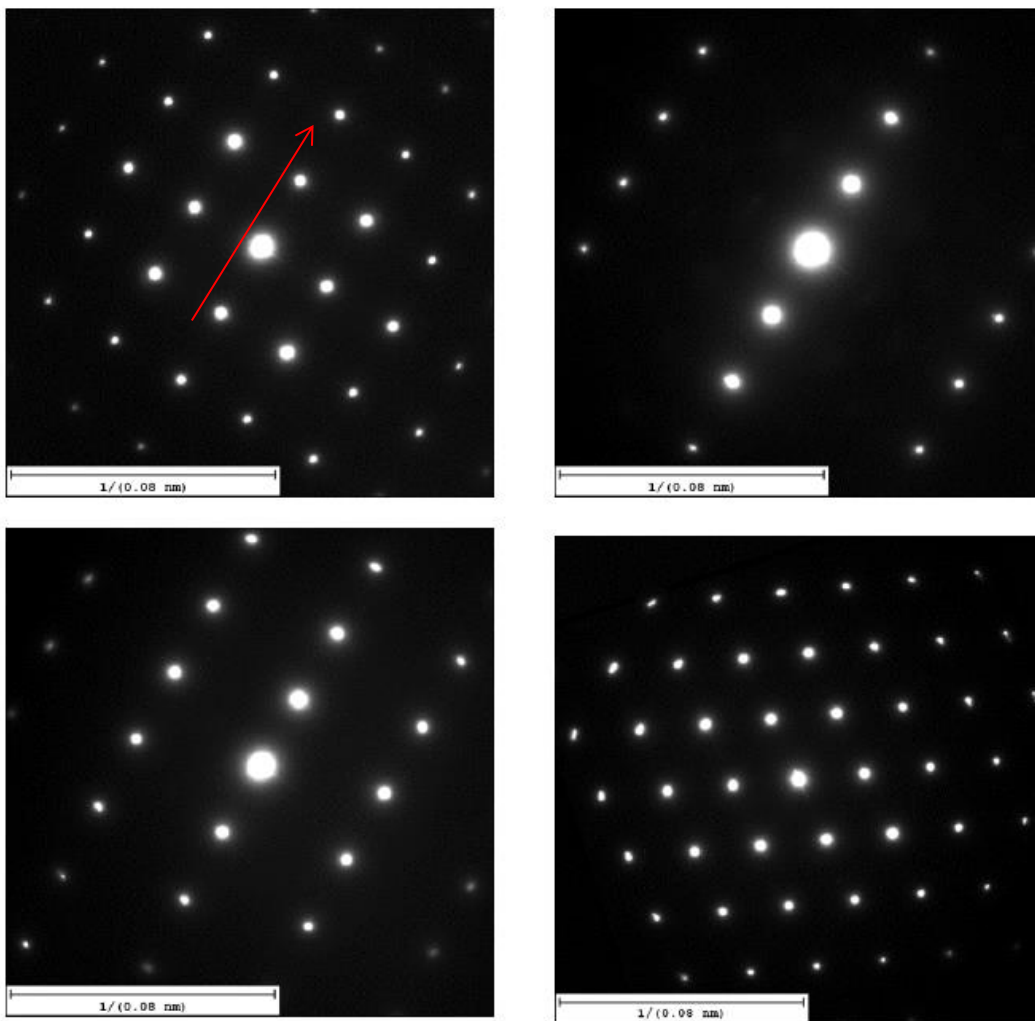


INTRODUÇÃO A CRISTALOGRAFIA APLICADA À DIFRAÇÃO DE ELÉTRONS PARA MATERIAIS SÓLIDOS

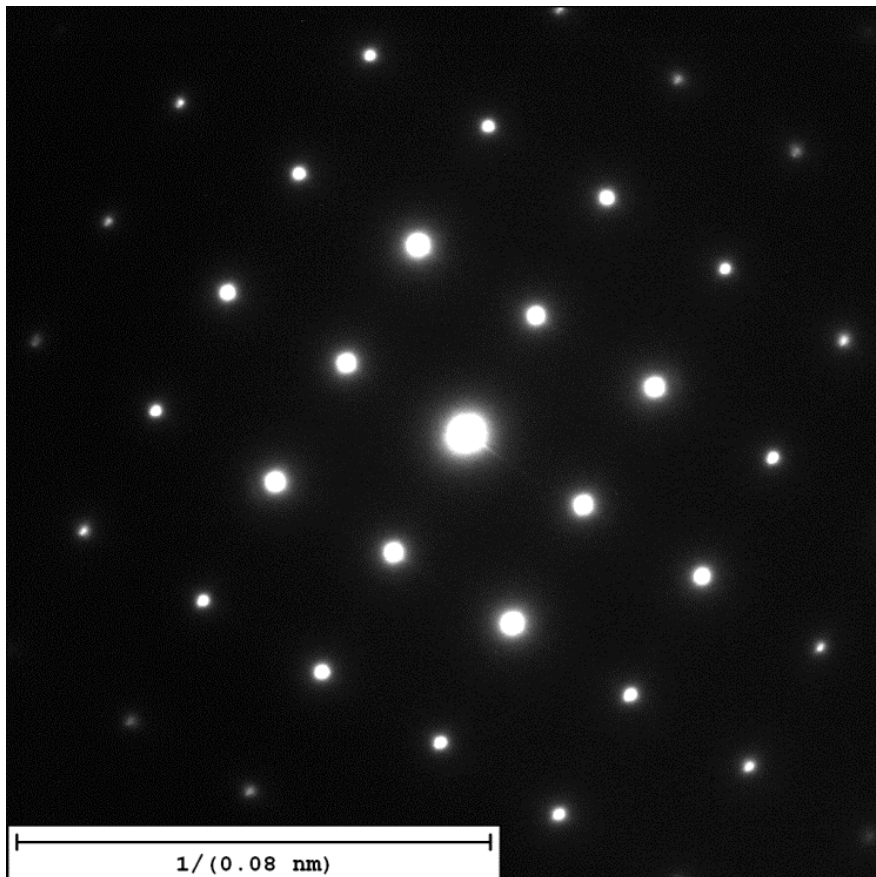
Aula 10 – “Padrões de difração de elétrons
de área selecionada_Parte 2”

Exercício - Indexando padrões de CaF_2



- Queremos indexar os 4 padrões ao lado. Os padrões de difração foram obtidos girando a amostra na direção dos spots como indicado pela seta.
- Vamos começar com o mais fácil (o de maior simetria ou com menores distâncias entre reflexões). Geralmente esses padrões são referentes as zonas de menores índices (zonas principais)

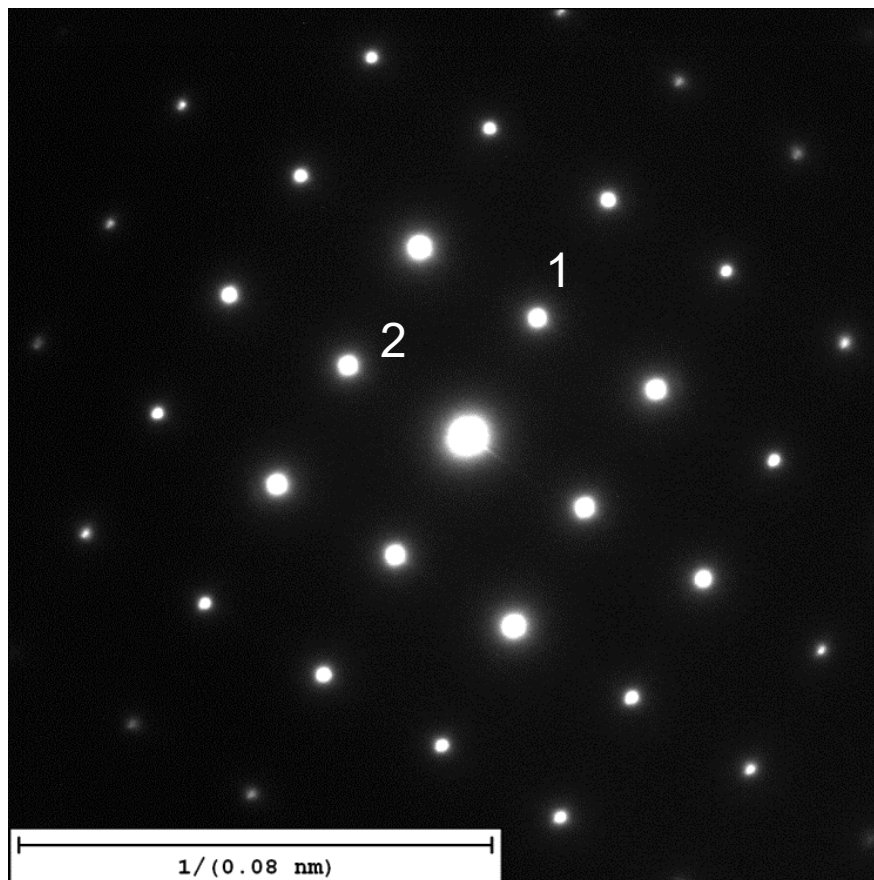
Exercício - Indexando padrões de CaF_2



- Vamos começar com esse padrão.
- Simetria aparente é 4-fold.
- Quais famílias de direções o 4-fold existe no sistema cúbico?

$-[001]$
 $-[011]$
 $-[111]$

Exercício - Indexando padrões de CaF_2



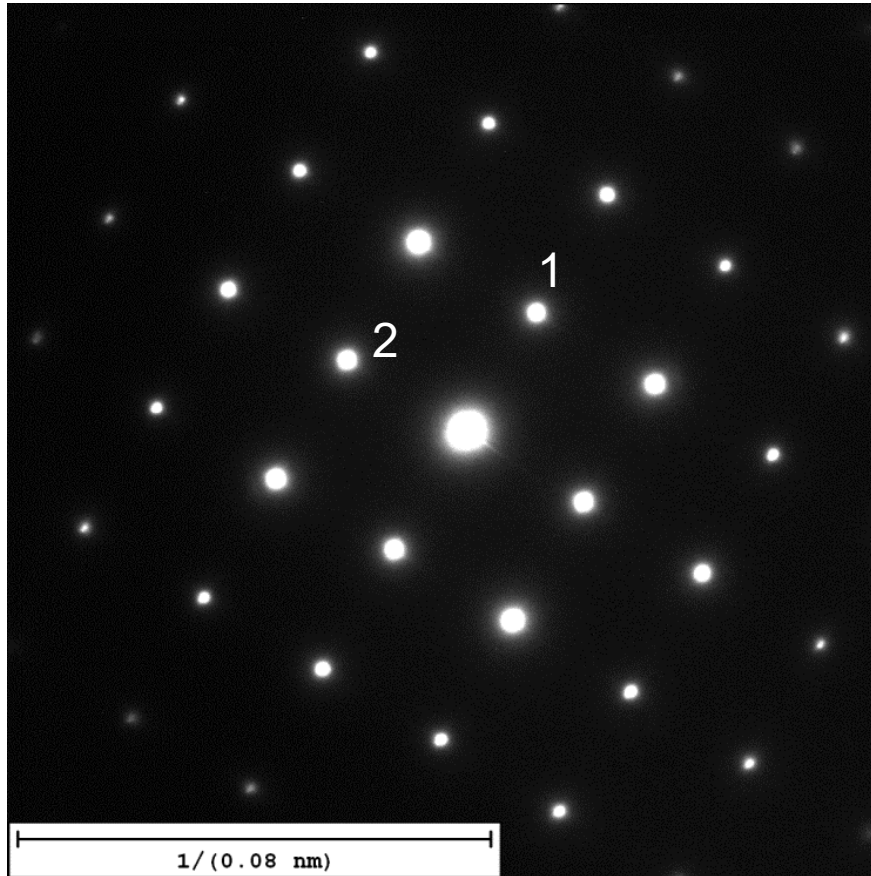
- Próximo passo:
- Qual a medida da distância interplanar das distâncias 1 e 2?

2,73 Å

Olhando na tabela:

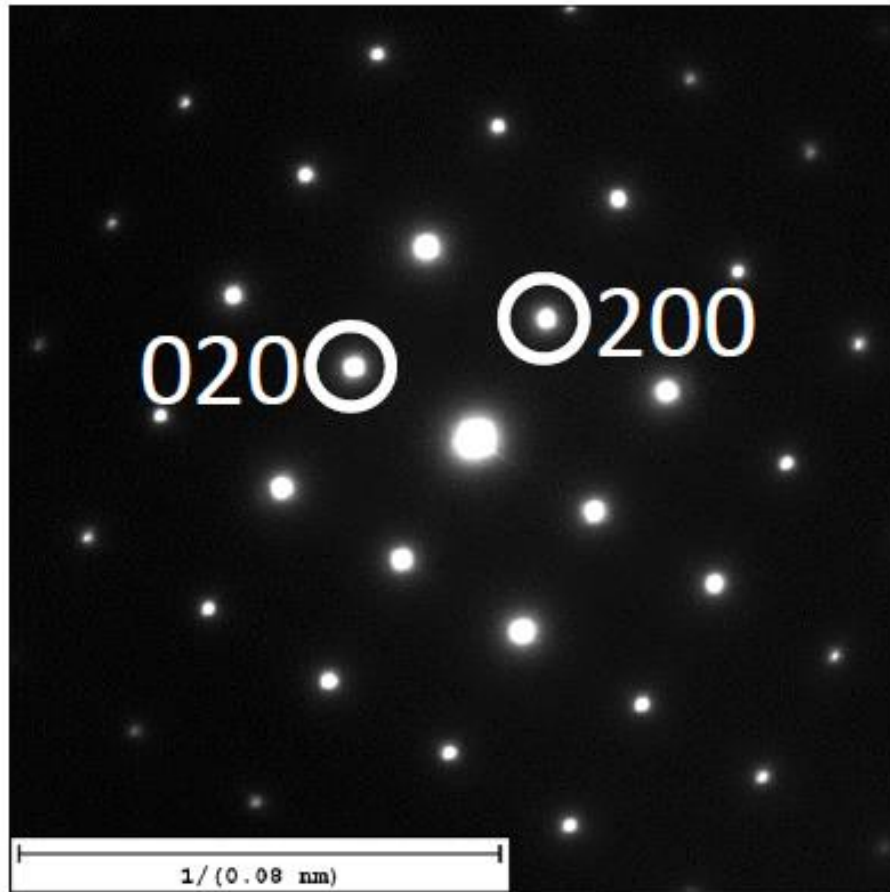
$hkl = 200$

Exercício - Indexando padrões de CaF_2



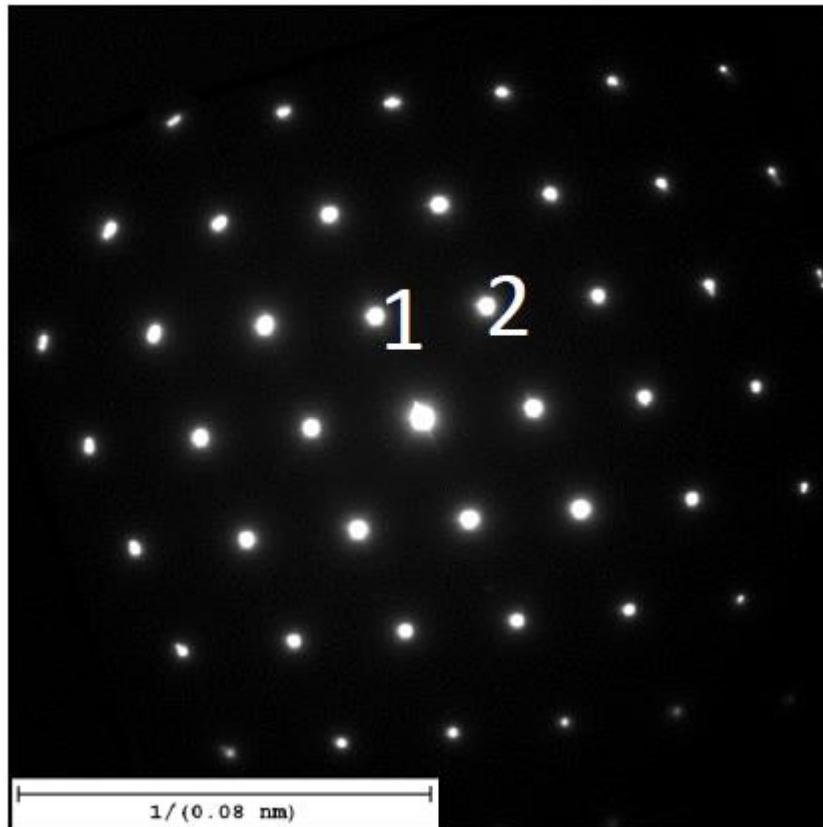
- Se ponto 1 for 200 então ponto 2 é 020 ou 002.
- Escolhemos um e mantemos essa escolha até o fim.

Exercício - Indexando padrões de CaF_2



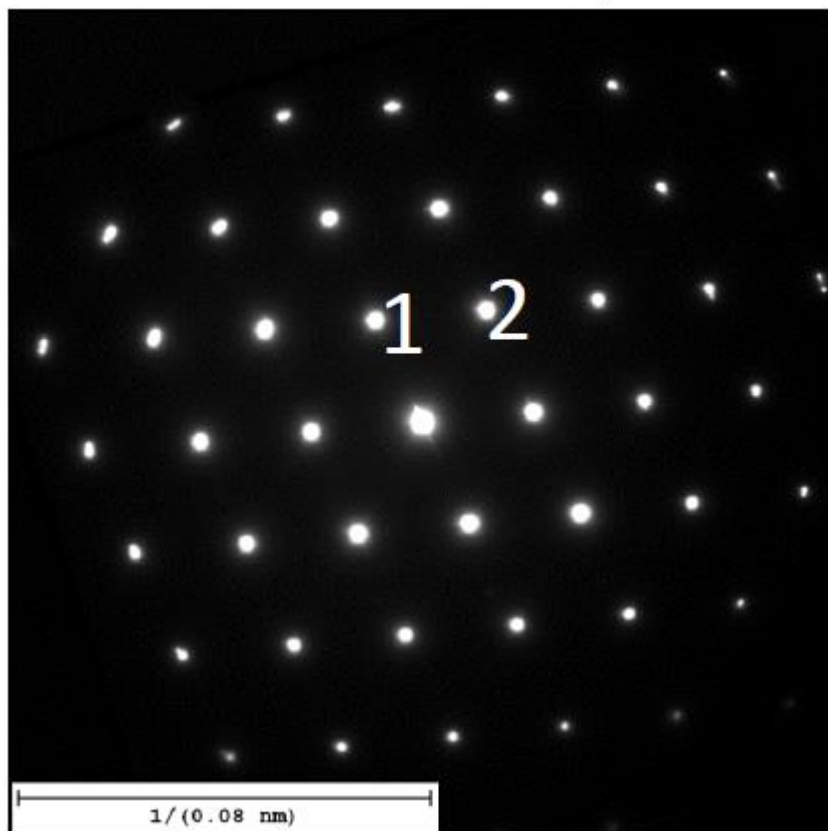
- Podemos escolher como ao lado.
- Qual o eixo de zona?
-[001]

Exercício - Indexando padrões de CaF_2



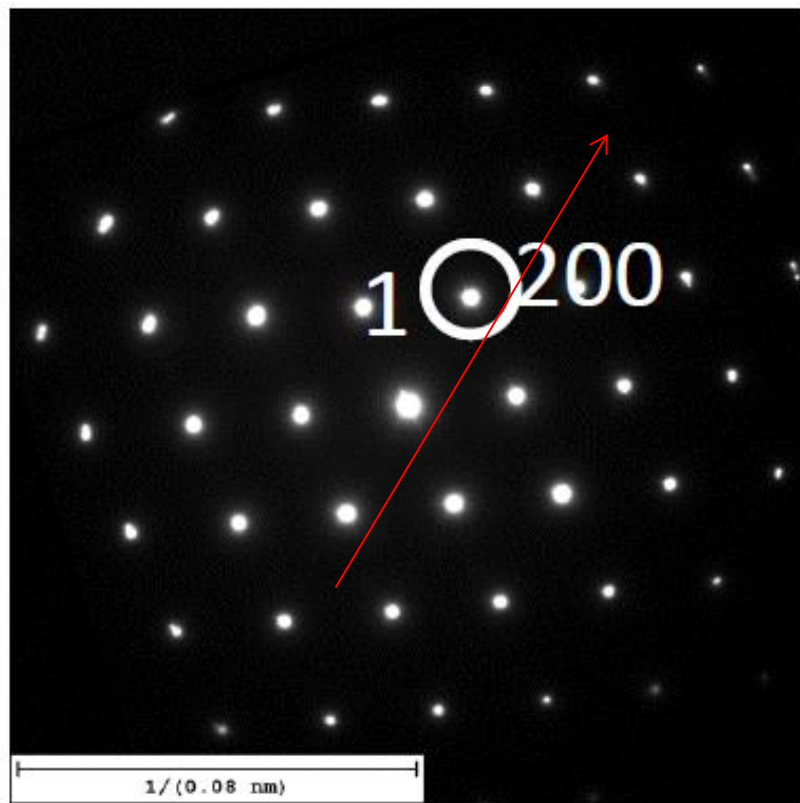
- Vamos para o próximo padrão de maior simetria.
- Medimos os valores de 1 e 2.
- $1 = 3,15 \text{ \AA}$
- $2 = 2,73 \text{ \AA}$
- Olhando a tabela:
- $1 \rightarrow 111$
- $2 \rightarrow 200$

Exercício - Indexando padrões de CaF_2



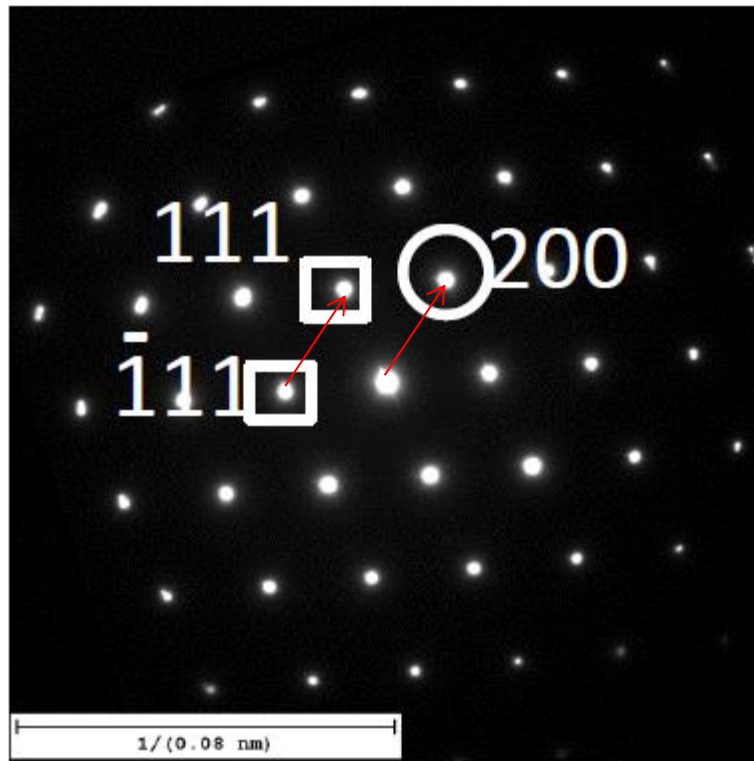
- Os planos da reflexão 2 pertencem a família 200, que podem ser 200,020 e -200.
- Qual o correto de escolher para a indexação ser consistente?

Exercício - Indexando padrões de CaF_2



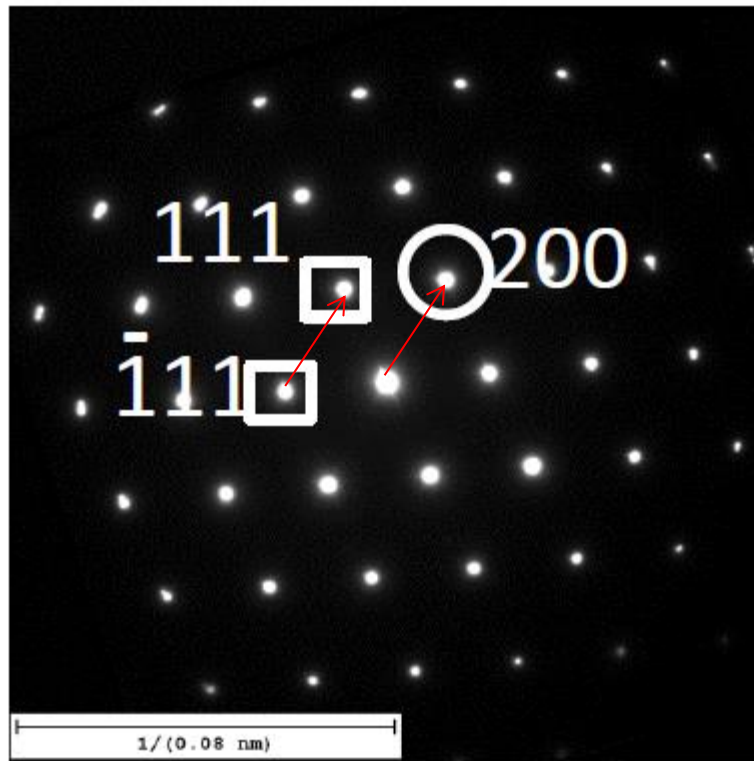
- Como foi dito no início do exercício, os padrões foram obtidos através de uma série de giros da amostra na direção dos spots como mostra a seta.
- Isso significa que os planos difratados nessa fileira de spots são os mesmos em todos os padrões. Logo a escolha correta é a mesma feita para o padrão anterior, isto é 200.
- Precisamos agora definir o ponto 1.

Exercício - Indexando padrões de CaF_2



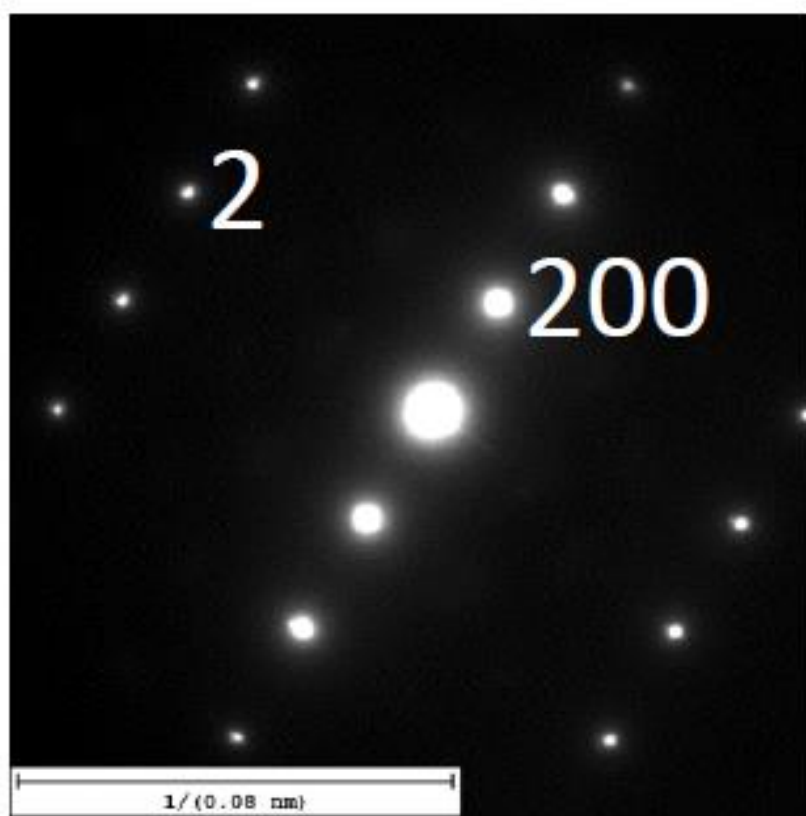
- O ponto 1 é (111) .
- Verifique se 111 é consistente (poderia ser outro da mesma família).
- Observe que se o ponto 1 fosse -111 , a indexação não seria consistente.

Exercício - Indexando padrões de CaF_2



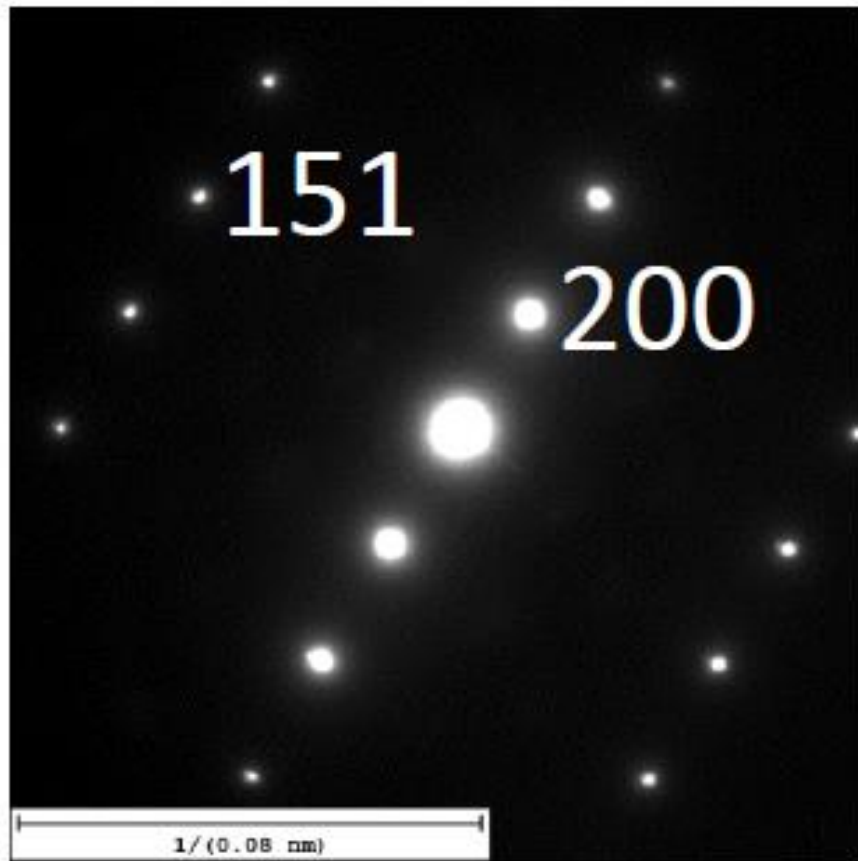
- Calcule o eixo de zona:
- $[0-11]$

Exercício - Indexando padrões de CaF_2



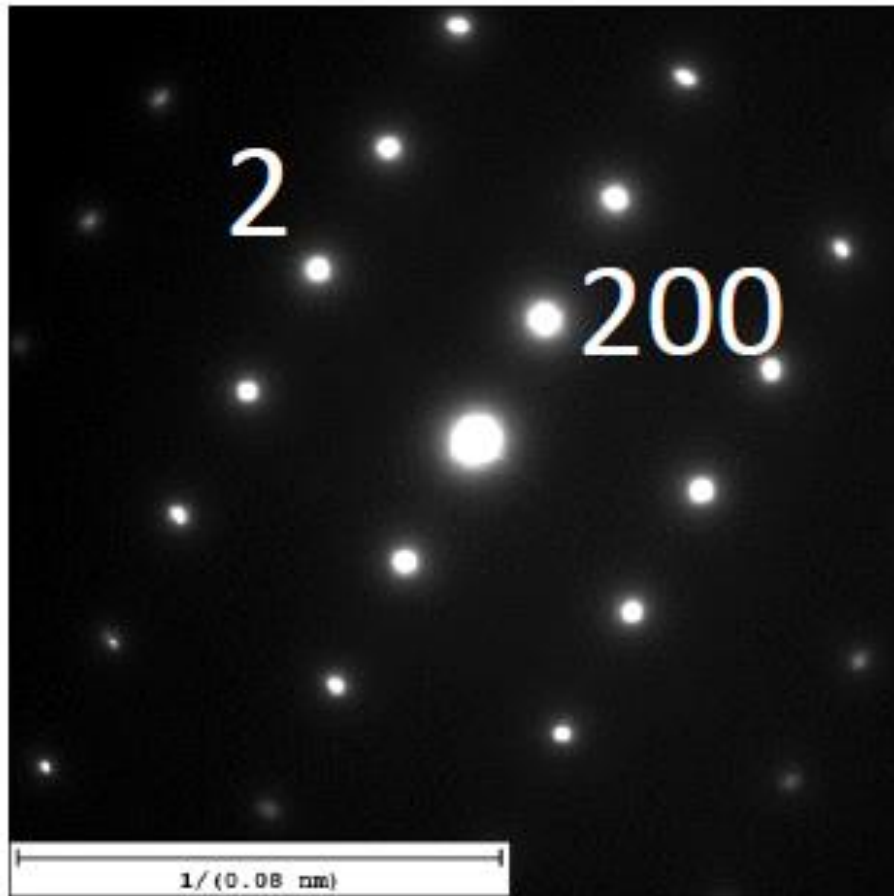
- Vamos analisar o próximo. Já sabemos que uma das reflexões é 200. Qual a outra?
- Reflexão 2 $\rightarrow d=1,05\text{\AA}$
- Pode ser família de planos 511 ou 333.
- Qual é? $\rightarrow$ família 511
- Indexamos como 151.

Exercício - Indexando padrões de CaF_2



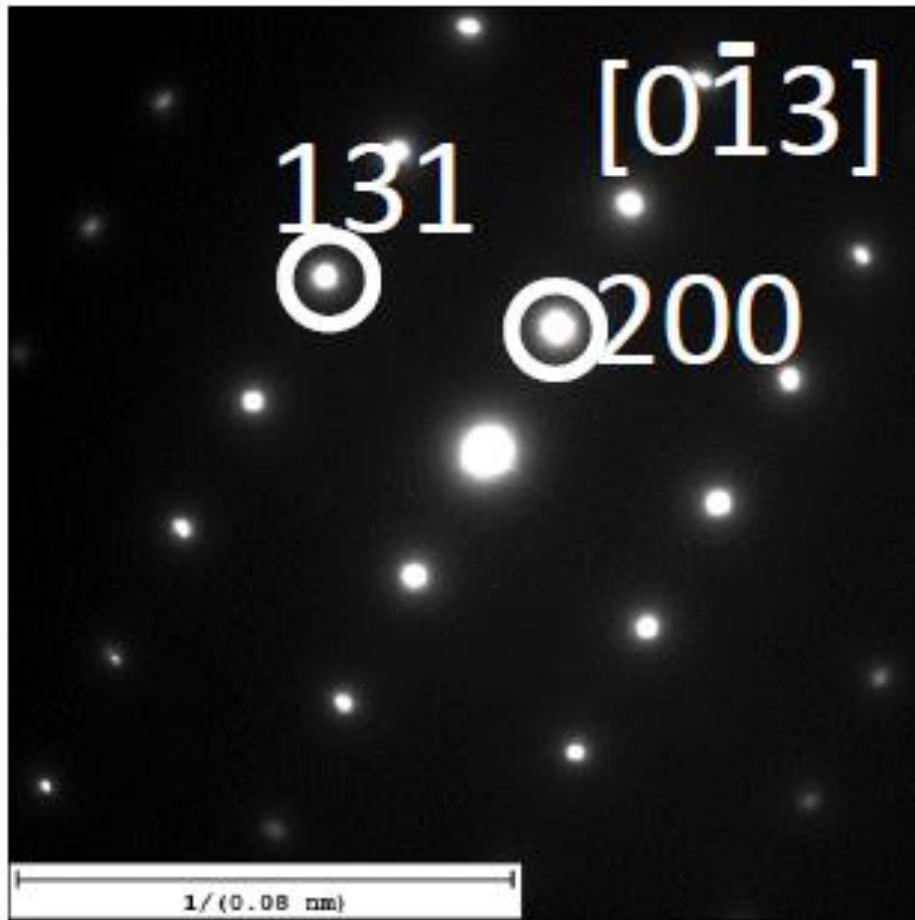
- Calcule o eixo de zona:
- $[0-15]$

Exercício - Indexando padrões de CaF_2



- Vamos analisar o último. Já sabemos que uma das reflexões é 200. Qual a outra?
- Reflexão 2 $\rightarrow d=1,65\text{\AA}$
- Pertence a família 311.
- Indexamos como 131.

Exercício - Indexando padrões de CaF_2

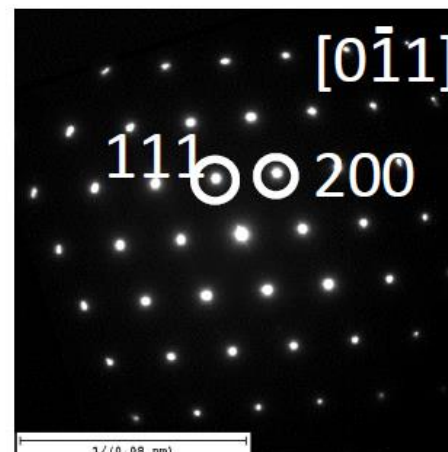
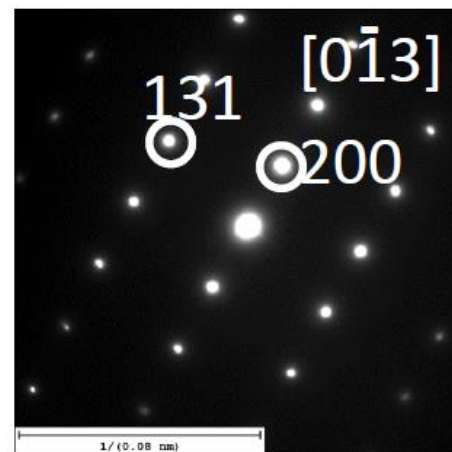
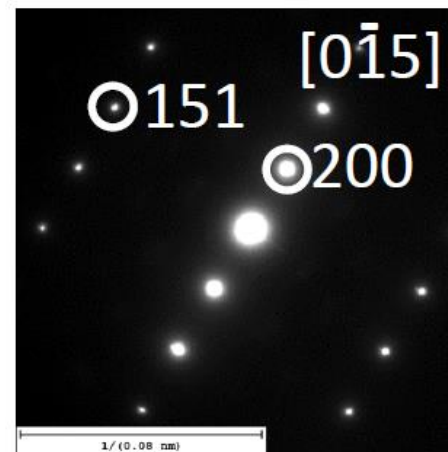
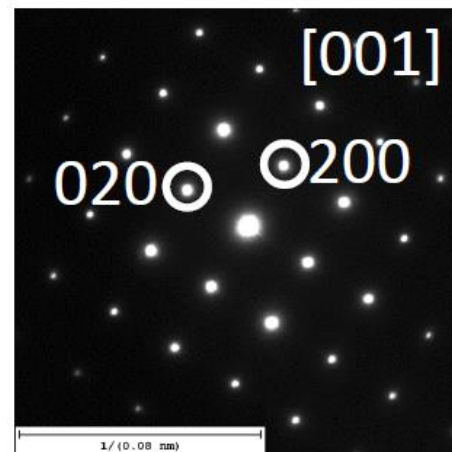


- Calcule o eixo de zona:

$[0-13]$

Exercício - Indexando padrões de CaF_2

- Pronto! 4 padrões indexados!



Sobre eixos de zona

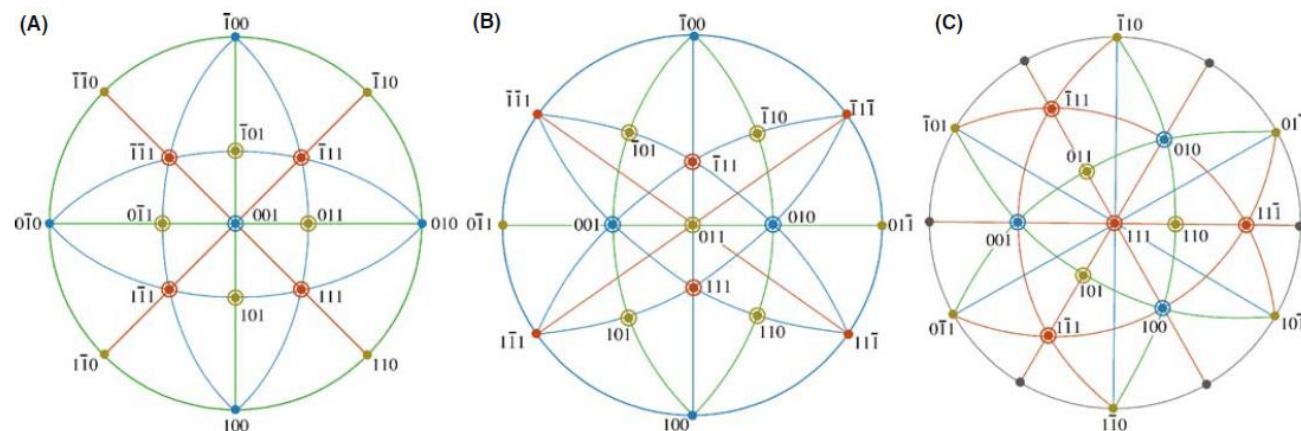
- Você também pode checar a consistência de sua indexação usando a Weiss Zone Law. Ela vale para difração na ZOLZ (zero order Laue zone).

WEISS ZONE LAW

Check the consistency of your indexing using the Weiss zone law. Each hkl reflection must lie in the $[UVW]$ zone, i.e., $hU + kV + lW = 0$.

Sobre eixos de zona

- Lembre da projeção estereográfica. Um eixo de zona $[UVW]$ está sempre a 90° da normal de um plano hkl que esteja em sua zona.
- O ângulo entre 2 planos é o ângulo entre suas normais.
- $[UVW]$ é a direção do feixe de elétrons. Se $[UVW]$ estiver no centro de uma projeção estereográfica, as reflexões hkl estarão na circunferência externa dessa projeção

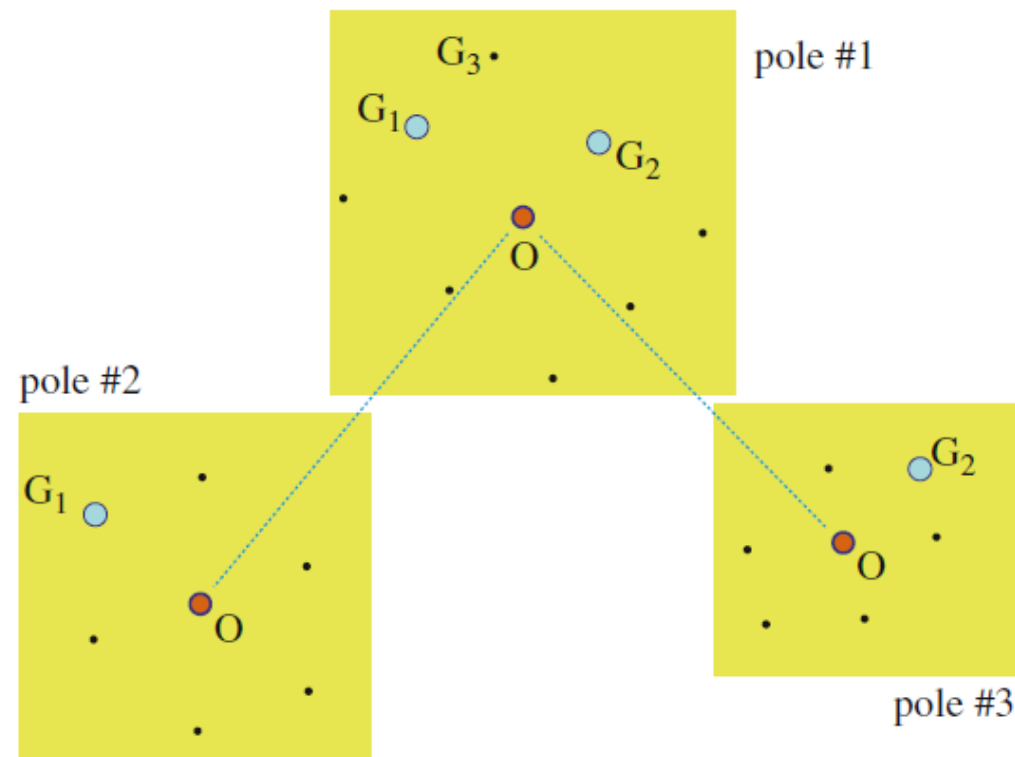


Sobre eixos de zona

- Podemos calcular o ângulo entre eixos de zona usando as equações para cálculo de ângulos entre direções nos diferentes sistemas cristalinos (lembre do tensor métrico). Ou de forma alternativa, podemos usar softwares para fazer esses cálculos.
- Assim, por exemplo, se estou no microscópio observando o eixo de zona $[001]$ em um cristal cúbico, se quiser ir até o eixo de zona $[111]$ terei que inclinar minha amostra um total de $54,7^\circ$.

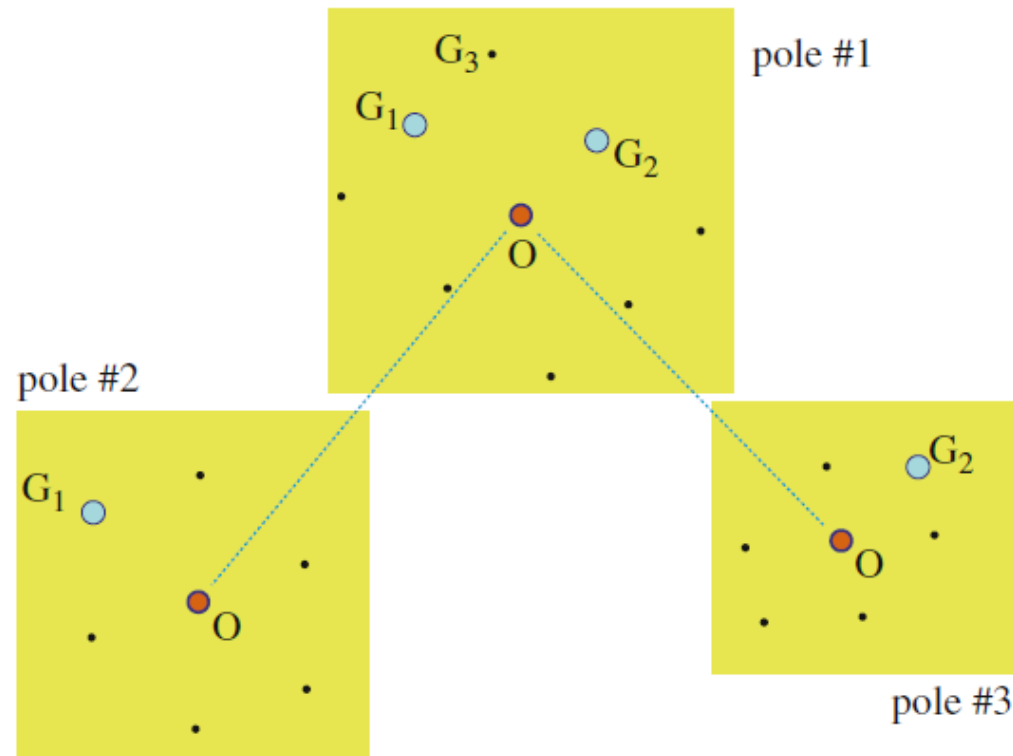
Sobre eixos de zona

- É interessante obtermos padrões de difração em mais de um eixo de zona. Podemos fazer isso, girando a amostra em determinadas orientações com relação as reflexões.



Sobre eixos de zona

- Quando realizamos esse procedimento, devemos guardar os ângulos alfa e beta (dados do microscópio) e com eles podemos calcular o ângulo entre os eixos de zona (arquivo excel no moodle).

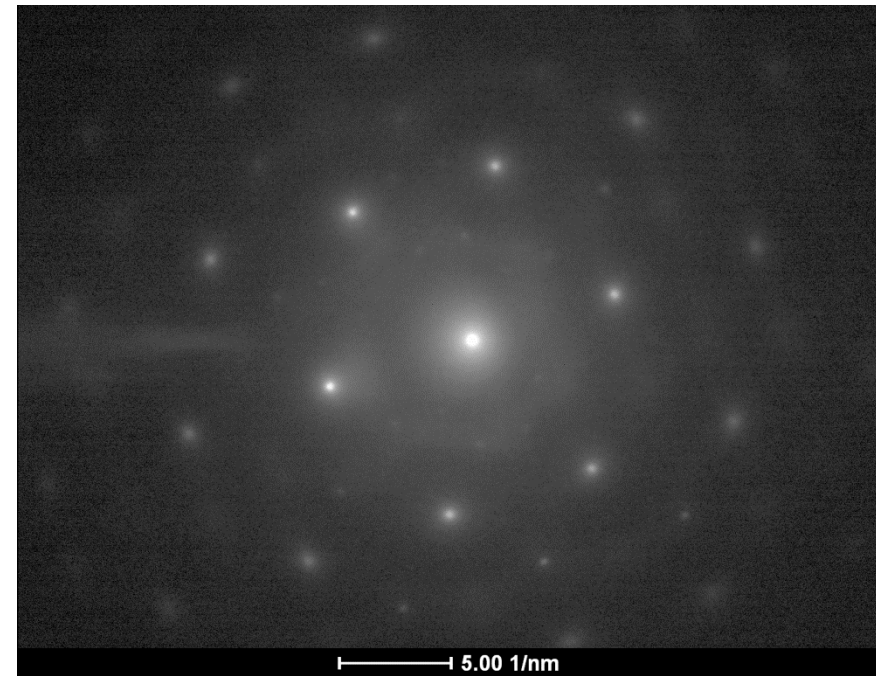
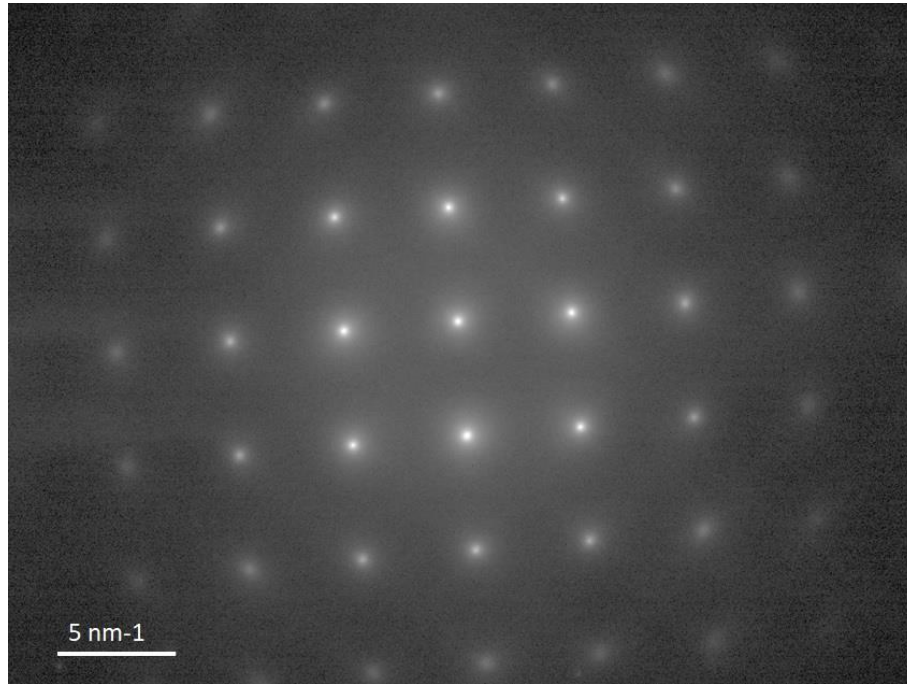


Indexando SAED

- Usando a razão entre reflexões principais e o ângulo entre elas.
- Usando Software JEMS.

Indexando SAED

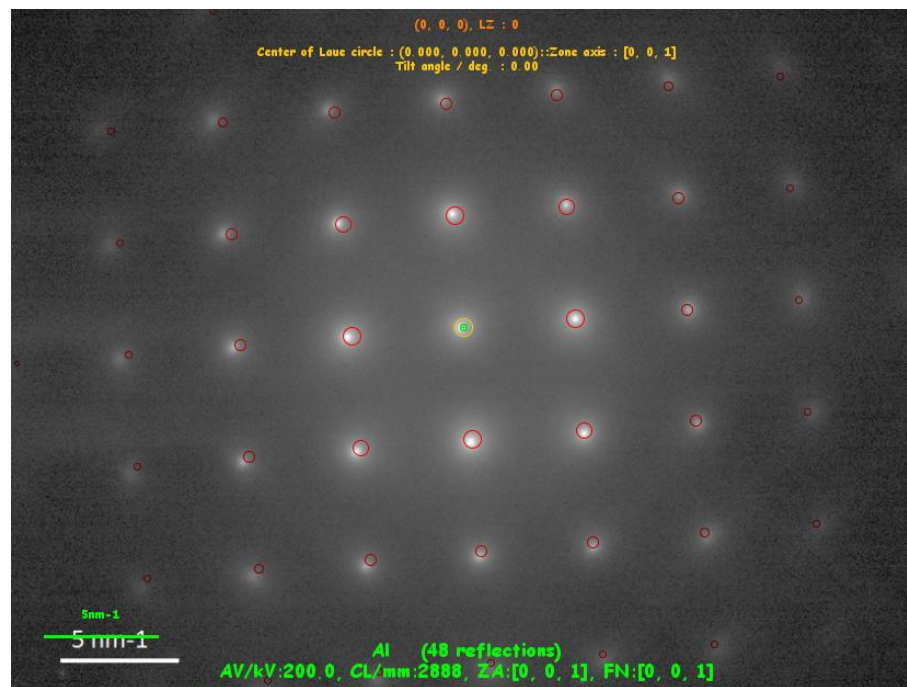
Ex: Al - usando o JEMS



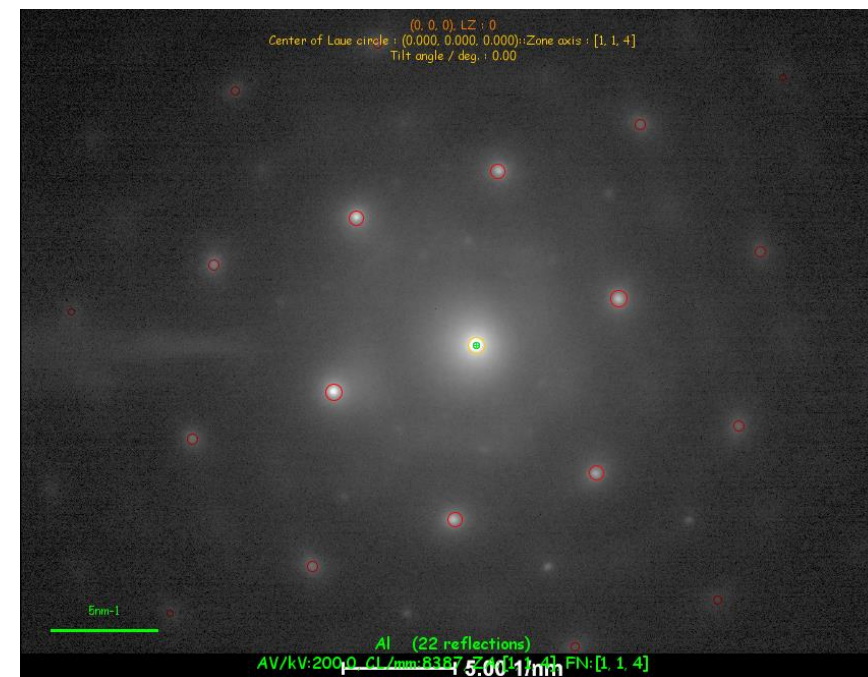
Indexando SAED

Ex: Al - usando o JEMS

[001]



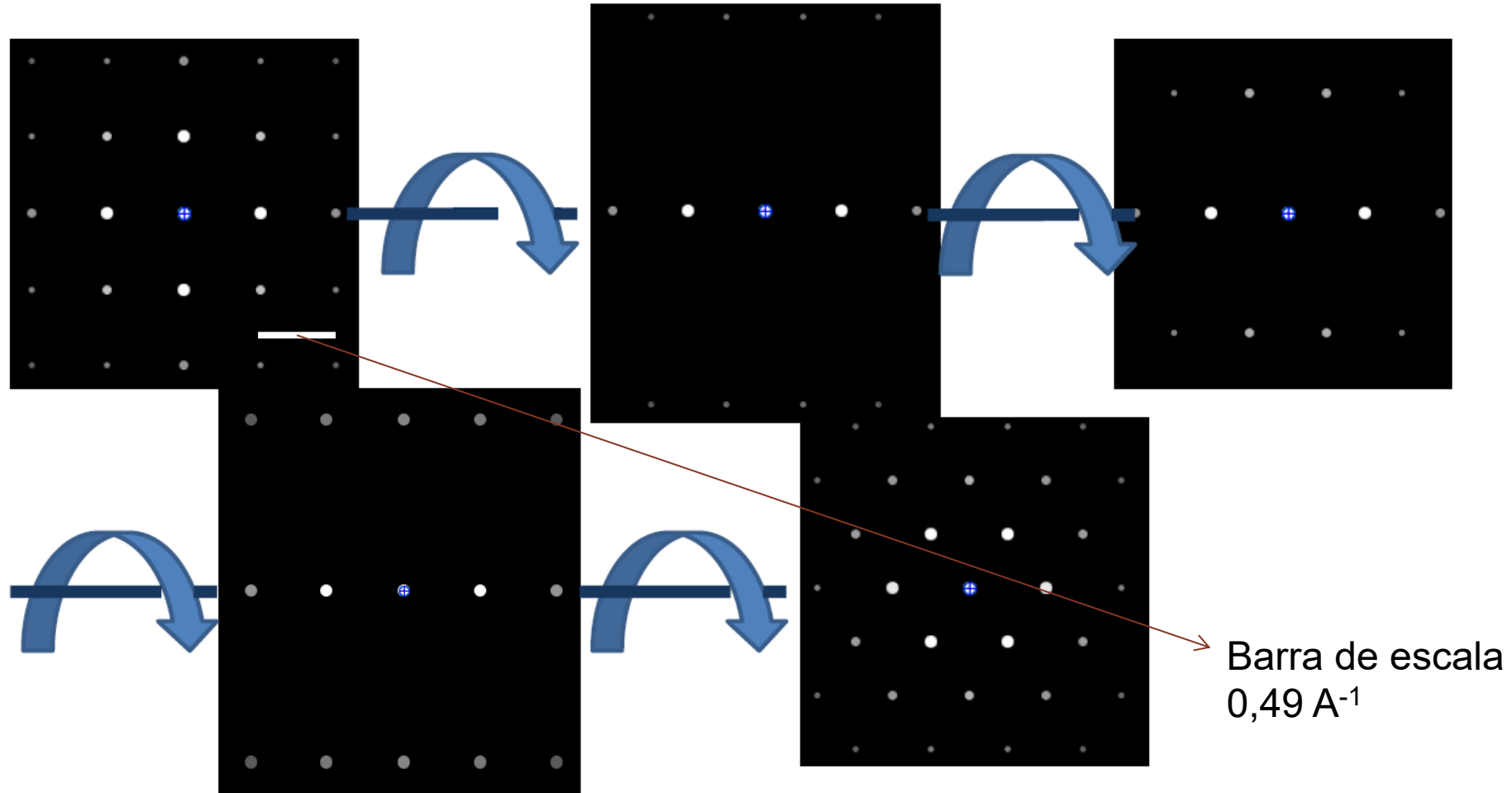
[114]



Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centrimento (F, I, etc)

- Vamos supor que não sabemos qual tipo de rede de Bravais uma fase possui, mas vamos supor que sabemos que é cúbica.
- Vamos também tentar definir possíveis grupos espaciais que essa fase possa fazer parte.

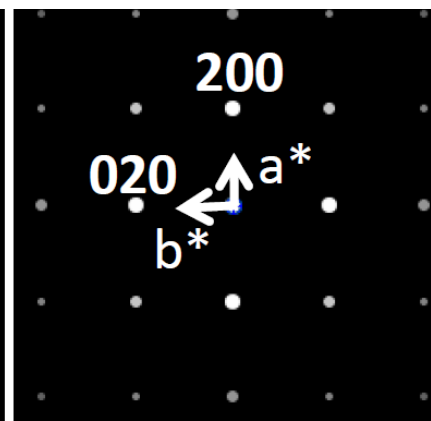
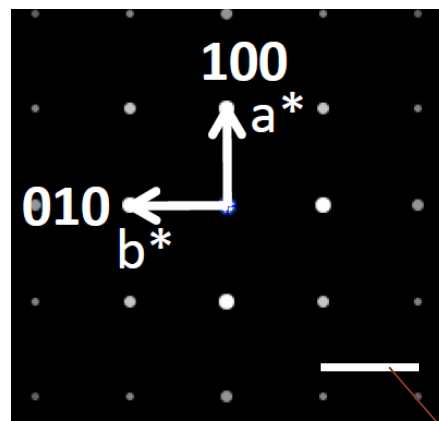
Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centramento (F, I, etc)



Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centrimento (F, I, etc)

- Sabemos que a fase é cúbica mas pode ser primitiva, face centrada ou corpo centrado.

Primitivo
todos planos
podem difratar.



FCC

h, k, l todos pares ou
todos ímpares

$h, k, 0 \rightarrow h=2n$ e $k=2n$
(consequência)

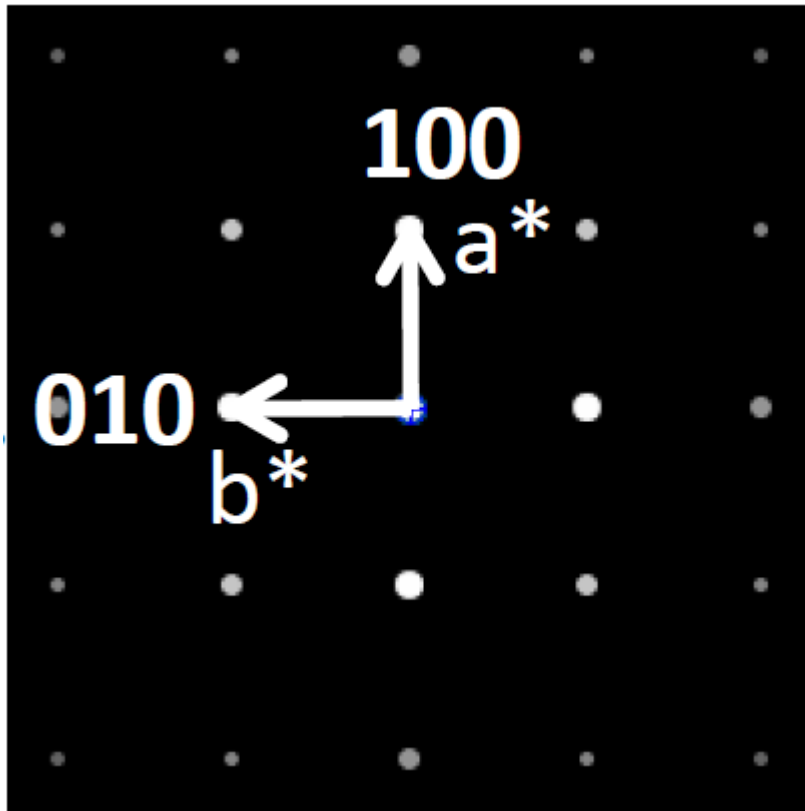
BCC
 $h+k+l=2n$



Barra de escala
 $0,49 \text{ \AA}^{-1}$

Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centrimento (F, I, etc)

- Vamos começar com o primeiro (seria primitivo).



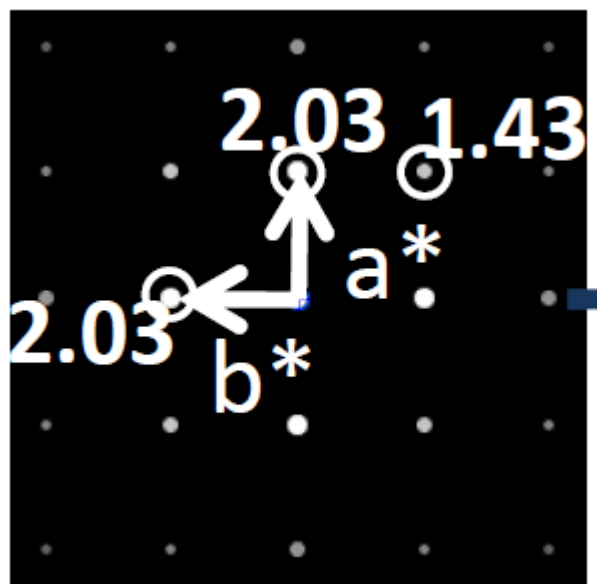
Medimos o valor de a^* e b^* e consequentemente determinamos os parâmetros de rede da célula.

Depois checamos se podemos indexar os outros padrões de forma consistente.

(em um caso real, teremos a barra de escala para fazer as medidas).

Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centrimento (F, I, etc)

- Calculando os espaçamentos interplanares das reflexões.



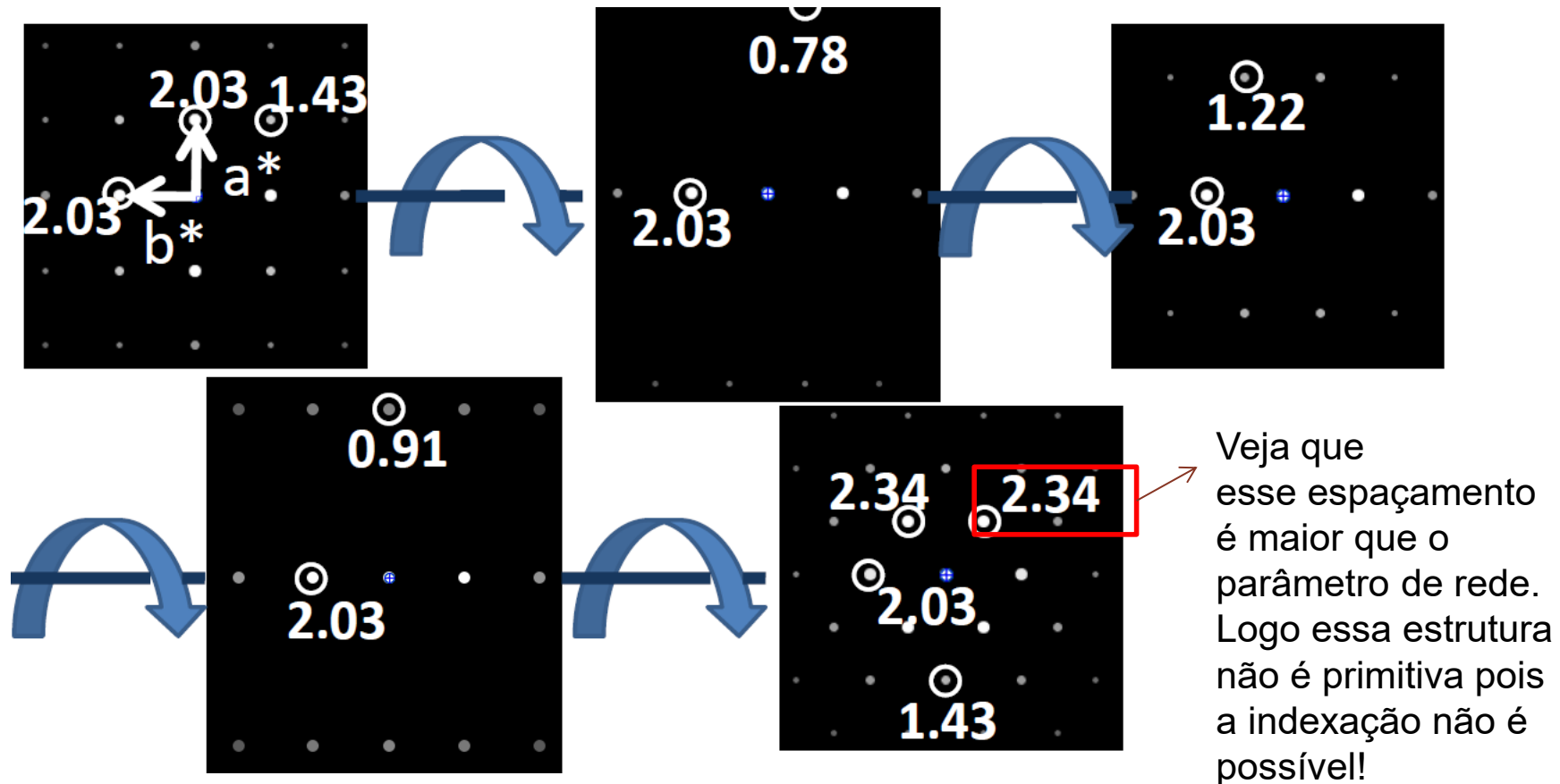
Primeiro calculamos a^* e então $a=1/a^*$

$a=2,03$ Å (se essa célula for primitiva)

Vamos agora medir os espaçamentos dos outros padrões de difração.

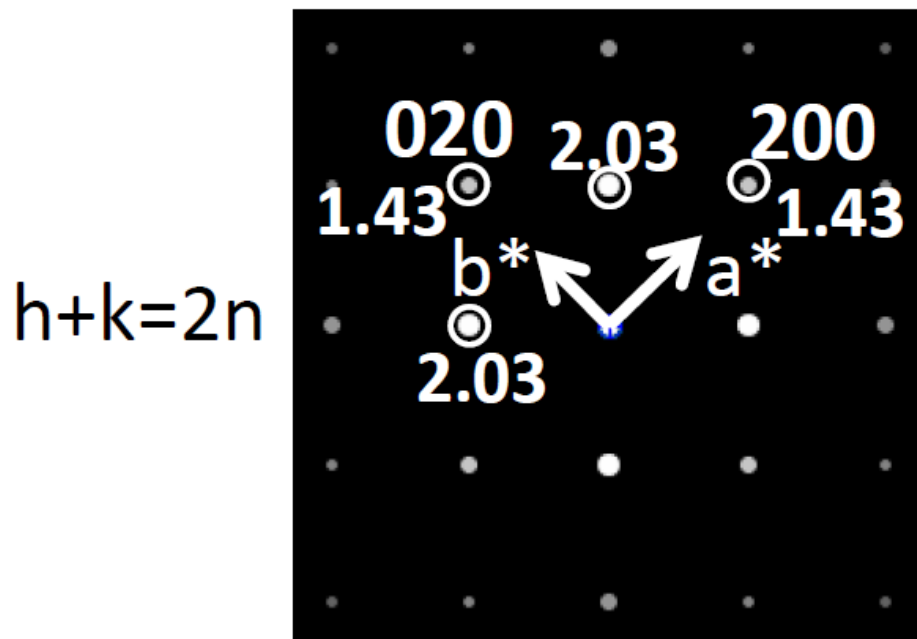
Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centrimento (F, I, etc)

- Calculando os espaçamentos interplanares das reflexões.



Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centrimento (F, I, etc)

- Vamos supor agora que a fase seja de corpo centrado.



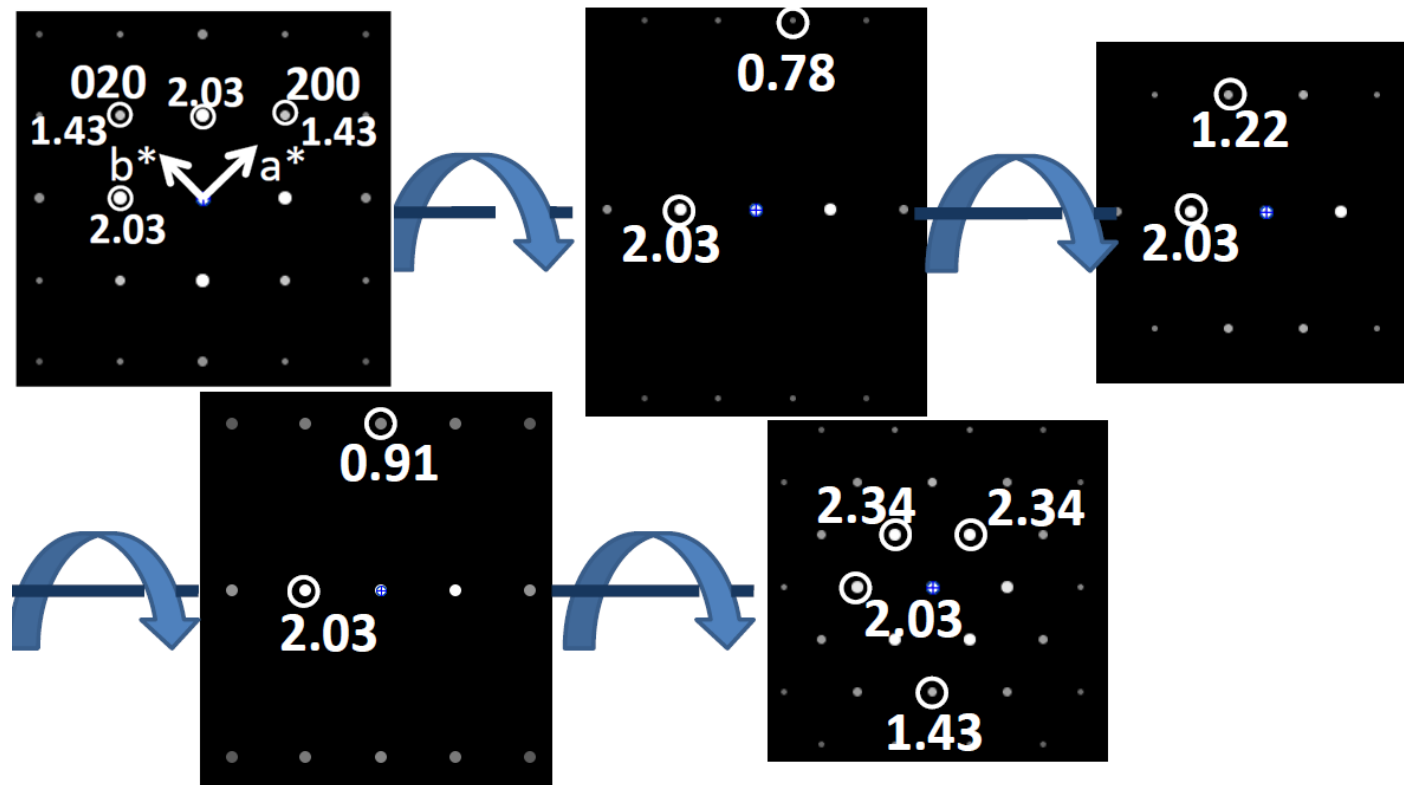
Medimos o valor de a^* e b^* e consequentemente determinamos os parâmetros de rede da célula.

Nesse caso, $a=2,86 \text{ \AA}$

Depois checamos se podemos indexar os outros padrões de forma consistente.

Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centrimento (F, I, etc)

- Vamos supor agora que a fase seja de corpo centrado.

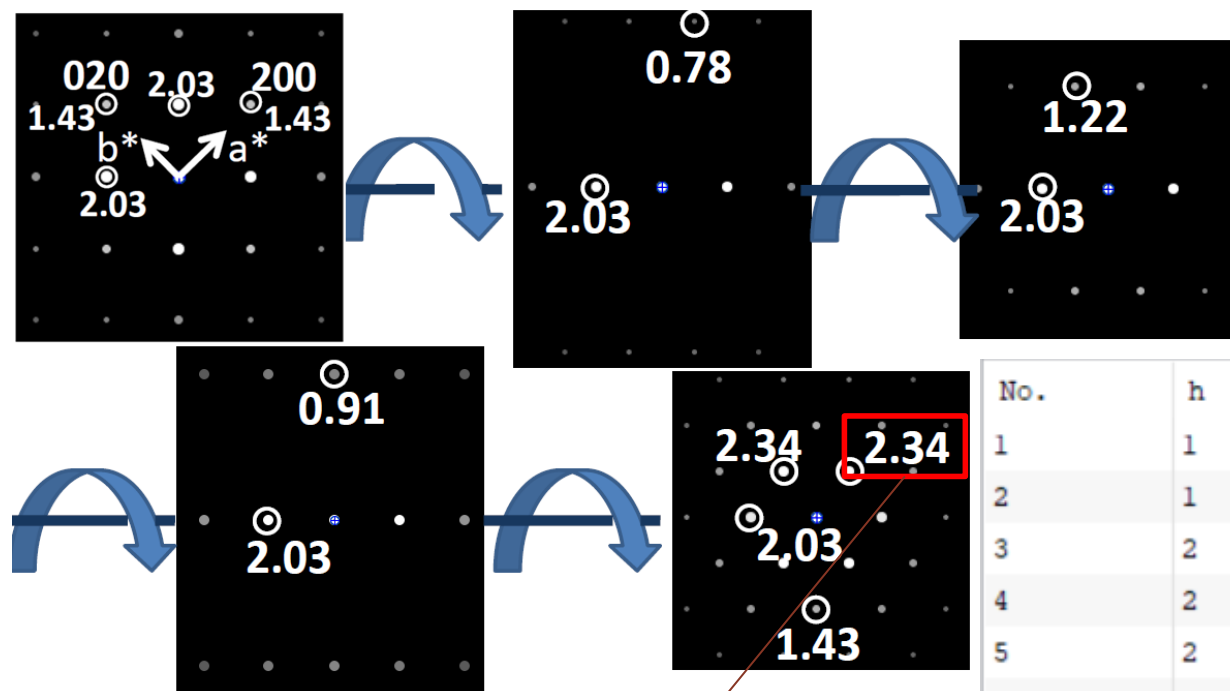


nosso cristal seria cúbico com centrimento do tipo "I" e $a=2,86\text{\AA}$.

Podemos calcular lista de dhkl dessa estrutura usando um software (VESTA, JEMS..)

Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centrimento (F, I, etc)

- Vamos supor agora que a fase seja de corpo centrado.

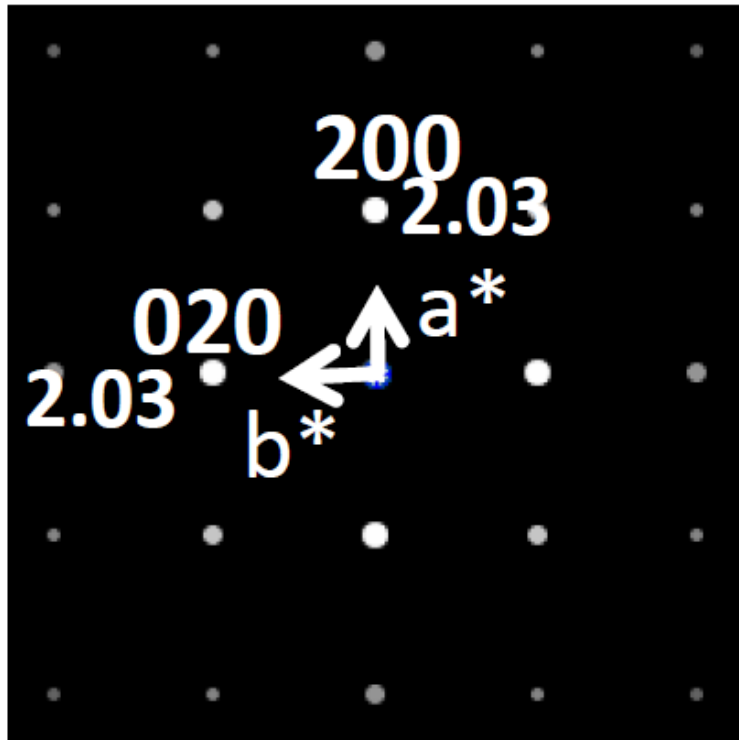


Não tem reflexão para essa estrutura com esse espaçamento. Logo, nossa estrutura não é de corpo centrado.

No.	h	k	l	d (Å)
1	1	1	0	2.02233
2	1	1	0	2.02233
3	2	0	0	1.43000
4	2	0	0	1.43000
5	2	1	1	1.16759
6	2	1	1	1.16759
7	2	2	0	1.01116
8	2	2	0	1.01116
9	3	1	0	0.90441
10	3	1	0	0.90441

Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centramento (F, I, etc)

- Vamos para a última possibilidade (face centrada).



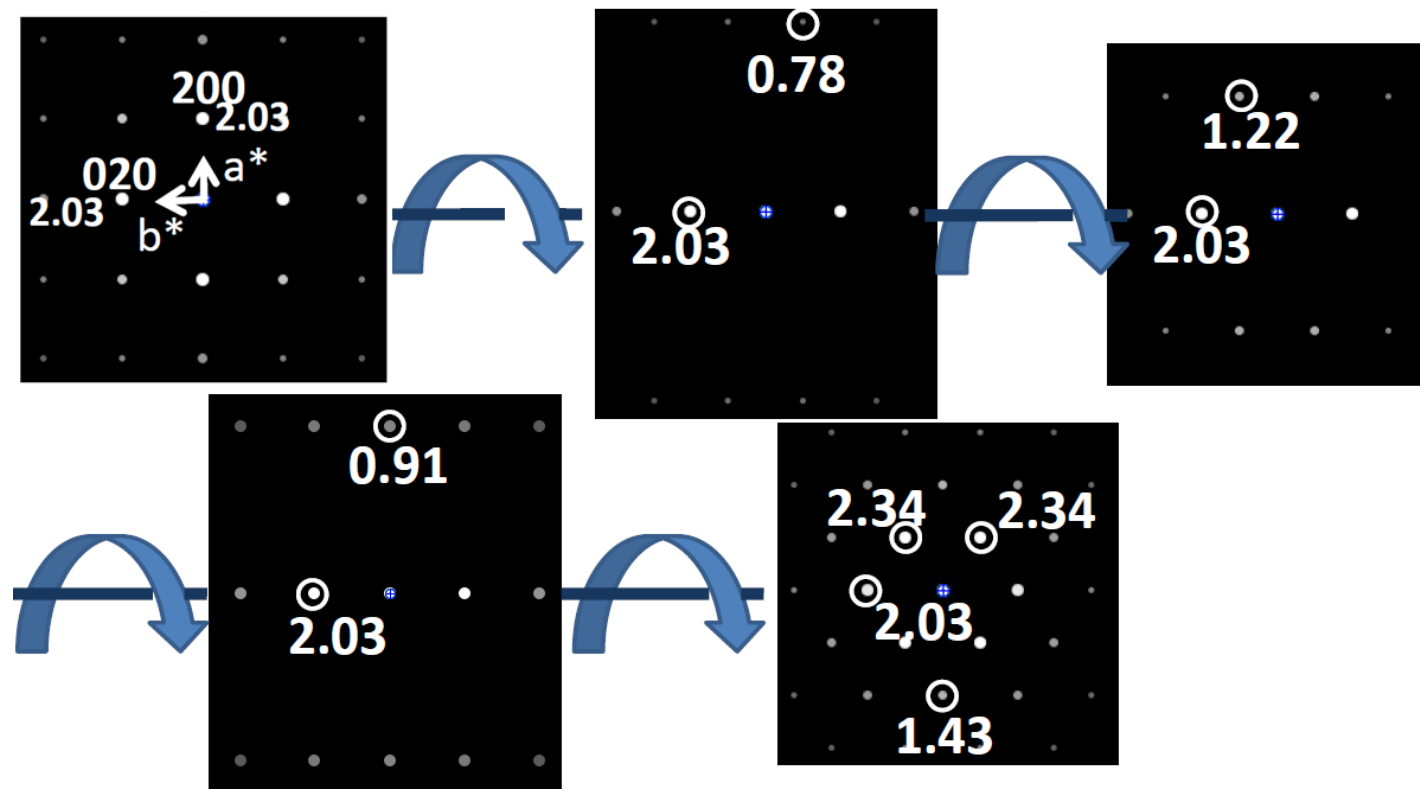
Medimos o valor de a^* e b^* e consequentemente determinamos os parâmetros de rede da célula.

Nesse caso, $a=4,06 \text{ \AA}$

Depois checamos se podemos indexar os outros padrões de forma consistente.

Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centramento (F, I, etc)

- Vamos para a última possibilidade (face centrada).

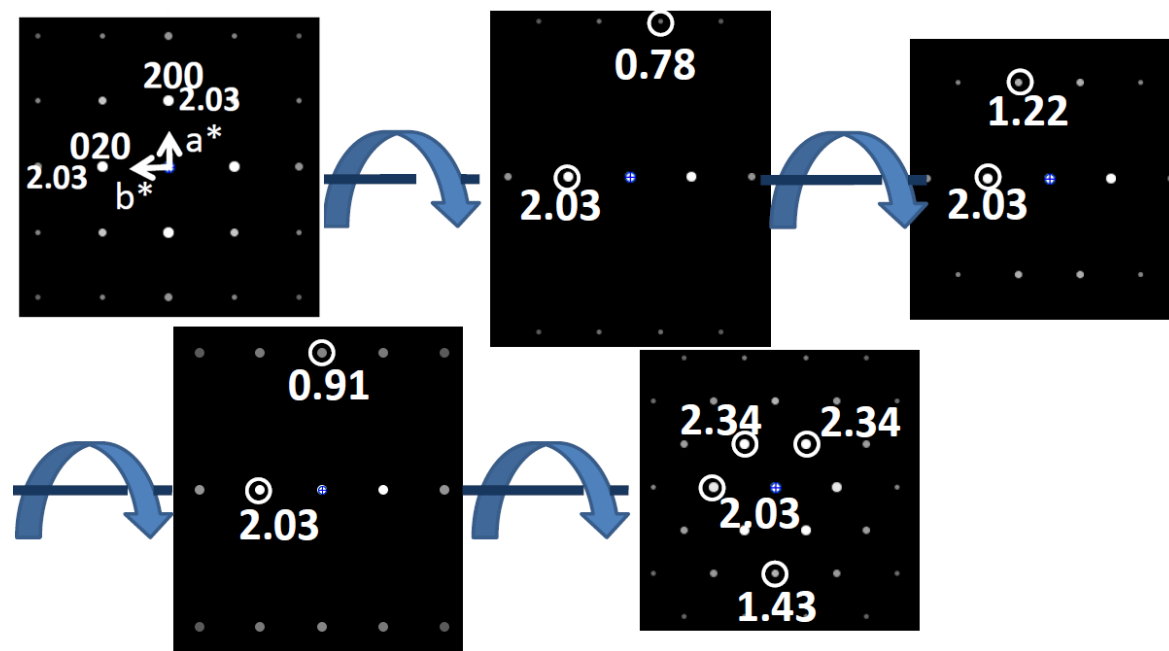


nosso cristal
seria cúbico com
centramento do
tipo "F" e $a=4,06\text{\AA}$.

Podemos calcular
lista de $dhkl$ dessa
estrutura usando
um software
(VESTA, JEMS..)

Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centrimento (F, I, etc)

- Vamos para a última possibilidade (face centrada).

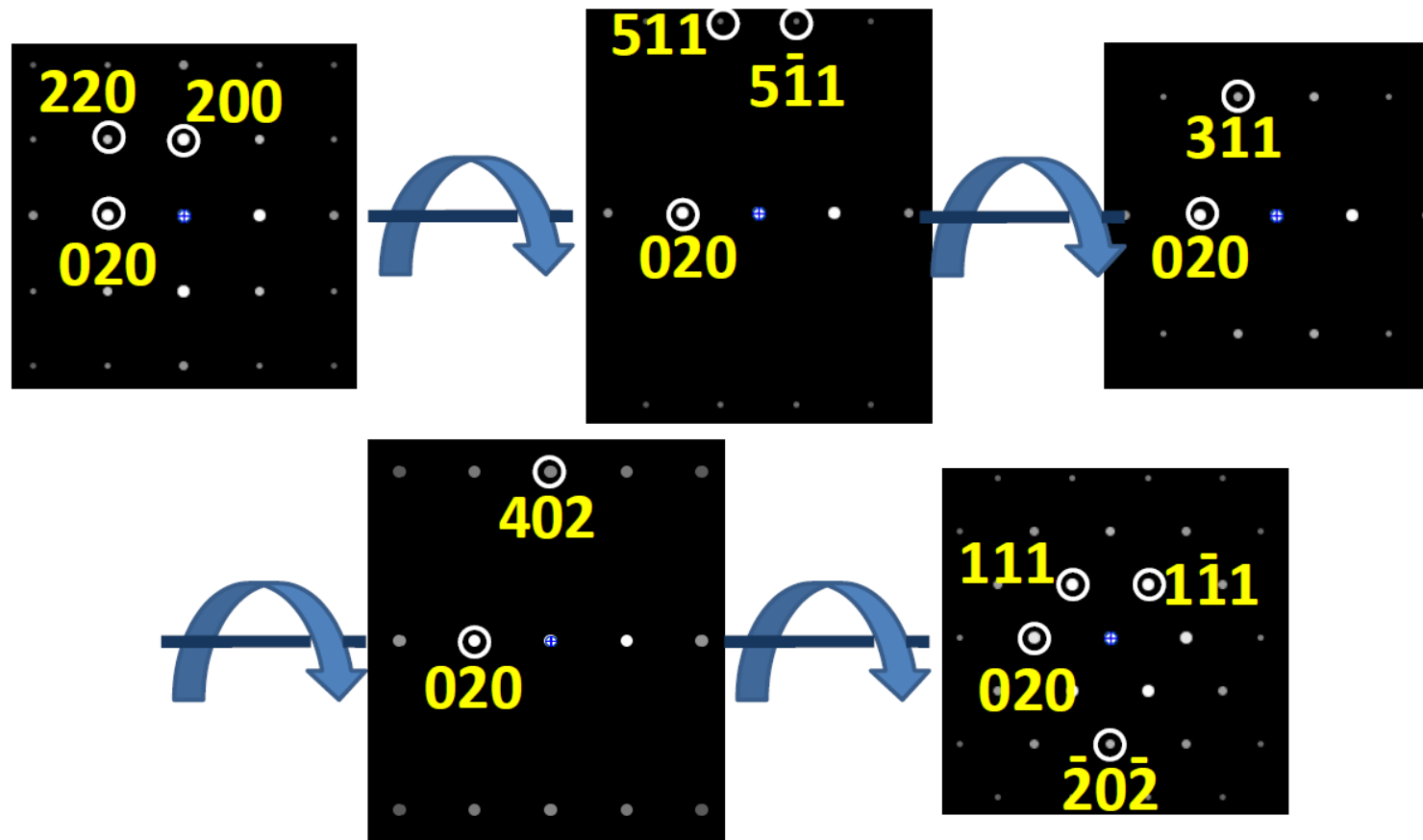


Nosso cristal é de face centrada!

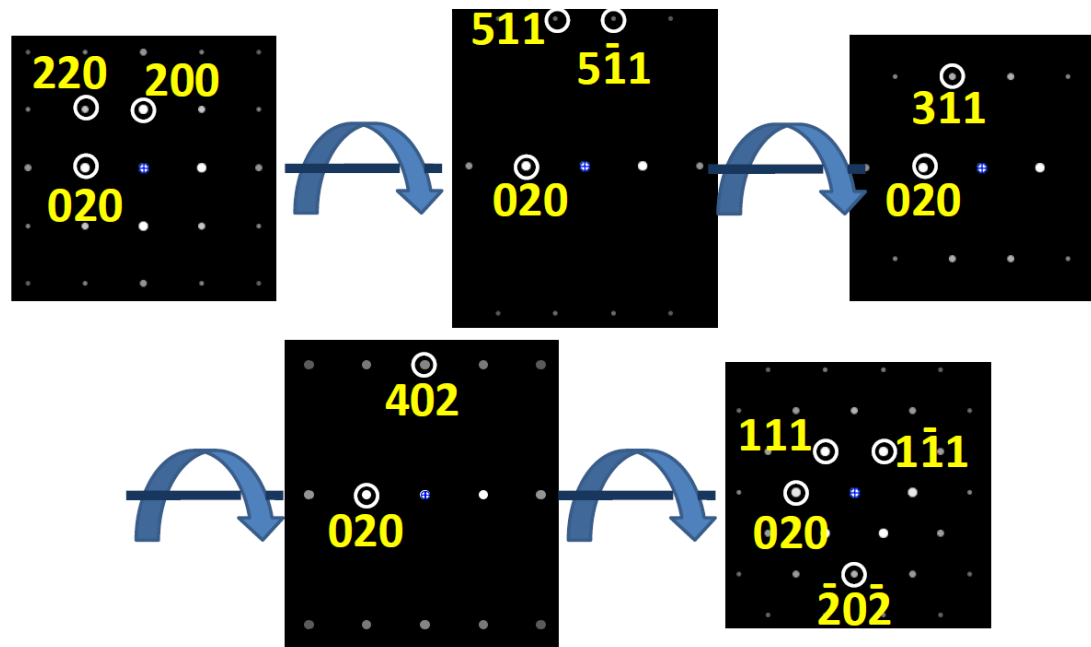
h	k	l	d (Å)
1	1	1	2.33812
1	1	1	2.33812
2	0	0	2.02487
2	0	0	2.02487
2	2	0	1.43180
2	2	0	1.43180
3	1	1	1.22105
3	1	1	1.22105
2	2	2	1.16906
2	2	2	1.16906
4	0	0	1.01244
4	0	0	1.01244
3	3	1	0.92908
3	3	1	0.92908
4	2	0	0.90555
4	2	0	0.90555

Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centrimento (F, I, etc)

- Se fizermos a indexação (seguindo os mesmos passos do exercício do CaF₂) vamos obter algo do tipo:



Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centrimento (F, I, etc)



A condição de reflexão que podemos observar para qualquer hkl:

hkl: todos pares ou todos ímpares ou:

$$h+k=2n; h+l=2n; k+l=2n$$

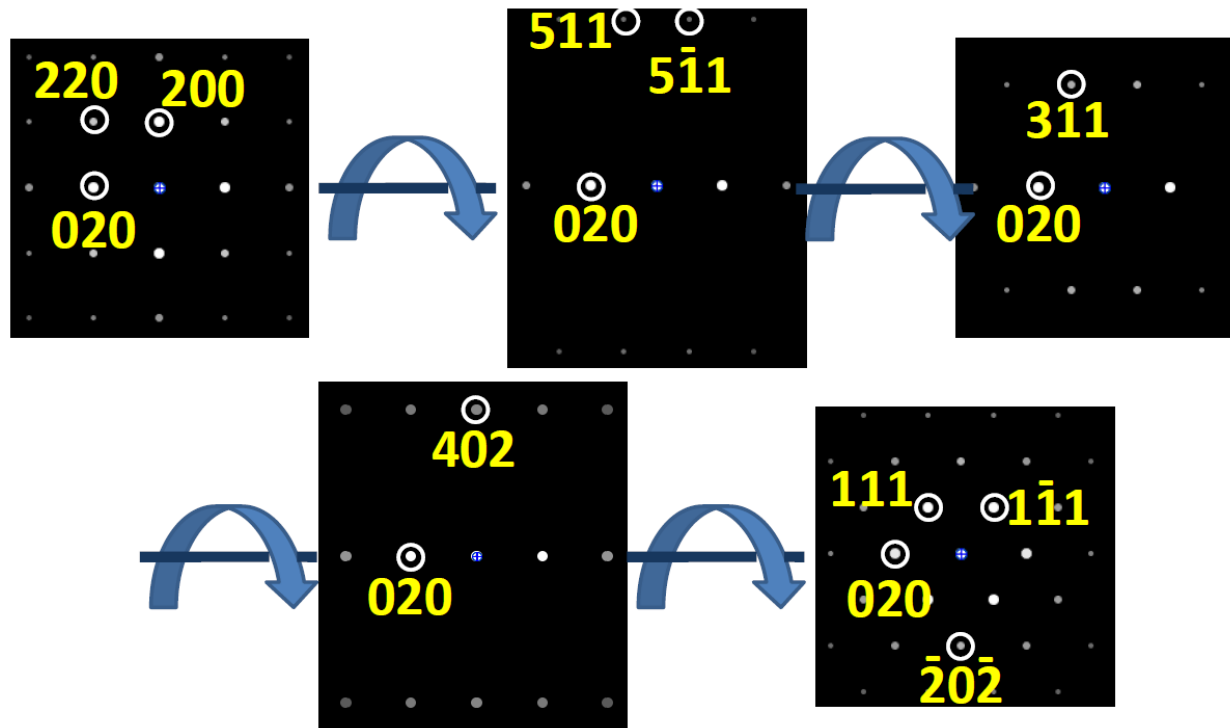
Página 68 ITA, temos condições de reflexão para cristais cúbicos.

3.1. SPACE-GROUP DETERMINATION AND DIFFRACTION SYMBOLS

Table 3.1.4.1. *Reflection conditions, diffraction symbols and possible space groups (cont.)*CUBIC, Laue classes $m\bar{3}$ and $m\bar{3}m$

					Laue class				
Reflection conditions (Indices are permutable, apart from space group No. 205) ††					Extinction symbol	$m\bar{3}$ ($2/m\bar{3}$)		$m\bar{3}m$ ($4/m\bar{3}2/m$)	
						Point group			
hkl	OkI	hhl	$00l$		23	$m\bar{3}$	432	$\bar{4}3m$	$m\bar{3}m$
				$P---$	$P23$ (195)	$Pm\bar{3}$ (200)	$P432$ (207)	$P\bar{4}3m$ (215)	$Pm\bar{3}m$ (221)
			l	$\begin{cases} P2_1-- \\ P4_2-- \end{cases}$	$P2_13$ (198)		$P4_232$ (208)		
			$l = 4n$	$P4_1--$			$\begin{cases} P4_132 (213) \\ P4_332 (212) \end{cases}^{\ddagger\ddagger}$		
		l	l	$P--n$				$P\bar{4}3n$ (218)	$Pm\bar{3}n$ (223)
	$k\dagger\dagger$		l	$Pa--$		$Pa\bar{3}$ (205)			
	$k+l$		l	$Pn--$		$Pn\bar{3}$ (201)			$Pn\bar{3}m$ (224)
	$k+l$	l	l	$Pn-n$					$Pn\bar{3}n$ (222)
$h+k+l$	$k+l$	l	l	$I---$	$\begin{bmatrix} I23 (197) \\ I2_13 (199) \end{bmatrix}^{\S\S}$	$Im\bar{3}$ (204)	$I432$ (211)	$I\bar{4}3m$ (217)	$Im\bar{3}m$ (229)
$h+k+l$	$k+l$	l	$l = 4n$	$I4_1--$			$I4_132$ (214)		
$h+k+l$	$k+l$	$2h+l = 4n, l$	$l = 4n$	$I--d$				$I\bar{4}3d$ (220)	
$h+k+l$	k, l	l	l	$Ia--$		$Ia\bar{3}$ (206)			
$h+k+l$	k, l	$2h+l = 4n, l$	$l = 4n$	$Ia-d$					$Ia\bar{3}d$ (230)
$h+k, h+l, k+l$	k, l	$h+l$	l	$F---$	$F23$ (196)	$Fm\bar{3}$ (202)	$F432$ (209)	$F\bar{4}3m$ (216)	$Fm\bar{3}m$ (225)
$h+k, h+l, k+l$	k, l	$h+l$	$l = 4n$	$F4_1--$			$F4_132$ (210)		
$h+k, h+l, k+l$	k, l	h, l	l	$F--c$				$F\bar{4}3c$ (219)	$Fm\bar{3}c$ (226)
$h+k, h+l, k+l$	$k+l = 4n, k, l$	$h+l$	$l = 4n$	$Fd--$		$Fd\bar{3}$ (203)			$Fd\bar{3}m$ (227)
$h+k, h+l, k+l$	$k+l = 4n, k, l$	h, l	$l = 4n$	$Fd-c$					$Fd\bar{3}c$ (228)

Exemplo - Indexando padrões sem saber qual o centrimento (F, I, etc)



$0kl$: $k=2n$, $l=2n$ (isso é consequência da primeira condição)

hhl : $h+l=2n$

$00l$: $l=2n$

obs: índices são permutáveis nesse caso.

3.1. SPACE-GROUP DETERMINATION AND DIFFRACTION SYMBOLS

Table 3.1.4.1. *Reflection conditions, diffraction symbols and possible space groups (cont.)*CUBIC, Laue classes $m\bar{3}$ and $m\bar{3}m$

Reflection conditions (Indices are permutable, apart from space group No. 205) ††					Laue class				
					$m\bar{3}$ ($2/m\bar{3}$)		$m\bar{3}m$ ($4/m\bar{3}2/m$)		
					Point group				
hkl	OkI	hhl	$00l$	Extinction symbol	23	$m\bar{3}$	432	$\bar{4}3m$	$m\bar{3}m$
				$P---$	$P23$ (195)	$Pm\bar{3}$ (200)	$P432$ (207)	$P\bar{4}3m$ (215)	$Pm\bar{3}m$ (221)
			l	$\begin{cases} P2_1-- \\ P4_2-- \end{cases}$	$P2_13$ (198)		$P4_232$ (208)		
			$l = 4n$	$P4_1--$			$\begin{cases} P4_132 (213) \\ P4_332 (212) \end{cases}^{\ddagger\ddagger}$		
		l	l	$P--n$				$P\bar{4}3n$ (218)	$Pm\bar{3}n$ (223)
	$k\ddagger\ddagger$		l	$Pa--$		$Pa\bar{3}$ (205)			
	$k+l$		l	$Pn--$		$Pn\bar{3}$ (201)			$Pn\bar{3}m$ (224)
	$k+l$	l	l	$Pn-n$					$Pn\bar{3}n$ (222)
$h+k+l$	$k+l$	l	l	$I---$	$\begin{bmatrix} I23 (197) \\ I2_13 (199) \end{bmatrix}^{\S\S}$	$Im\bar{3}$ (204)	$I432$ (211)	$I\bar{4}3m$ (217)	$Im\bar{3}m$ (229)
$h+k+l$	$k+l$	l	$l = 4n$	$I4_1--$			$I4_132$ (214)		
$h+k+l$	$k+l$	$2h+l = 4n, l$	$l = 4n$	$I--d$				$I\bar{4}3d$ (220)	
$h+k+l$	k, l	l	l	$Ia--$		$Ia\bar{3}$ (206)			
$h+k+l$	k, l	$2h+l = 4n, l$	$l = 4n$	$Ia-d$					$Ia\bar{3}d$ (230)
$h+k, h+l, k+l$	k, l	$h+l$	l	$F---$	$F23$ (196)	$Fm\bar{3}$ (202)	$F432$ (209)	$F\bar{4}3m$ (216)	$Fm\bar{3}m$ (225)
$h+k, h+l, k+l$	k, l	$h+l$	$l = 4n$	$F4_1--$			$F4_132$ (210)		
$h+k, h+l, k+l$	k, l	h, l	l	$F--c$				$F\bar{4}3c$ (219)	$Fm\bar{3}c$ (226)
$h+k, h+l, k+l$	$k+l = 4n, k, l$	$h+l$	$l = 4n$	$Fd--$		$Fd\bar{3}$ (203)			$Fd\bar{3}m$ (227)
$h+k, h+l, k+l$	$k+l = 4n, k, l$	h, l	$l = 4n$	$Fd-c$					$Fd\bar{3}c$ (228)

E

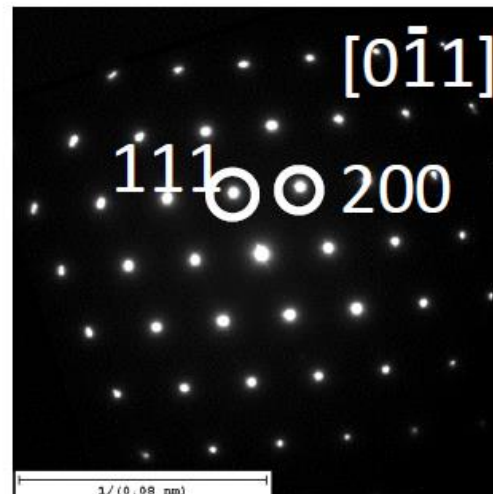
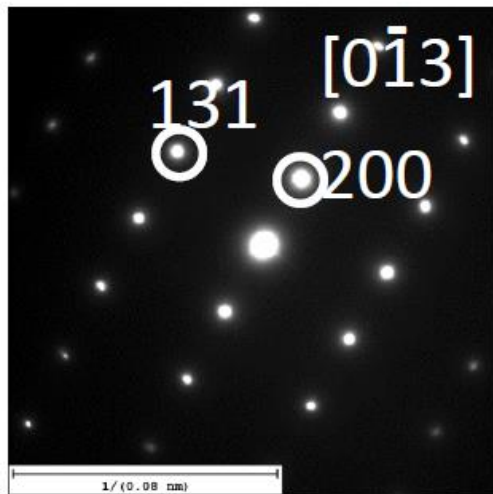
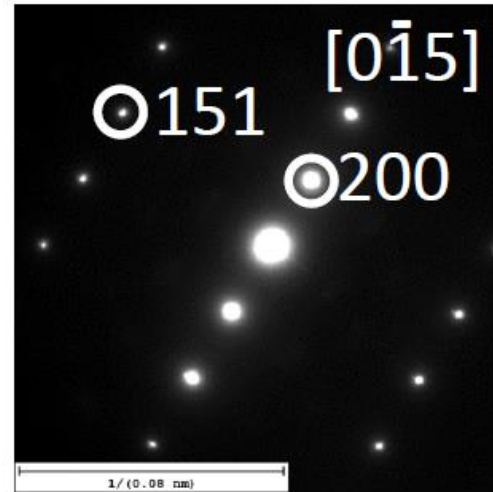
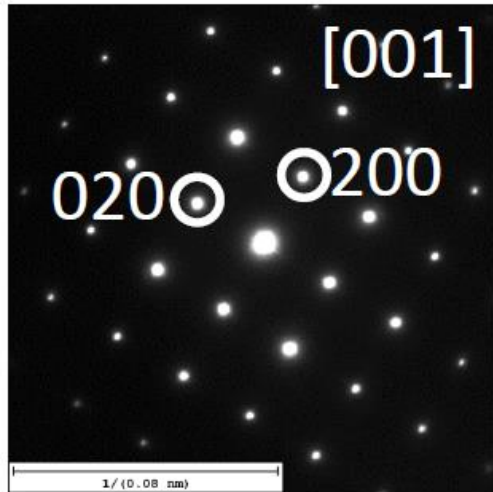
A partir dos padrões de difração observados, podemos concluir que os possíveis grupos espaciais são: $F23$, $Fm\bar{3}$, $F432$, $F\bar{4}3m$ e $Fm\bar{3}m$.

Esses padrões foram simulados a partir do Alumínio, que possui grupo espacial $Fm\bar{3}m$, corroborado com nossa solução.

Il O

					Laue class				
Reflection conditions (Indices are permutable, apart from space group No. 205) ††					$m\bar{3} (2/m \bar{3})$		$m\bar{3}m (4/m \bar{3} 2/m)$		
					Point group				
hkl	$Ok l$	hhl	$00l$	Extinction symbol	23	$m\bar{3}$	432	$\bar{4}3m$	$m\bar{3}m$
				$P - - -$	$P23 (195)$	$Pm\bar{3} (200)$	$P432 (207)$	$P\bar{4}3m (215)$	$Pm\bar{3}m (221)$
			l	$\begin{cases} P2_1 - - \\ P4_2 - - \end{cases}$	$P2_1 3 (198)$		$P4_2 32 (208)$		
			$l = 4n$	$P4_1 - -$			$\begin{cases} P4_1 32 (213) \\ P4_3 32 (212) \end{cases}^{\ddagger\ddagger}$		
		l	l	$P - - n$				$P\bar{4}3n (218)$	$Pm\bar{3}n (223)$
	$k\ddagger\ddagger$		l	$Pa - -$		$Pa\bar{3} (205)$			
	$k + l$		l	$Pn - -$		$Pn\bar{3} (201)$			$Pn\bar{3}m (224)$
	$k + l$	l	l	$Pn - n$					$Pn\bar{3}n (222)$
$h + k + l$	$k + l$	l	l	$I - - -$	$\begin{bmatrix} I23 (197) \\ I2_1 3 (199) \end{bmatrix}^{\S\S}$	$Im\bar{3} (204)$	$I432 (211)$	$I\bar{4}3m (217)$	$Im\bar{3}m (229)$
$h + k + l$	$k + l$	l	$l = 4n$	$I4_1 - -$			$I4_1 32 (214)$		
$h + k + l$	$k + l$	$2h + l = 4n, l$	$l = 4n$	$I - - d$				$I\bar{4}3d (220)$	
$h + k + l$	k, l	l	l	$Ia - -$		$Ia\bar{3} (206)$			
$h + k + l$	k, l	$2h + l = 4n, l$	$l = 4n$	$Ia - d$					$Ia\bar{3}d (230)$
$h + k, h + l, k + l$	k, l	$h + l$	l	$F - - -$	$F23 (196)$	$Fm\bar{3} (202)$	$F432 (209)$	$F\bar{4}3m (216)$	$Fm\bar{3}m (225)$
$h + k, h + l, k + l$	k, l	$h + l$	$l = 4n$	$F4_1 - -$			$F4_1 32 (210)$		
$h + k, h + l, k + l$	k, l	h, l	l	$F - - c$				$F\bar{4}3c (219)$	$Fm\bar{3}c (226)$
$h + k, h + l, k + l$	$k + l = 4n, k, l$	$h + l$	$l = 4n$	$Fd - -$		$Fd\bar{3} (203)$			$Fd\bar{3}m (227)$
$h + k, h + l, k + l$	$k + l = 4n, k, l$	h, l	$l = 4n$	$Fd - c$					$Fd\bar{3}c (228)$

Exercício - Determinando possíveis grupos espaciais para CaF_2



- Faça o mesmo procedimento para verificar as condições de reflexão usando a tabela da próxima página juntamente com os padrões ao lado que você indexou na aula anterior.

3.1. SPACE-GROUP DETERMINATION AND DIFFRACTION SYMBOLS

Table 3.1.4.1. *Reflection conditions, diffraction symbols and possible space groups (cont.)*CUBIC, Laue classes $m\bar{3}$ and $m\bar{3}m$

					Laue class				
Reflection conditions (Indices are permutable, apart from space group No. 205) ††				Extinction symbol	$m\bar{3}$ ($2/m\bar{3}$)		$m\bar{3}m$ ($4/m\bar{3}2/m$)		
					Point group				
hkl	$Ok\bar{l}$	hhl	$00l$		23	$m\bar{3}$	432	$\bar{4}3m$	$m\bar{3}m$
	$k\ddagger\ddagger$ $k+l$ $k+l$	l	l	$P---$	$P23$ (195)	$Pm\bar{3}$ (200)	$P432$ (207)	$P\bar{4}3m$ (215)	$Pm\bar{3}m$ (221)
				$\begin{Bmatrix} P2_1-- \\ P4_2-- \end{Bmatrix}$	$P2_13$ (198)		$P4_232$ (208)		
				$l=4n$	$P4_1--$		$\begin{Bmatrix} P4_132 (213) \\ P4_332 (212) \end{Bmatrix}^{\ddagger\ddagger}$		
				l	$P--n$			$P\bar{4}3n$ (218)	$Pm\bar{3}n$ (223)
				l	$Pa--$	$Pa\bar{3}$ (205)			
			l	$Pn--$		$Pn\bar{3}$ (201)			$Pn\bar{3}m$ (224)
		l	l	$Pn-n$					$Pn\bar{3}n$ (222)
$h+k+l$	$k+l$	l	l	$I---$	$\begin{Bmatrix} I23 (197) \\ I2_13 (199) \end{Bmatrix}^{\S\S}$	$Im\bar{3}$ (204)	$I432$ (211)	$I\bar{4}3m$ (217)	$Im\bar{3}m$ (229)
$h+k+l$	$k+l$	$l=4n$	$l=4n$	$I4_1--$			$I4_132$ (214)		
$h+k+l$	$k+l$	$2h+l=4n, l$	$l=4n$	$I--d$				$I\bar{4}3d$ (220)	
$h+k+l$	k, l	l	l	$Ia--$		$Ia\bar{3}$ (206)			
$h+k+l$	k, l	$2h+l=4n, l$	$l=4n$	$Ia-d$					$Ia\bar{3}d$ (230)
$h+k, h+l, k+l$	k, l	$h+l$	l	$F---$	$F23$ (196)	$Fm\bar{3}$ (202)	$F432$ (209)	$F\bar{4}3m$ (216)	$Fm\bar{3}m$ (225)
$h+k, h+l, k+l$	k, l	$h+l$	$l=4n$	$F4_1--$			$F4_132$ (210)		
$h+k, h+l, k+l$	k, l	h, l	l	$F--c$				$F\bar{4}3c$ (219)	$Fm\bar{3}c$ (226)
$h+k, h+l, k+l$	$k+l=4n, k, l$	$h+l$	$l=4n$	$Fd--$		$Fd\bar{3}$ (203)			$Fd\bar{3}m$ (227)
$h+k, h+l, k+l$	$k+l=4n, k, l$	h, l	$l=4n$	$Fd-c$					$Fd\bar{3}c$ (228)

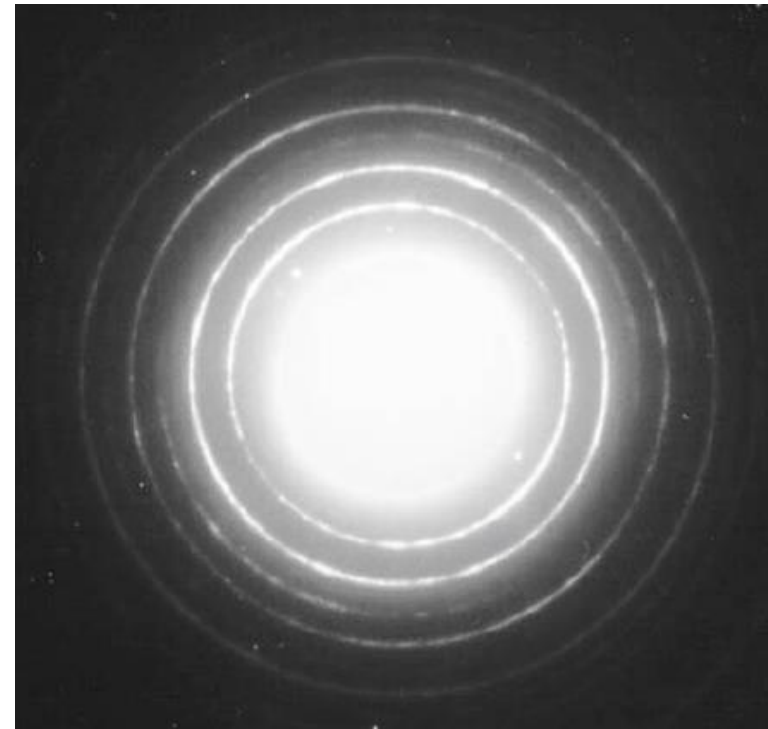
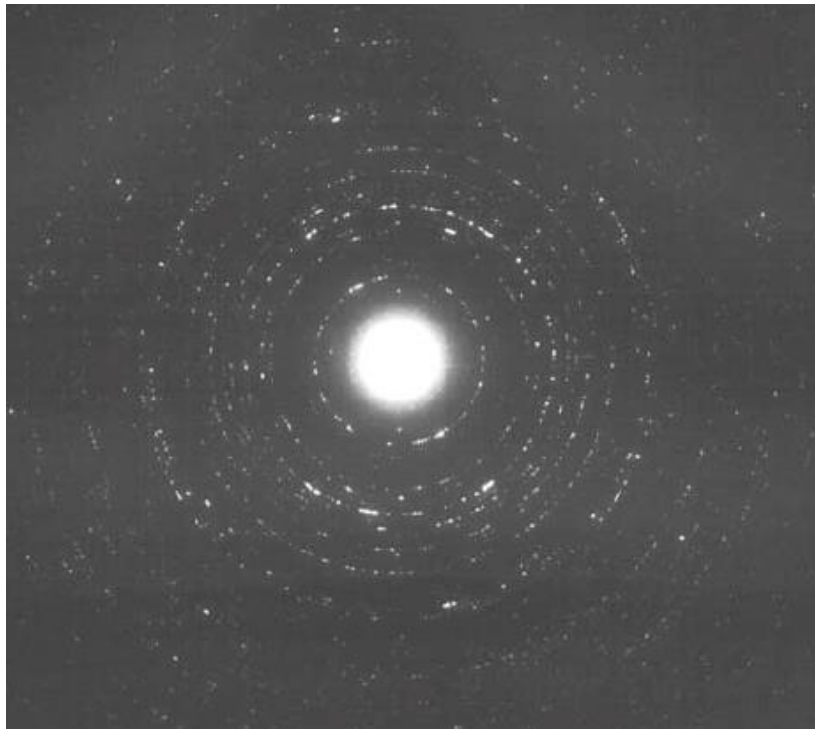
3.1. SPACE-GROUP DETERMINATION AND DIFFRACTION SYMBOLS

Table 3.1.4.1. *Reflection conditions, diffraction symbols and possible space groups (cont.)*CUBIC, Laue classes $m\bar{3}$ and $m\bar{3}m$

Reflection conditions (Indices are permutable, apart from space group No. 205) ††					Laue class				
					$m\bar{3}$ ($2/m\bar{3}$)		$m\bar{3}m$ ($4/m\bar{3}2/m$)		
					Point group				
hkl	$Ok l$	hhl	$00l$	Extinction symbol	23	$m\bar{3}$	432	$\bar{4}3m$	$m\bar{3}m$
				$P - - -$	$P23$ (195)	$Pm\bar{3}$ (200)	$P432$ (207)	$P\bar{4}3m$ (215)	$Pm\bar{3}m$ (221)
			l	$\begin{cases} P2_1 - - \\ P4_2 - - \end{cases}$	$P2_13$ (198)		$P4_232$ (208)		
			$l = 4n$	$P4_1 - -$			$\begin{cases} P4_132 (213) \\ P4_332 (212) \end{cases}^{\ddagger\ddagger}$		
		l	l	$P - -n$				$P\bar{4}3n$ (218)	$Pm\bar{3}n$ (223)
	$k\ddagger\ddagger$		l	$Pa - -$		$Pa\bar{3}$ (205)			
	$k + l$		l	$Pn - -$		$Pn\bar{3}$ (201)			$Pn\bar{3}m$ (224)
	$k + l$	l	l	$Pn - n$					$Pn\bar{3}n$ (222)
$h + k + l$	$k + l$	l	l	$I - - -$	$\begin{bmatrix} I23 (197) \\ I2_13 (199) \end{bmatrix}^{\S\S}$	$Im\bar{3}$ (204)	$I432$ (211)	$I\bar{4}3m$ (217)	$Im\bar{3}m$ (229)
$h + k + l$	$k + l$	l	$l = 4n$	$I4_1 - -$			$I4_132$ (214)		
$h + k + l$	$k + l$	$2h + l = 4n, l$	$l = 4n$	$I - -d$				$I\bar{4}3d$ (220)	
$h + k + l$	k, l	l	l	$Ia - -$		$Ia\bar{3}$ (206)			
$h + k + l$	k, l	$2h + l = 4n, l$	$l = 4n$	$Ia - d$					$Ia\bar{3}d$ (230)
$h + k, h + l, k + l$	k, l	$h + l$	l	$F - - -$	$F23$ (196)	$Fm\bar{3}$ (202)	$F432$ (209)	$F\bar{4}3m$ (216)	$Fm\bar{3}m$ (225)
$h + k, h + l, k + l$	k, l	$h + l$	$l = 4n$	$F4_1 - -$			$F4_132$ (210)		
$h + k, h + l, k + l$	k, l	h, l	l	$F - -c$				$F\bar{4}3c$ (219)	$Fm\bar{3}c$ (226)
$h + k, h + l, k + l$	$k + l = 4n, k, l$	$h + l$	$l = 4n$	$Fd - -$		$Fd\bar{3}$ (203)			$Fd\bar{3}m$ (227)
$h + k, h + l, k + l$	$k + l = 4n, k, l$	h, l	$l = 4n$	$Fd - c$					$Fd\bar{3}c$ (228)

Outros exemplos de SAEDs

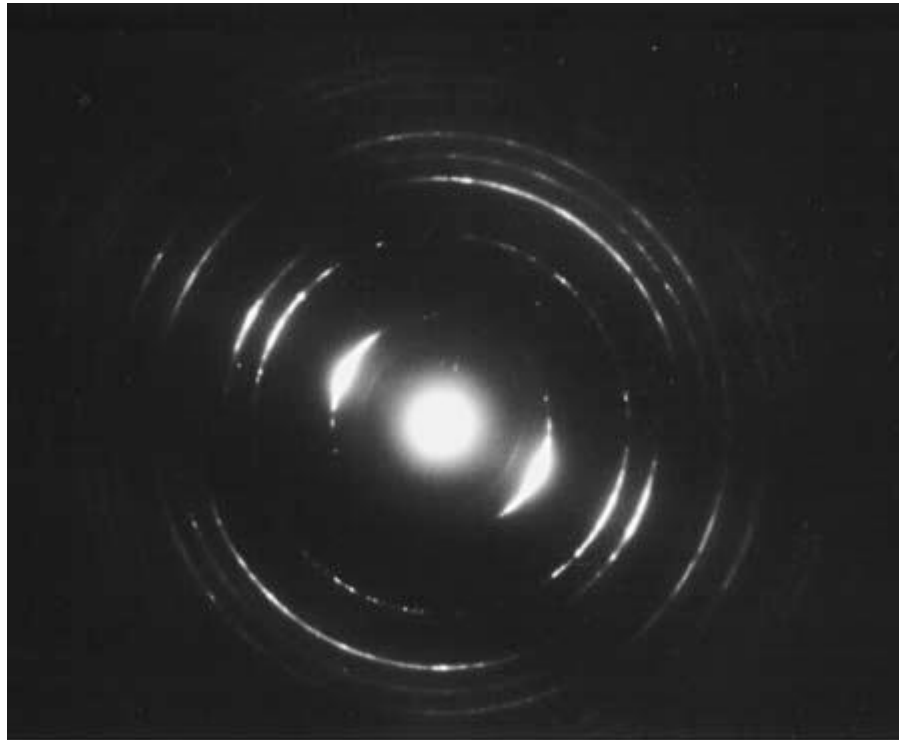
- Padrões de difração de anéis em materiais policristalinos.



Tamanho de grão diminui

Outros exemplos de SAEDs

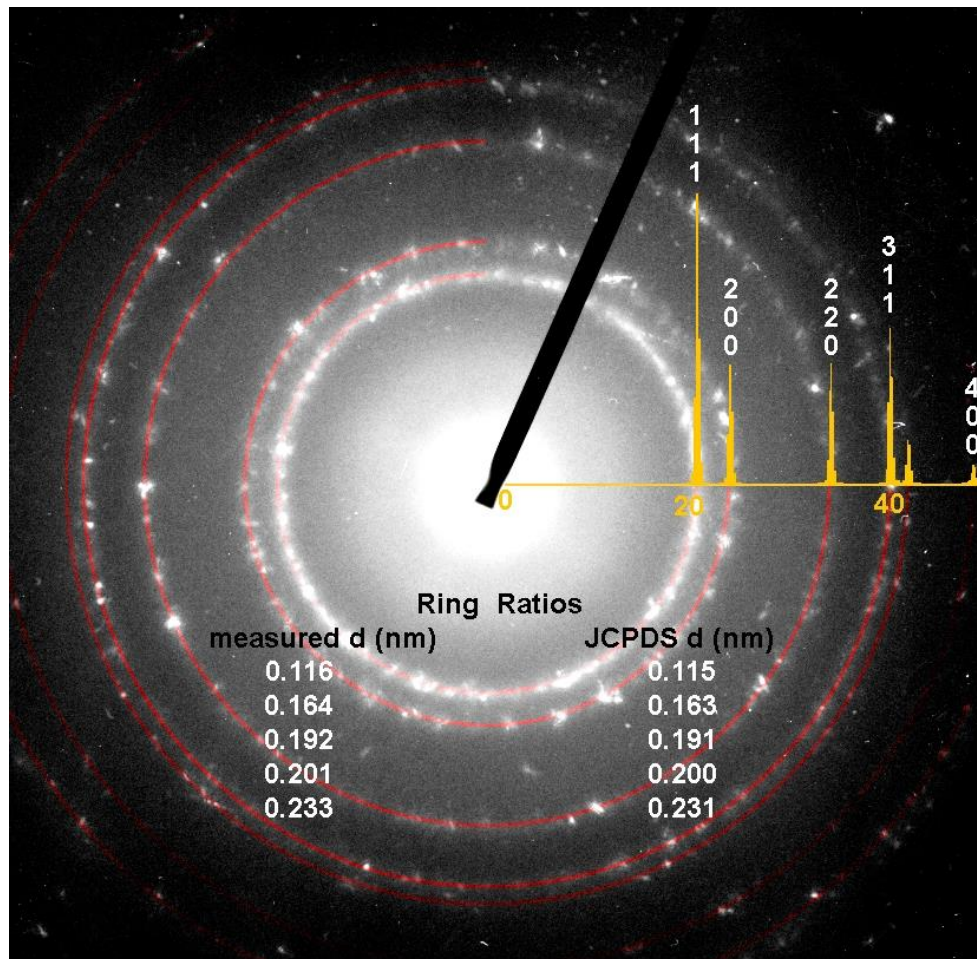
- Padrões de difração de anéis em materiais policristalinos.



Efeito de textura em amostra policristalina.

Outros exemplos de SAEDs

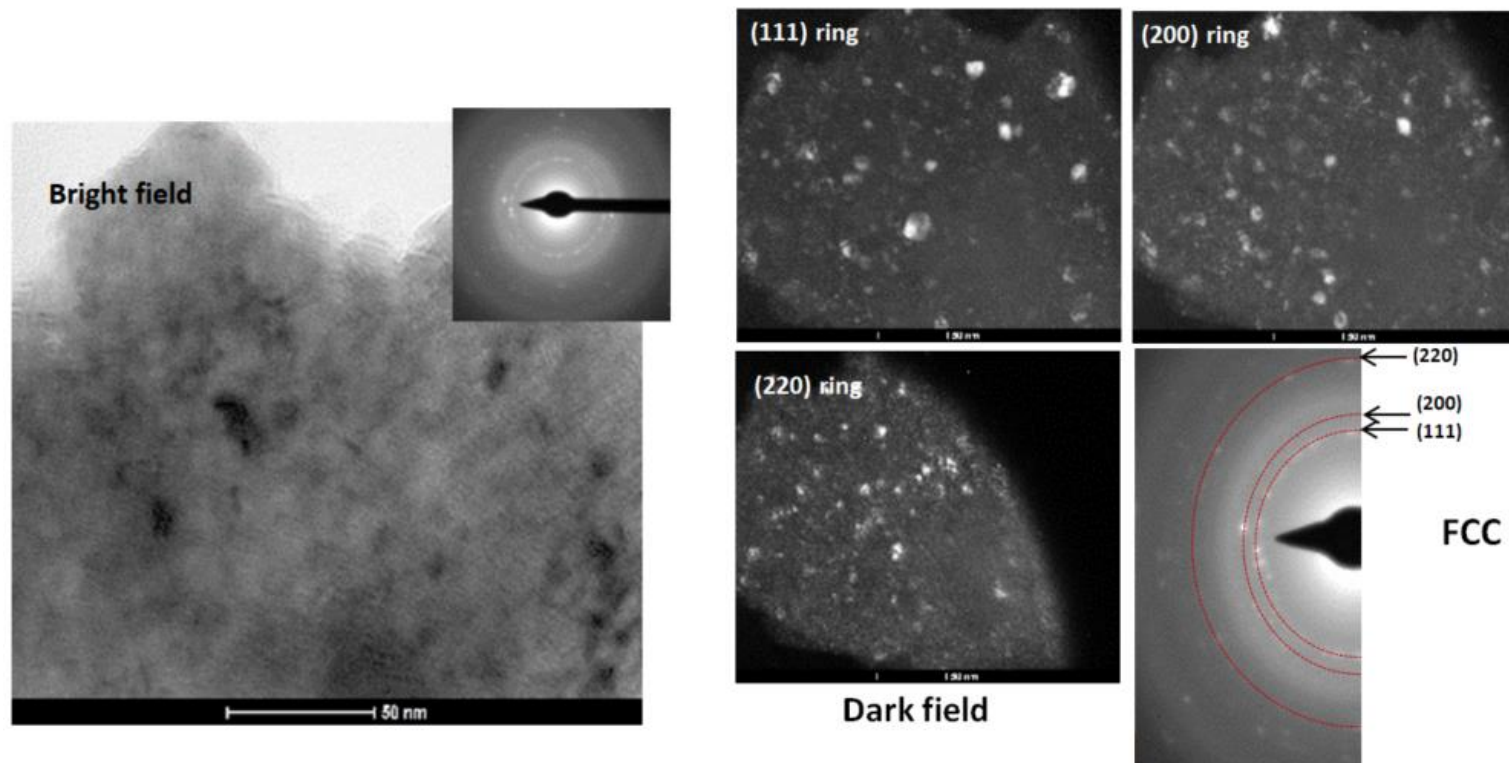
- Padrões de difração de anéis em materiais policristalinos.



Podemos indexar de forma similar ao que fazemos com um DRX.

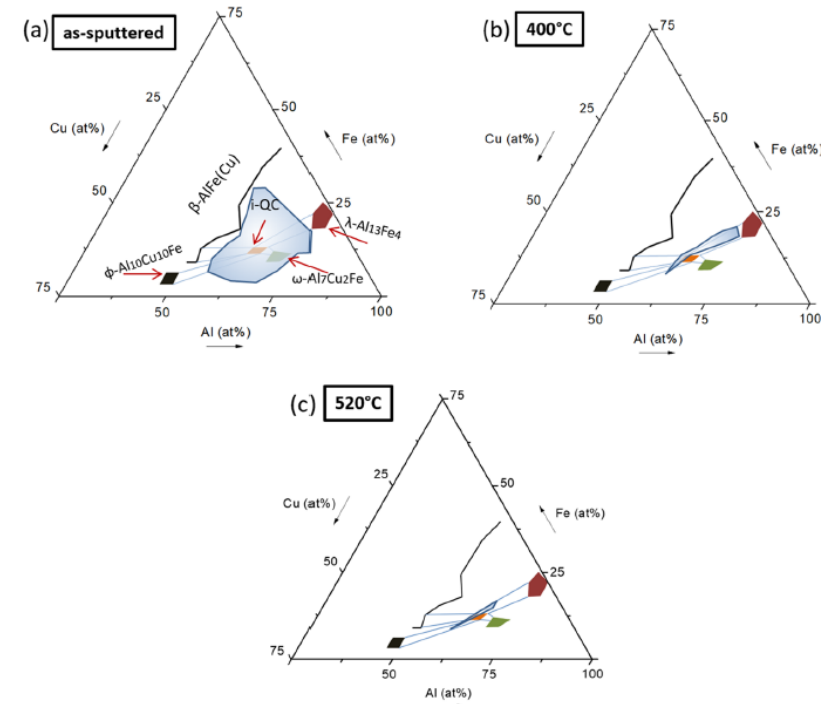
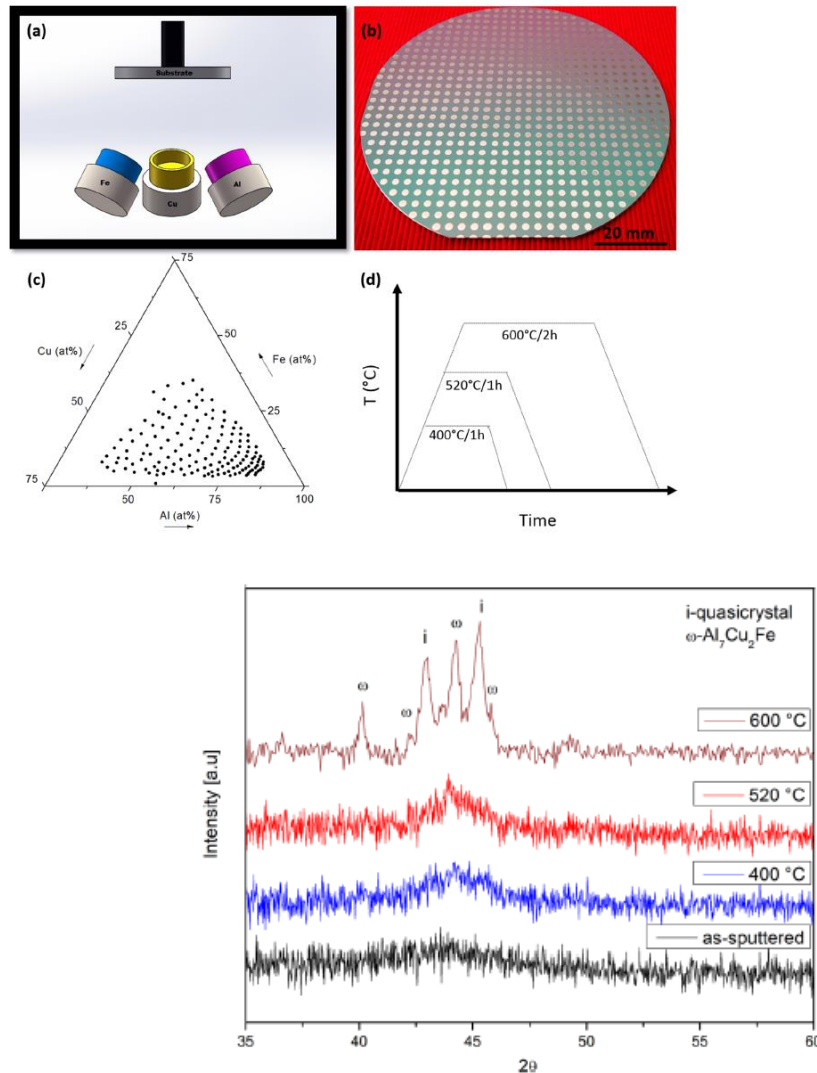
Outros exemplos de SAEDs

- Padrões de difração de anéis em materiais policristalinos.



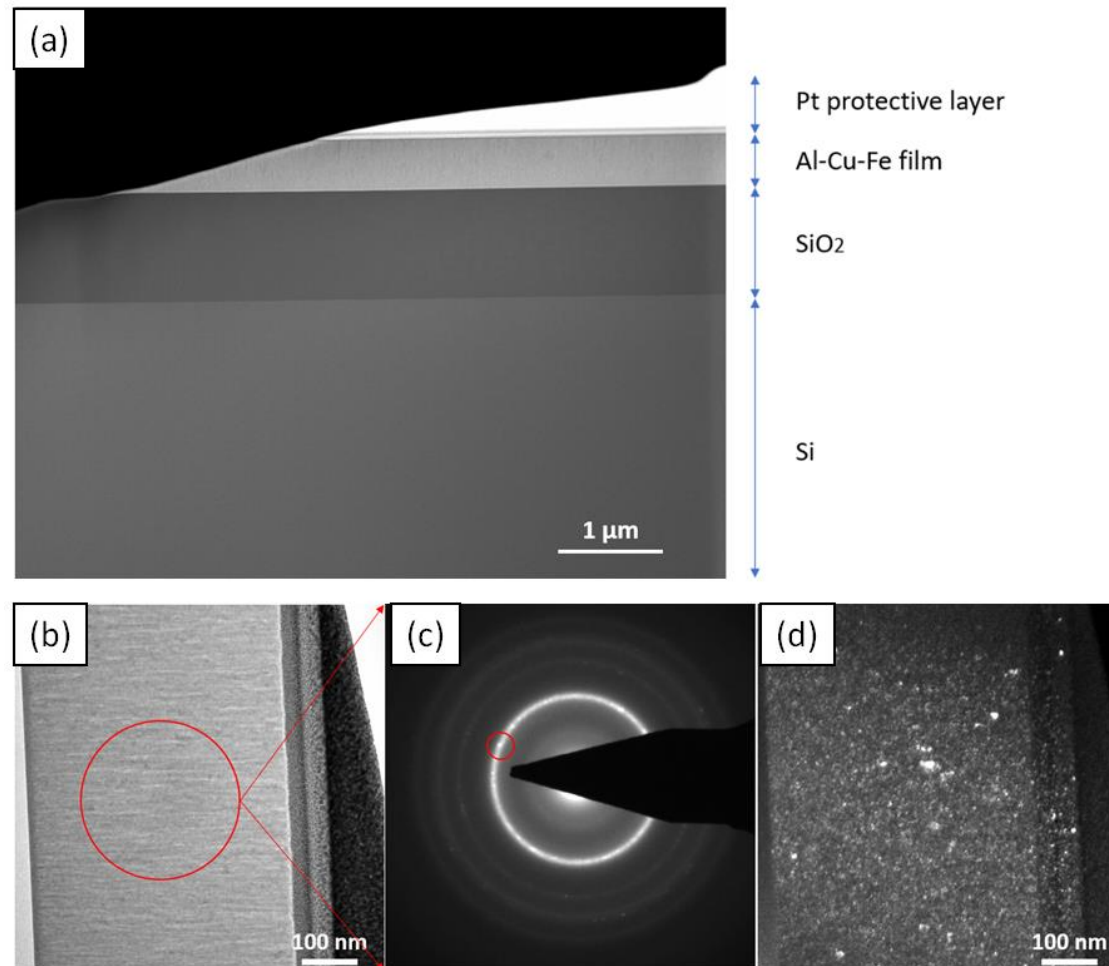
Podemos mostrar com imagem de campo escuro, o tamanho dos grãos de materiais nanocristalinos.

Outros exemplos de SAEDs



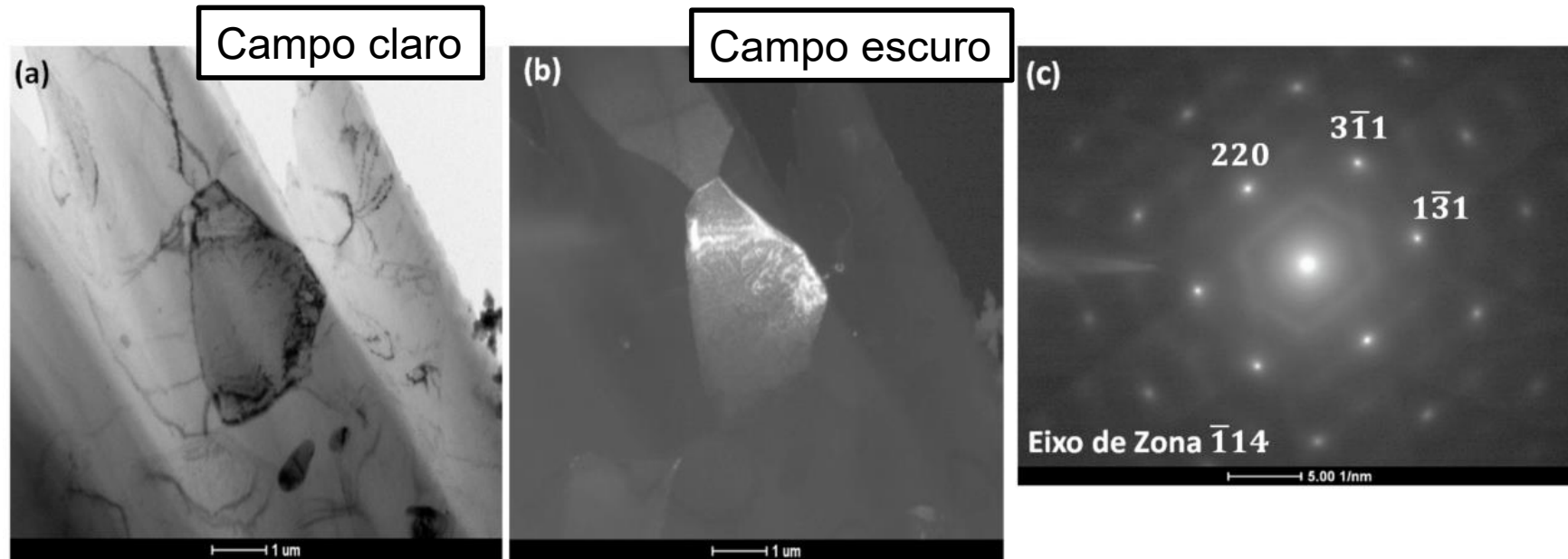
Outros exemplos de SAEDs

- Padrões de difração de anéis em materiais policristalinos.



Outros exemplos de SAEDs

- Campo escuro (Dark field, DF).

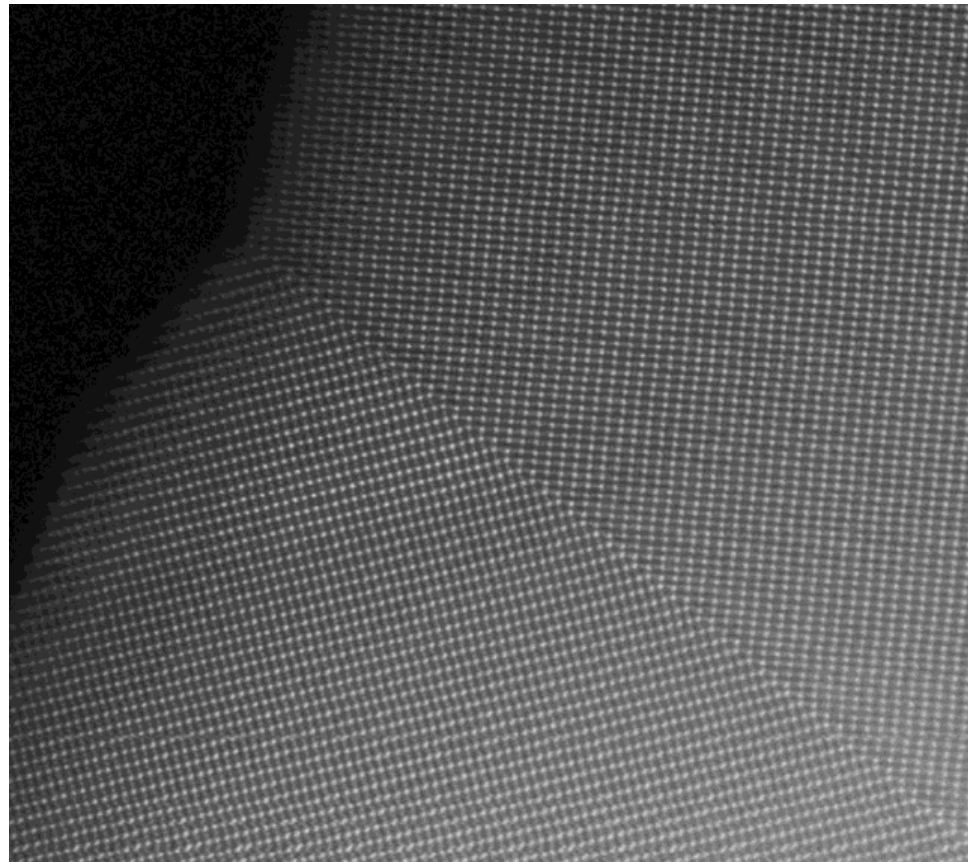


Com campo escuro também mostramos qual grão é responsável pelo padrão de difração em um SAED de um monocristal.

Em uma imagem de campo escuro (DF), selecionamos uma reflexão (no caso foi selecionada a 220) e então obtemos a imagem em campo escuro.

Outros exemplos de SAEDs

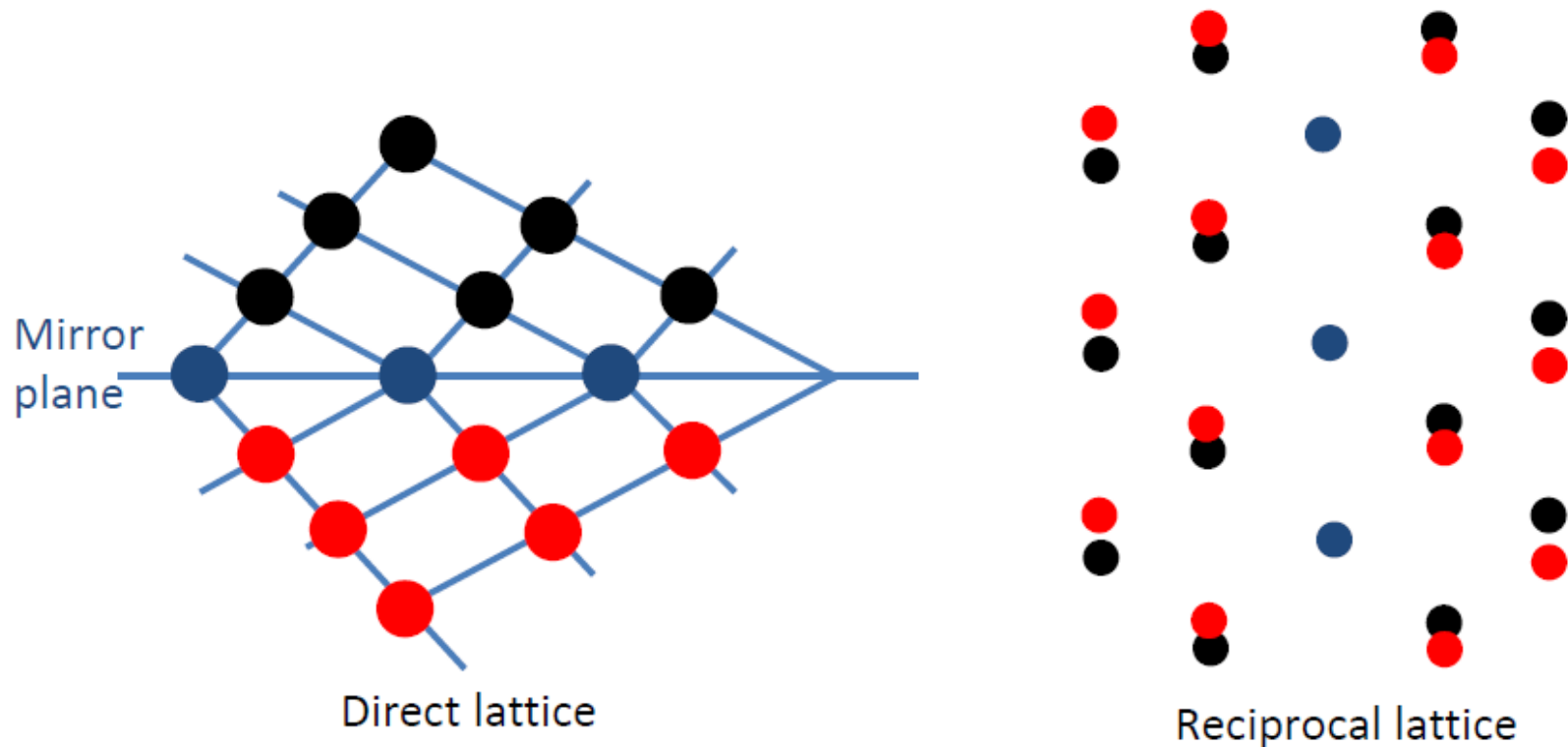
- Padrões de difração microestruturas com maclas.



Outros exemplos de SAEDs

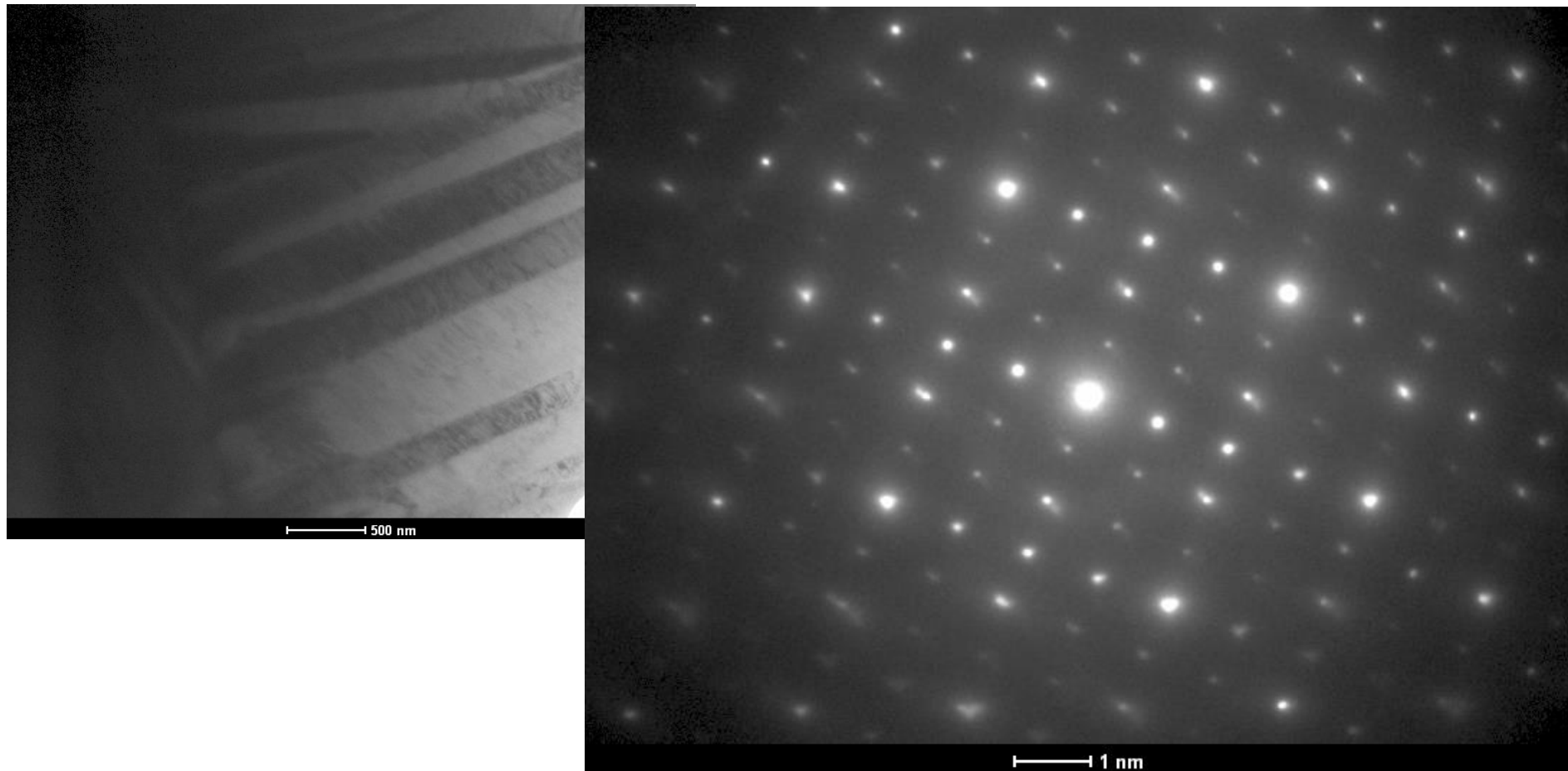
- Padrões de difração microestruturas com maclas.

Twinning



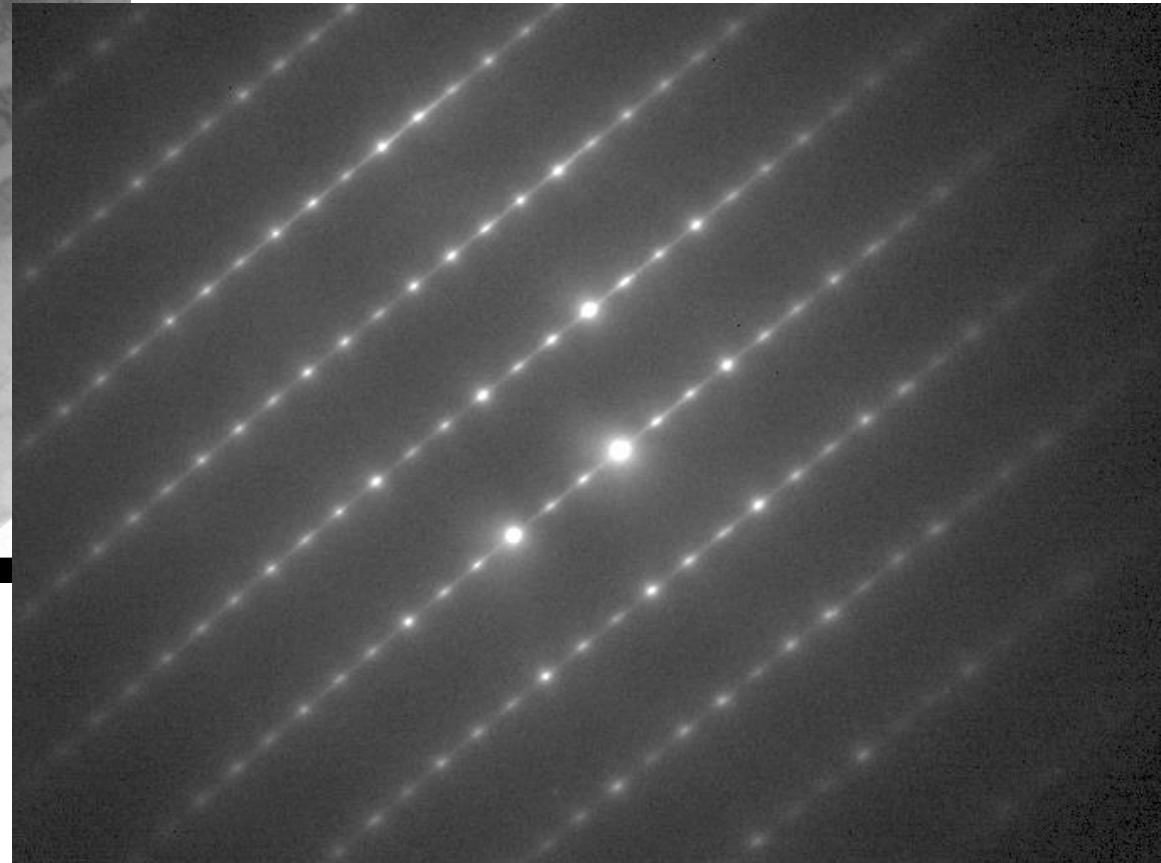
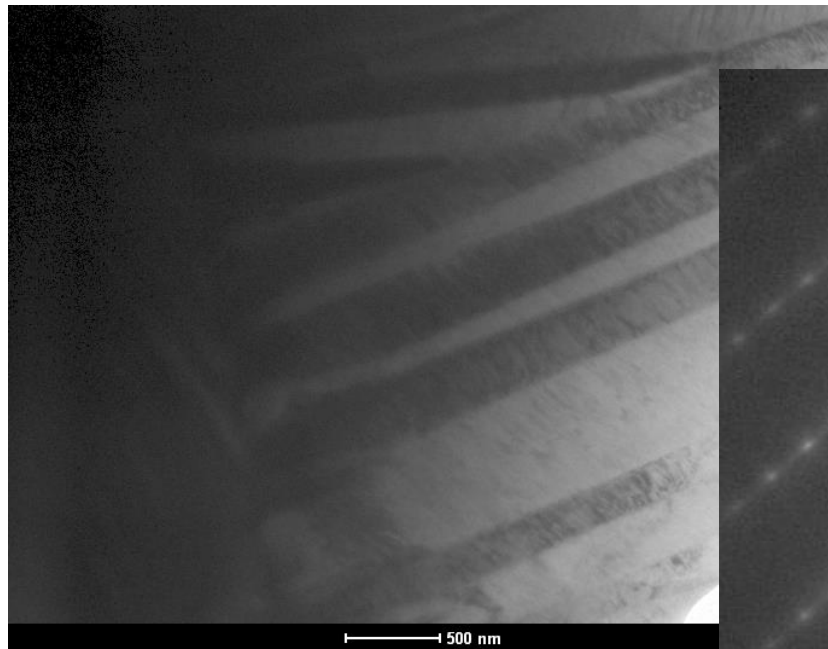
Outros exemplos de SAEDs

- Padrões de difração microestruturas com maclas.



Outros exemplos de SAEDs

- Padrões de difração microestruturas com maclas.



Outros exemplos de SAEDs

- Relação de orientação.

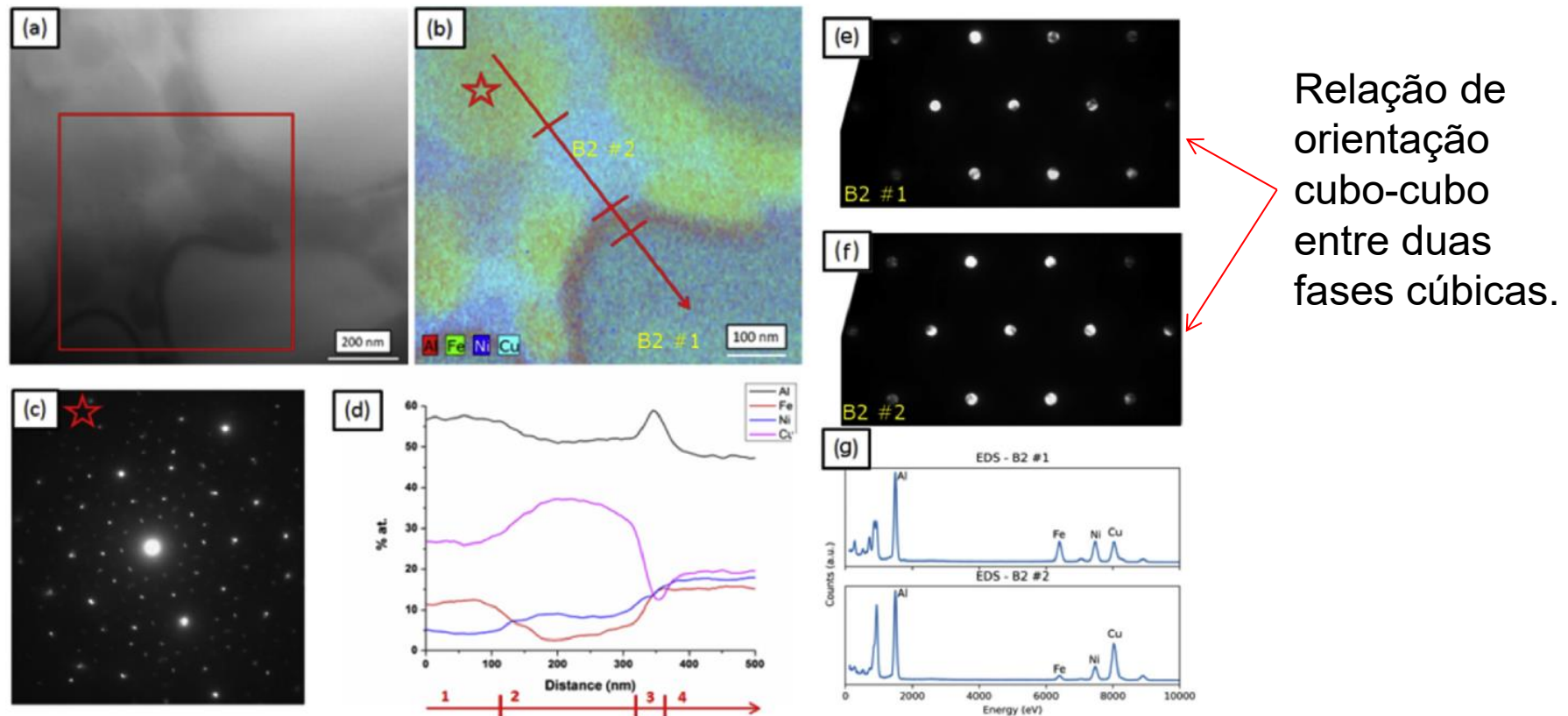
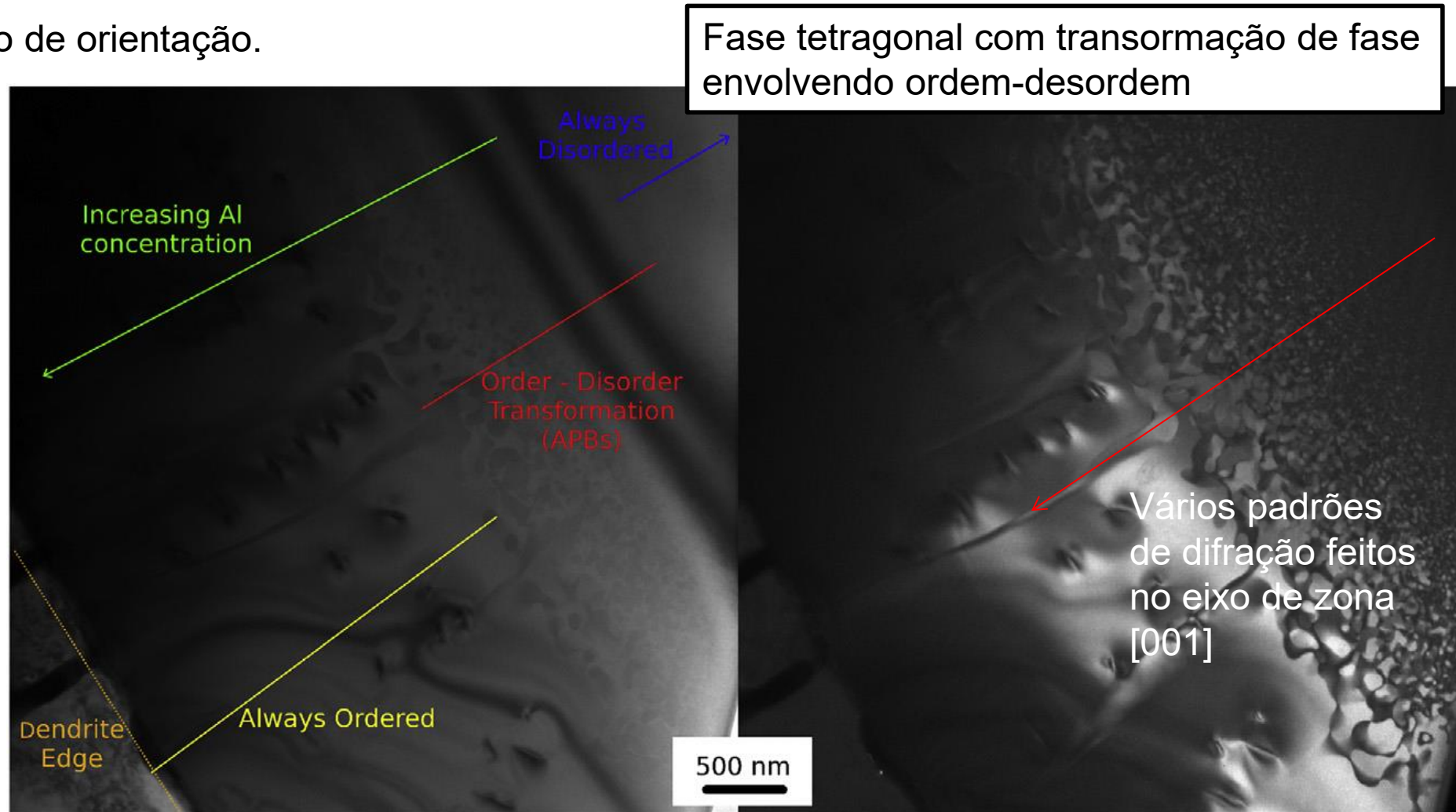


Fig. 4. EDS mapping and line scan analysis of sample NiQc2. (a) HAADF micrograph showing the region where the EDS mapping was performed (red square). (b) EDS map with the four elements superimposed; red is Al, green is Fe, dark blue is Ni, light blue is Cu. The arrow shows where an EDS line analysis was performed. (c) Electron diffraction pattern of the quasicrystalline particle marked with a red star in "b". (d) EDS line scan results. (e) Microdiffraction pattern of the primary B2 cubic phase, marked as B2#1 in "b". (f) Microdiffraction pattern of the Cu-rich B2 cubic phase, marked as B2#2 in "b". (g) EDS spectra from B2#1 and B2#2, collected immediately after the microdiffraction pattern analysis shown in "e" and "f". (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

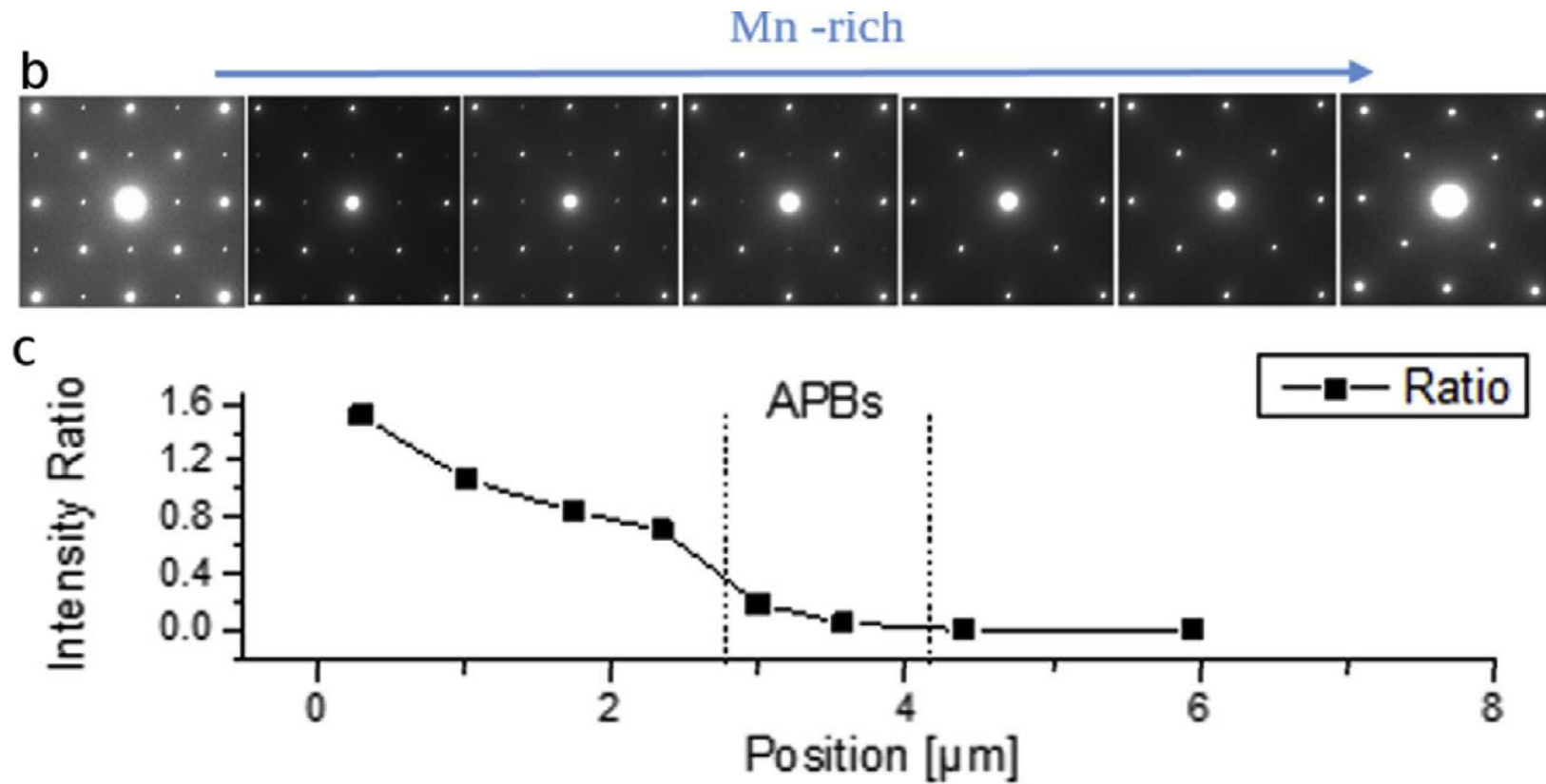
Outros exemplos de SAEDs

- Relação de orientação.



Outros exemplos de SAEDs

- Relação de orientação.



Veja que ambas as fases estão orientadas em relação ao feixe de elétrons.
Direção [001] paralela entre as fases.