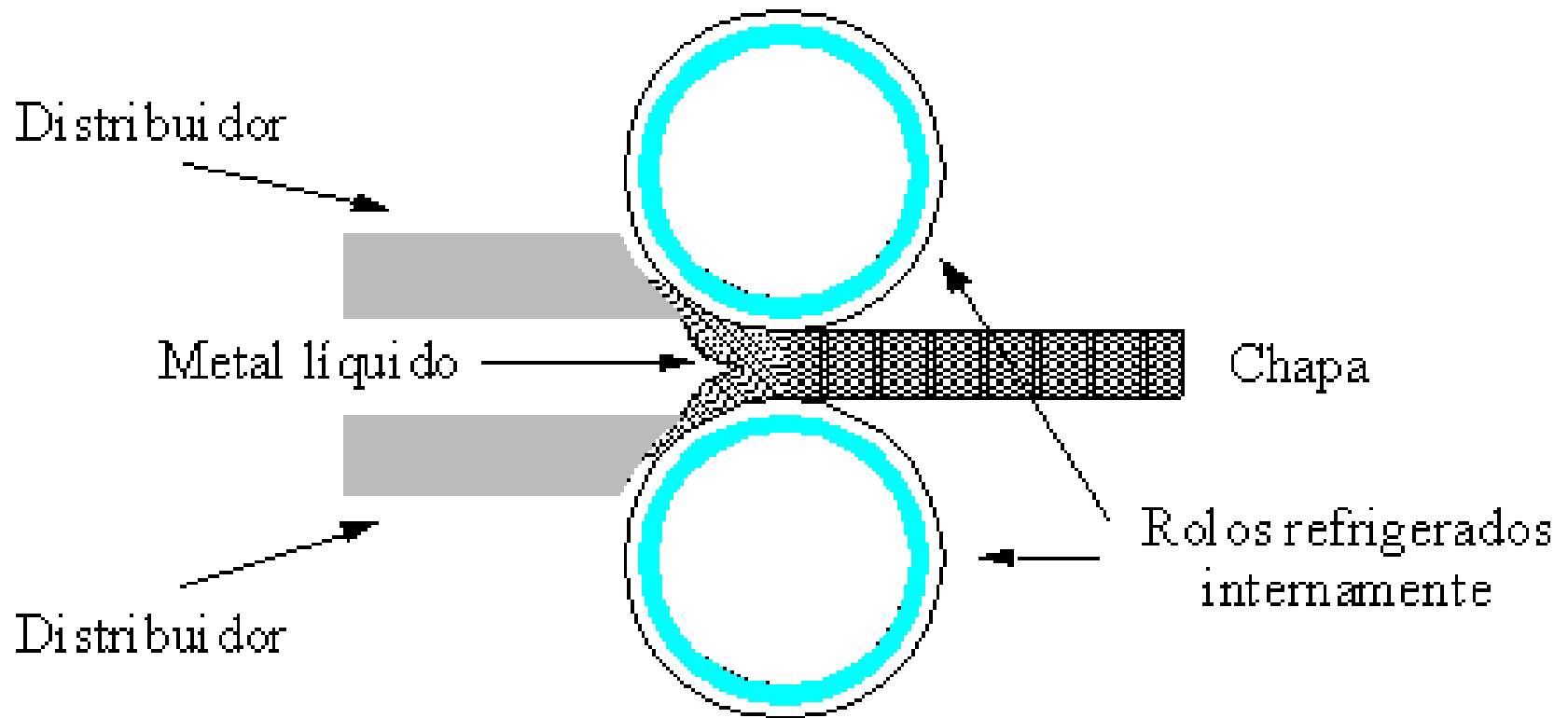
(c)

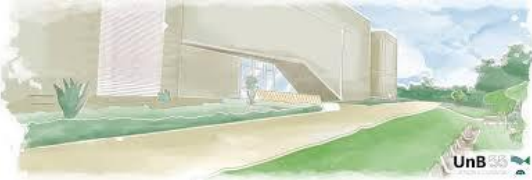


(d)

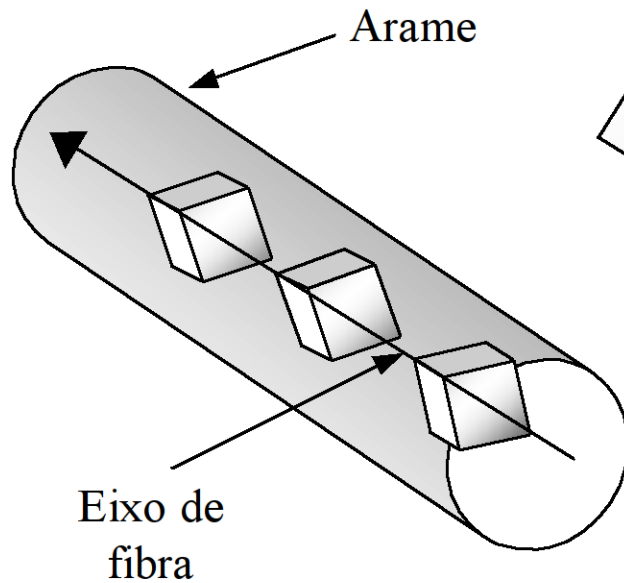


LAMINAÇÃO – “*ROLL-CASTING*”

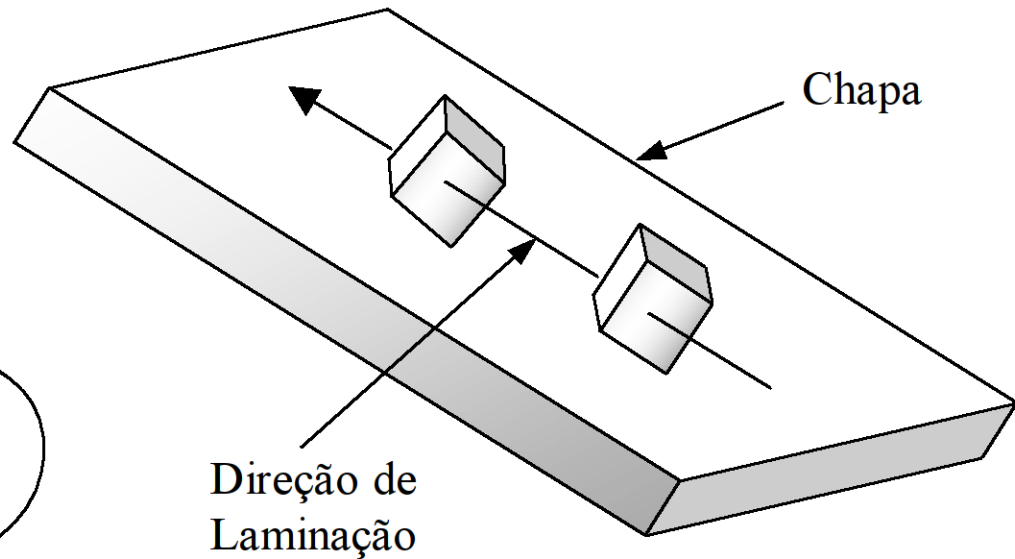




Texturas de deformação e de recristalização



(a) Fibra [100]



(b) Chapa {100} [112]