

Tectosilicatos

- Dimensinalidade 3
 - Formam Redes tridimensionais, são os equivalentes às resinas poliméricas (alto grau de ligações entrecruzadas).

Cerâmicas de Estrutura A:X 1:2

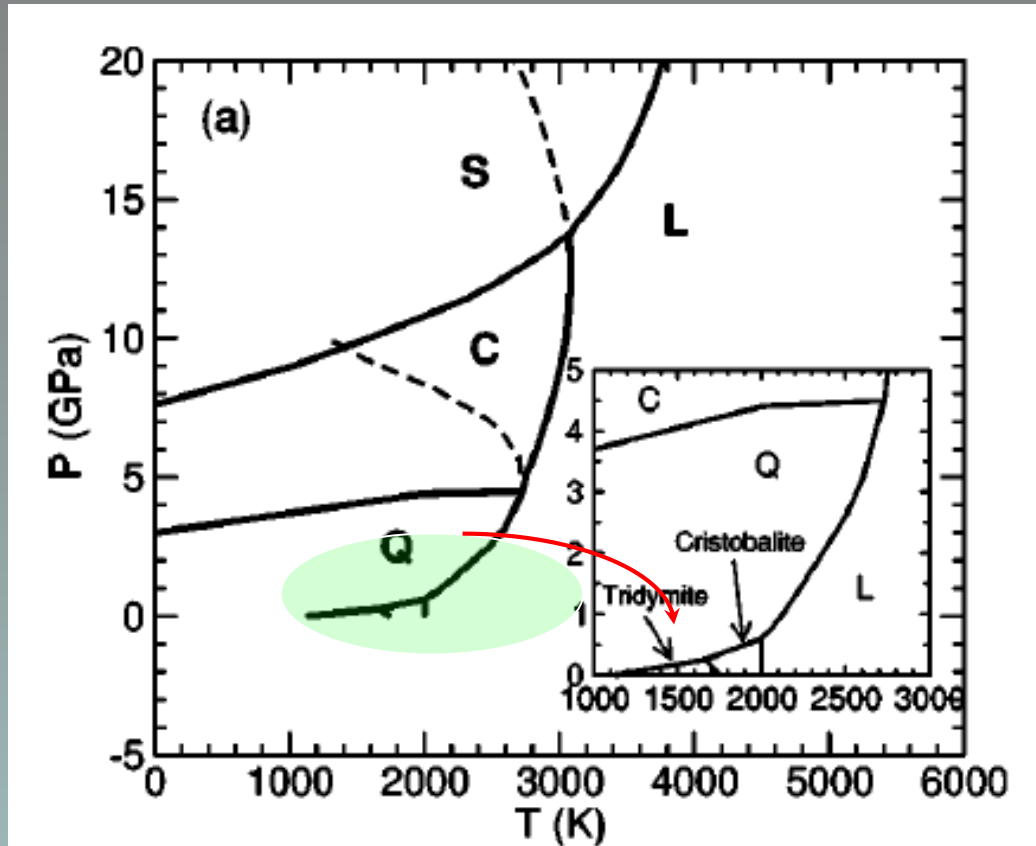
Número de Coordenação 4

- Os cátions, A, ocupam sítios tetraédricos cercados por ânions, X. Como os tetraedros estão interconectados via vértices existe um grande grau de liberdade na rotação da ligação A-X-A.
 - Este é o arranjo que vemos na SiO_2 que apresenta vários polimorfos (α e β quartzo, α e β tridimita, estishovita, coesita e cristobalita)

Por quê Sílicas?

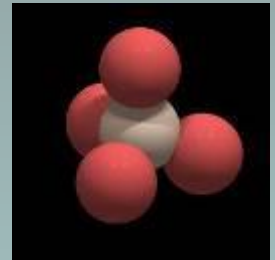
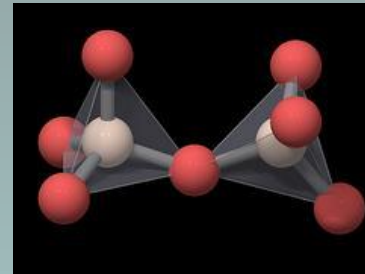
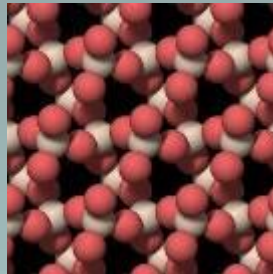
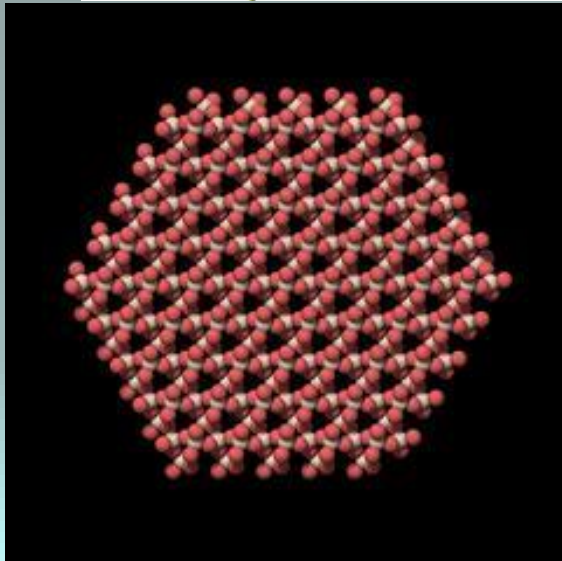
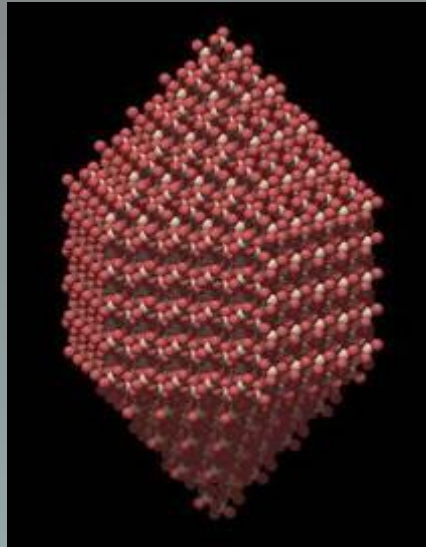
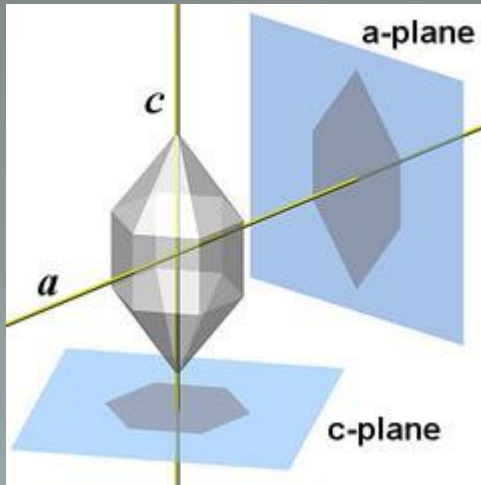
- Cristalinidade
 - *Cristalinas e não-cristalinas (amorfas).*
- Alotropia
 - *Quartzo, cristobalita, tridimita, estishovita, coesita*

Diagrama de Fase Unário Sílica



- (a) Linhas de Coexistência experimentalmente determinadas da sílica no diagrama unário P-T. São mostradas as regiões de estabilidade para a estishovita (S), coesita (C), β -quartzo (Q), e sílica fundida (L). O encarte inserido no gráfico uma expansão do diagrama com as regiões de estabilidade termodinâmica da cristobalita e da tridimita.

Quartzo

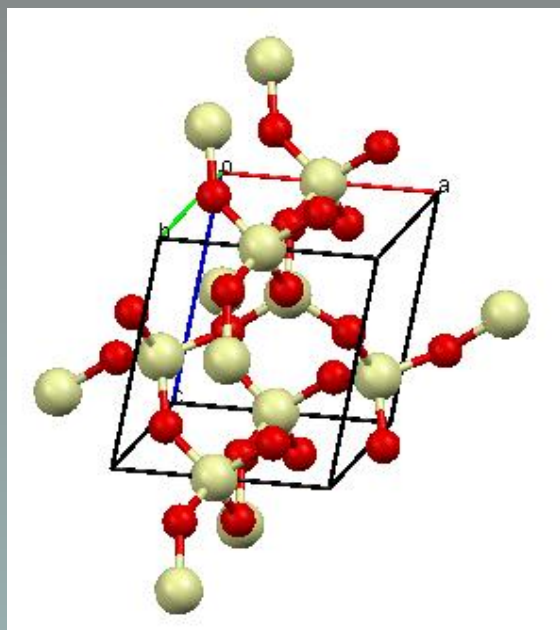


α -Quartzo

Célula Unitária

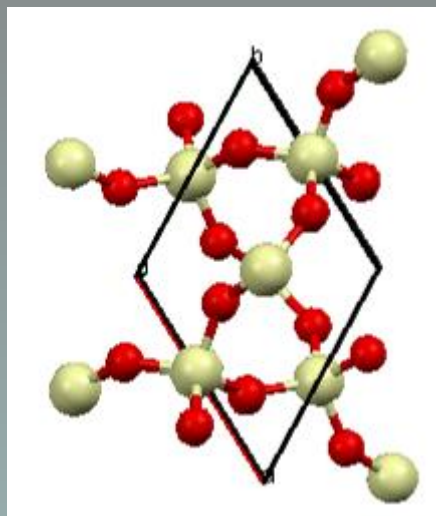


Hábito cristalino

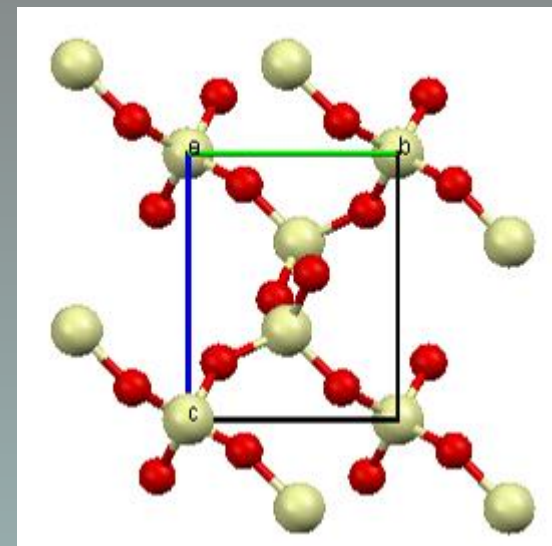


Grupo espacial **Trigonal**
 $P 3_2 2 1$

$a=b= 4,916$; $c= 5,4054 \text{ \AA}$
 $\alpha=\beta= 90^\circ$; $\gamma=120^\circ$
 $V= 113,131$



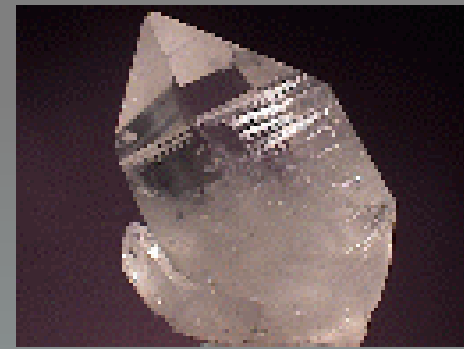
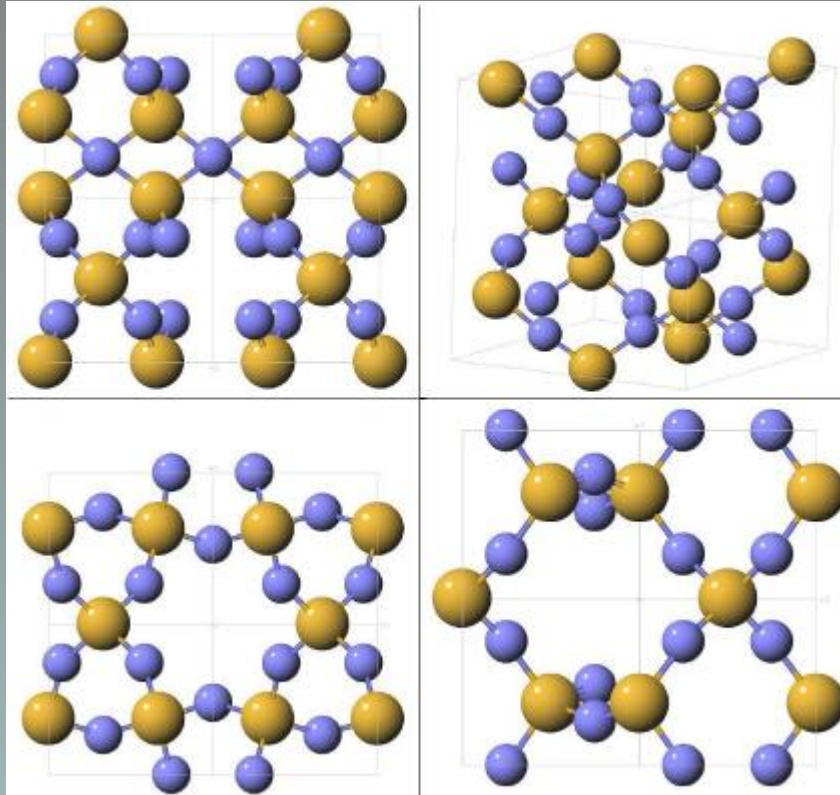
direção [001]



Direção [100]

$\angle \text{Si-O-Si} = 146,7^\circ$
 $\angle \text{O-Si-O} = 111^\circ$

β -quartzo



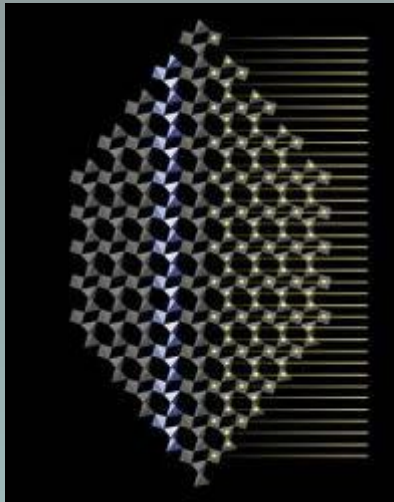
Beta-quartzo

Grupos Espaciais Hexagonais

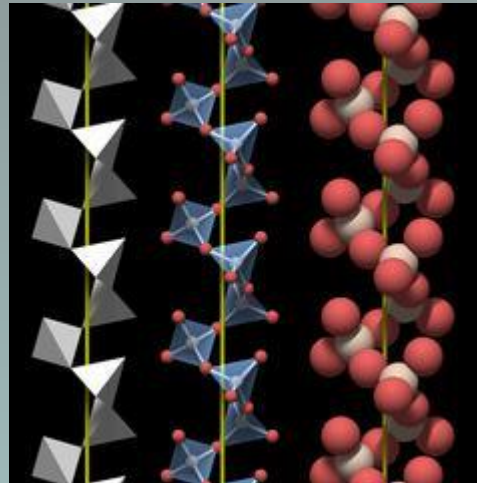
$P6_22$ (No. 180) e $P6_422$ (No. 181)

Formas Enantiomórficas do Quartzo

- As formas enantiomórficas do quartzo surgem da presença de cadeias de tetraedros de silicatos unidos por ligações siloxano (portanto, pelos vértices do tetraedro) formando espirais dextrógiras ou levógiras.



Em azul as cadeias de silicatos que originam as espirais de silicatos ao longo do eixo c . As linhas marcam a posição dos Si.



3 representações distintas de uma espiral dextrógira de silicatos isolada da figura da esquerda.



Representação esquemática das espirais levógira e dextrógira nos enantiomorfos do quartzo.

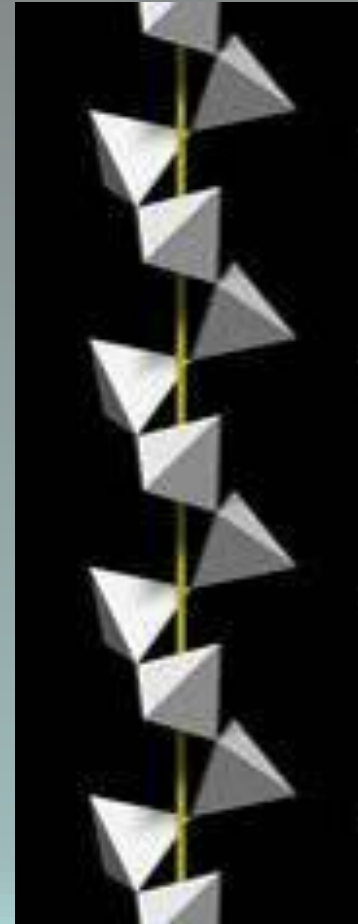
Tanto o polimorfo α quanto o β apresentam enantiomorfos.

Formas Enantiomórficas

Quartzo

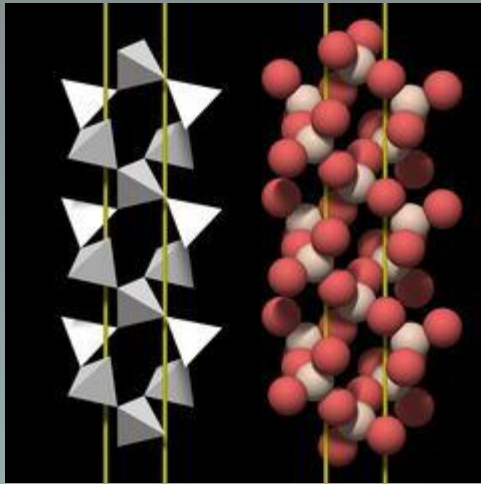


dextrógira

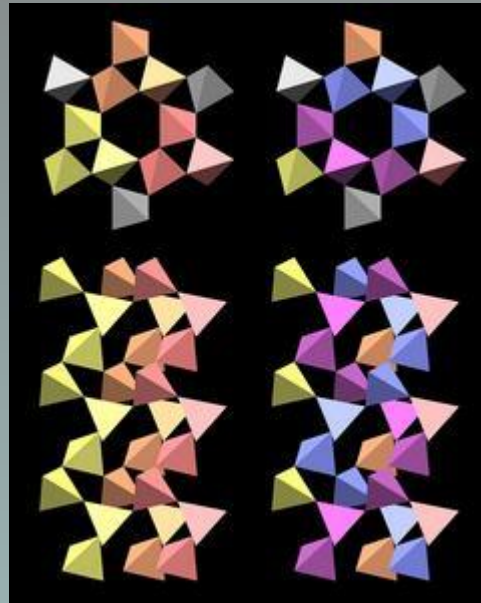


levógira

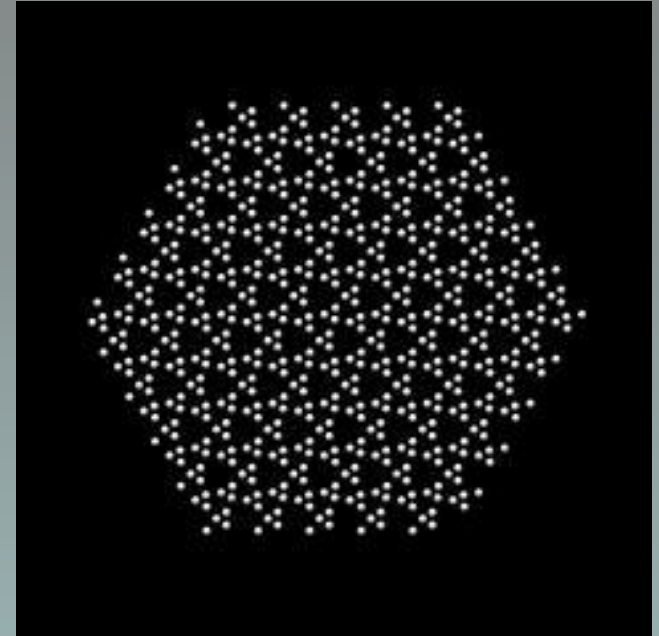
Empacotando as Espirais



2 espirais



3 espirais



Visão ao longo do eixo **c**.

A Sílica sob Pressão

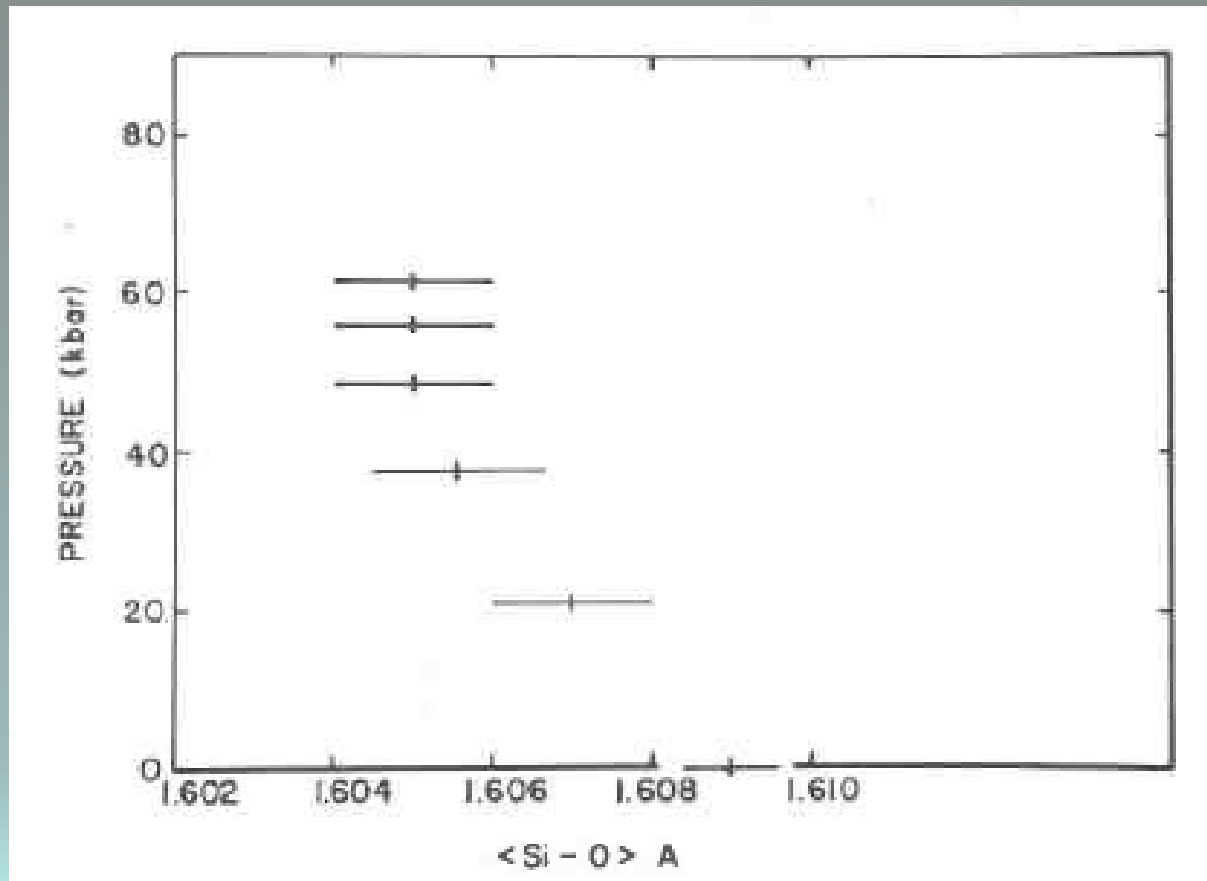
Elasticidade do Quartzo

- Variação dos parâmetros de rede em função da pressão.

Table 5. Unit-cell parameters of quartz at pressure

	a (Å)	c (Å)	v (Å ³)
1 atm	4.916 (1)*	5.4054(4)	113.13(3)
20.7(5) kbar	4.8362(5)	5.3439(4)	108.24(2)
31. (1) kbar	4.785 (3)	5.307 (2)	105.26(8)
37.6(5) kbar	4.7736(7)	5.3010(4)	104.61(2)
48.6(5) kbar	4.739 (1)	5.2785(5)	102.66(3)
55.8(5) kbar	4.7222(5)	5.2673(6)	101.72(3)
61.4(5) kbar	4.7022(3)	5.2561(2)	100.65(3)

Elasticidade do Quartzo



Elasticidade do Quartzo

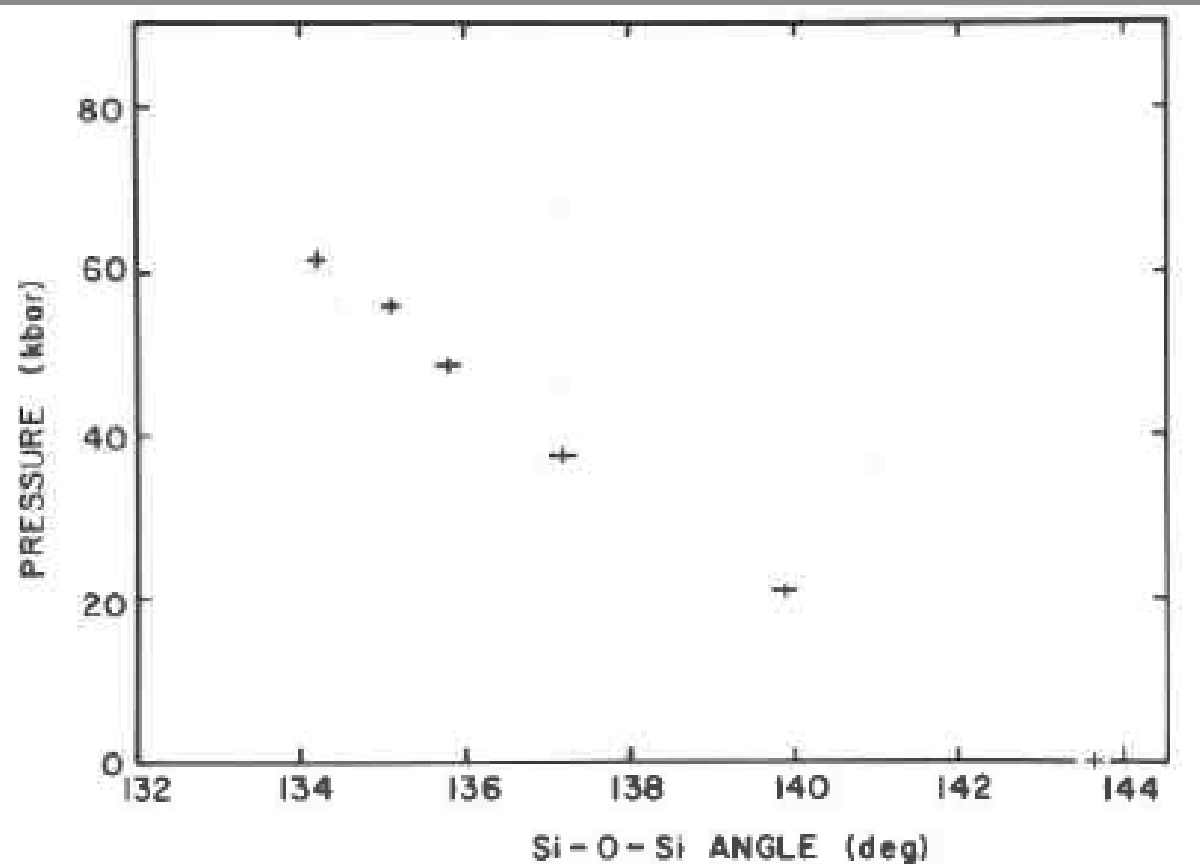
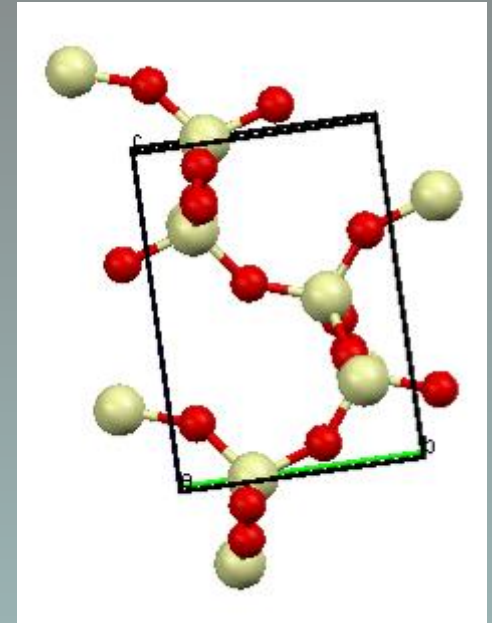
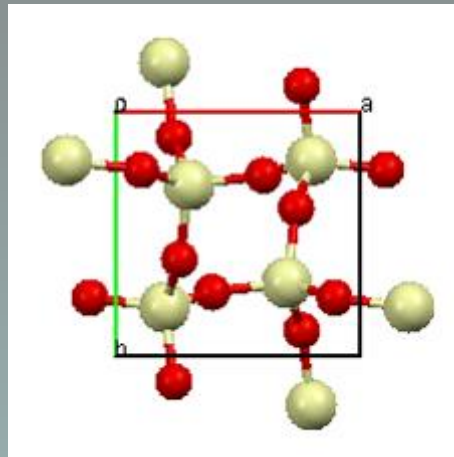
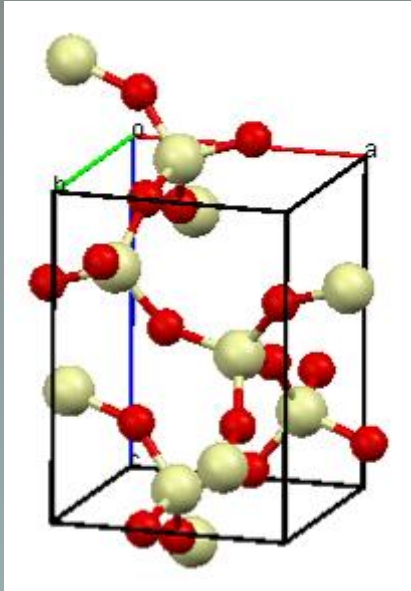


Fig. 5. The pressure dependence of the flexible Si-O-Si angle. The curvature of the data indicates a tapering off of the change in this angle as pressure is increased.

α -cristobalita

$$d(\text{Si-O}) = 1,6034 \text{ \AA}$$
$$d(\text{Si-O-Si}) = 3,070 \text{ \AA}$$



cristobalita

$$\angle \text{O-Si-O} = 108-109^\circ$$

Grupo espacial $P 4_12_12$
 $a=b= 4,9717$ $c= 6,9223 \text{ \AA}$
 $V = 171,104$

Transformação de Fase Sílica

- Quartzo ($\alpha \rightarrow \beta$) 573°C

- Tridimita ($\alpha \rightarrow \beta$) 110-180°C

1470°C
- Cristobalita ($\alpha \rightarrow \beta$) 218°C
- Fusão (1710 °C)

Passagem de $\alpha \rightarrow \beta$ envolve rotações de ligações, portanto é reversível.

Passagem do quartzo para cristobalita ou tridimita envolve quebras de ligações siloxano, Si-O-Si, portanto envolve grandes quantidades de energia e é pouco reversível.

Transição de Fase Sílicas

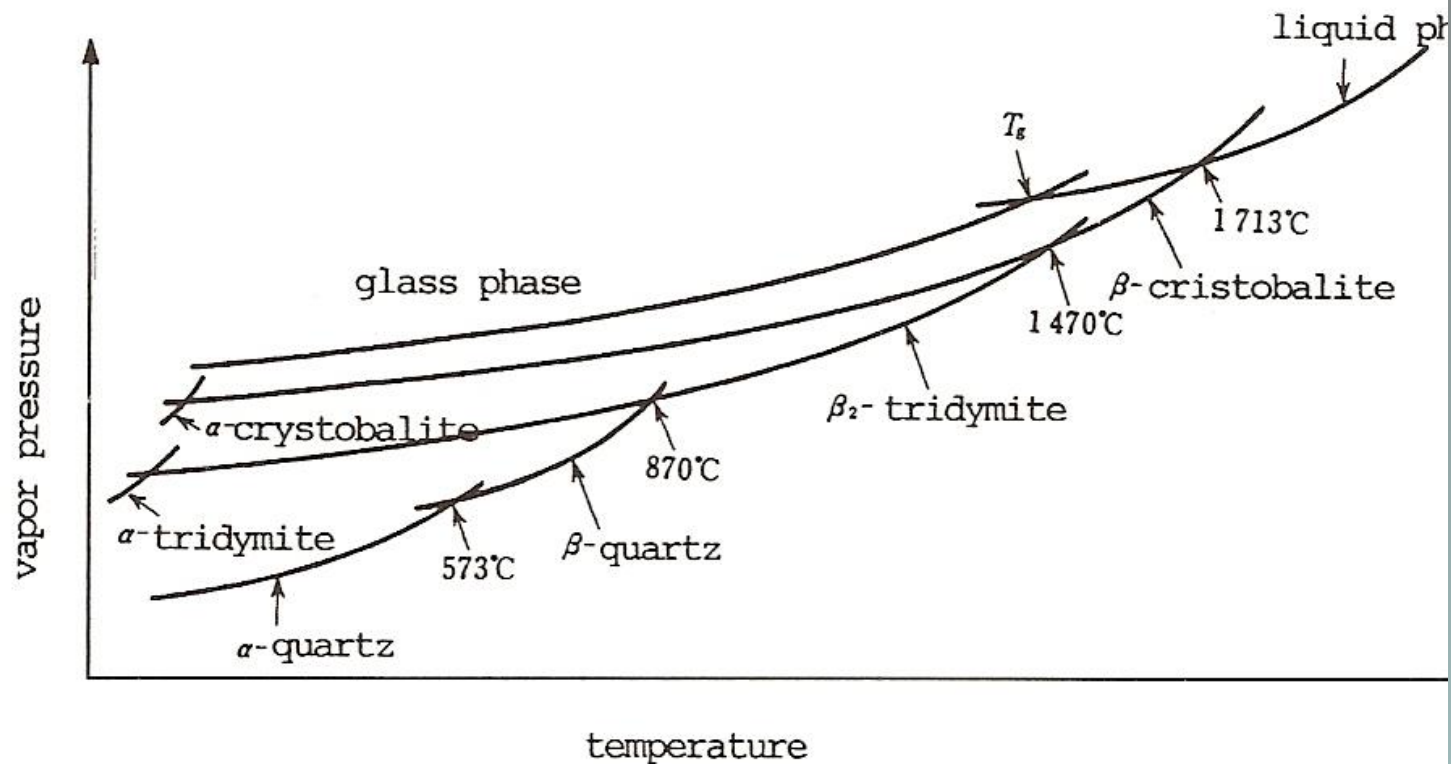
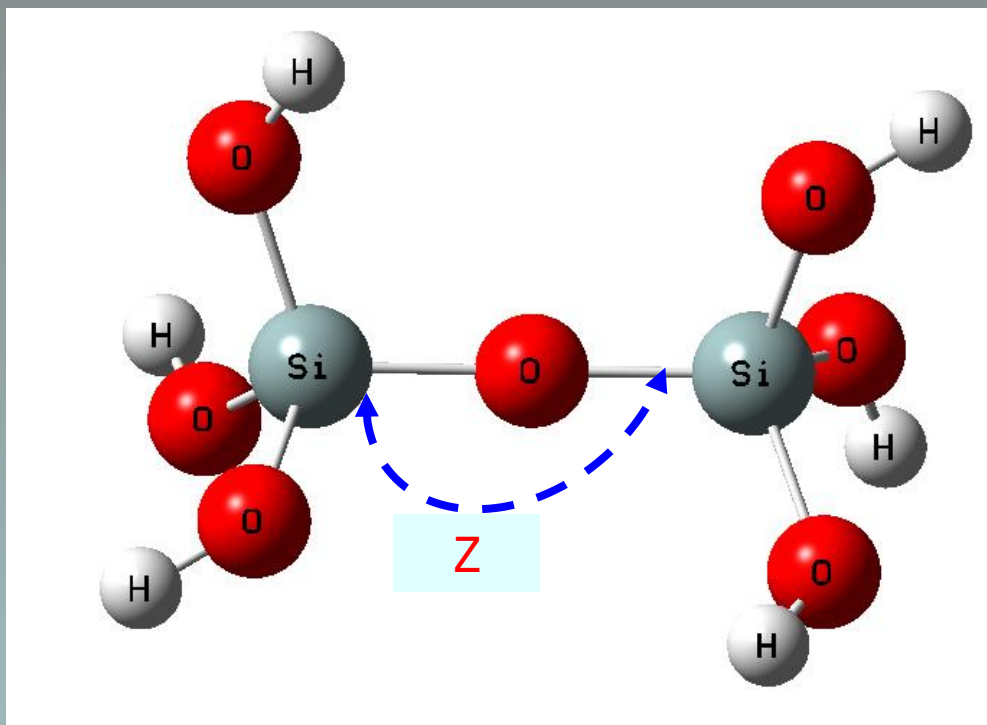


Fig. 2.32 Vapor pressure versus temperature diagram of SiO_2 polymorphs

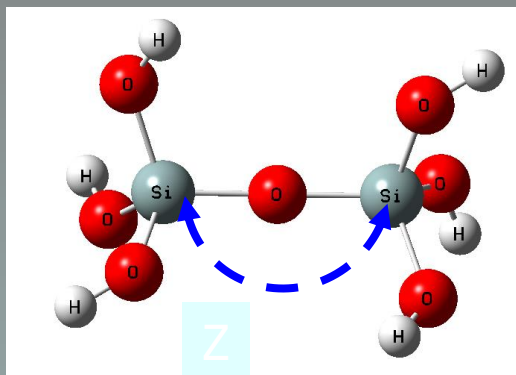
A Ligação Siloxano

Si-O-Si



O ângulo Z pode variar entre 135 e 180⁰ fazendo desta ligação uma das mais flexíveis reportadas até hoje!!!

Ligação Siloxano



$$\Delta E = 0,5 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$Z = 180^\circ$$

$$Z = 151,4^\circ$$

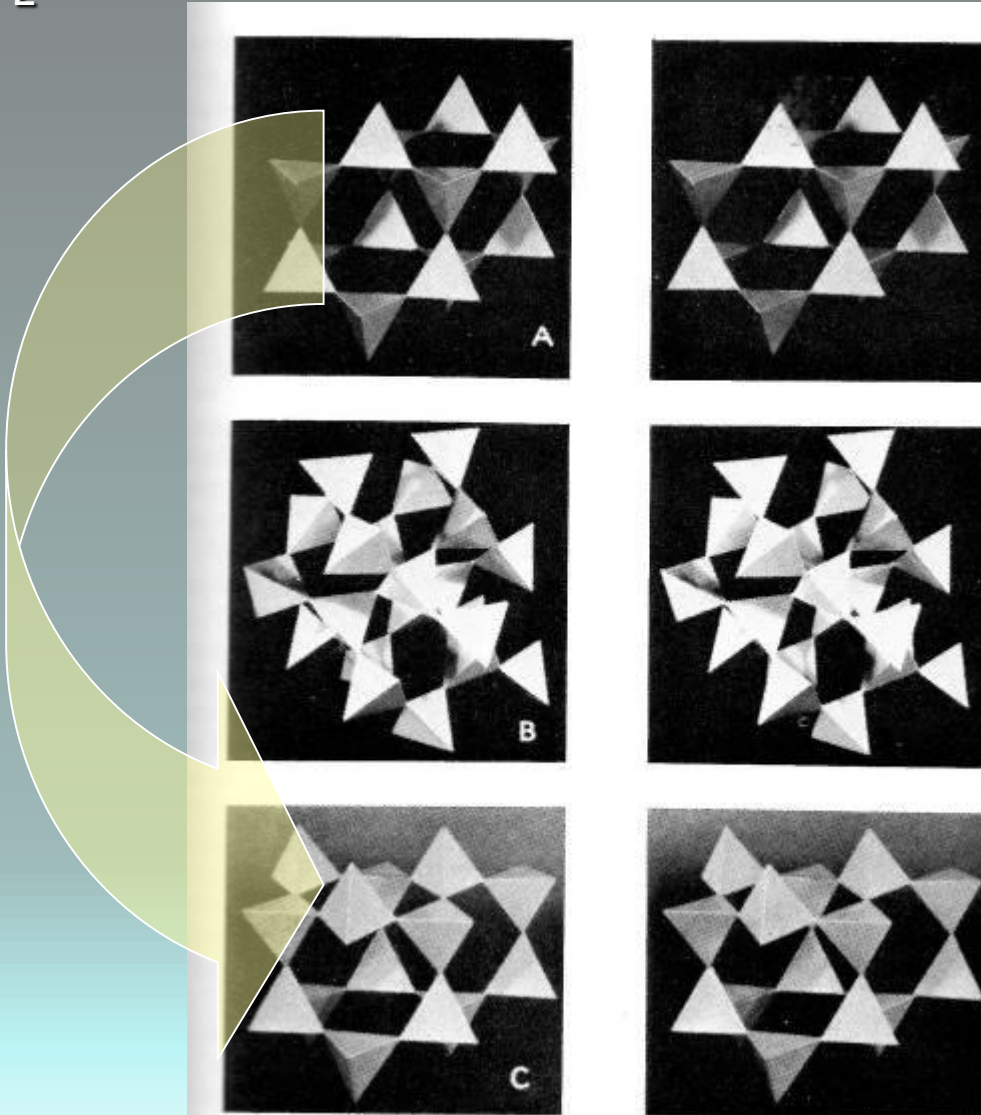
$$Z = 110^\circ$$

$$\Delta E = 29,3 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

Polimorfos da Sílica



Quebra de ligação Si-O-Si para rotação do tetraedro superior



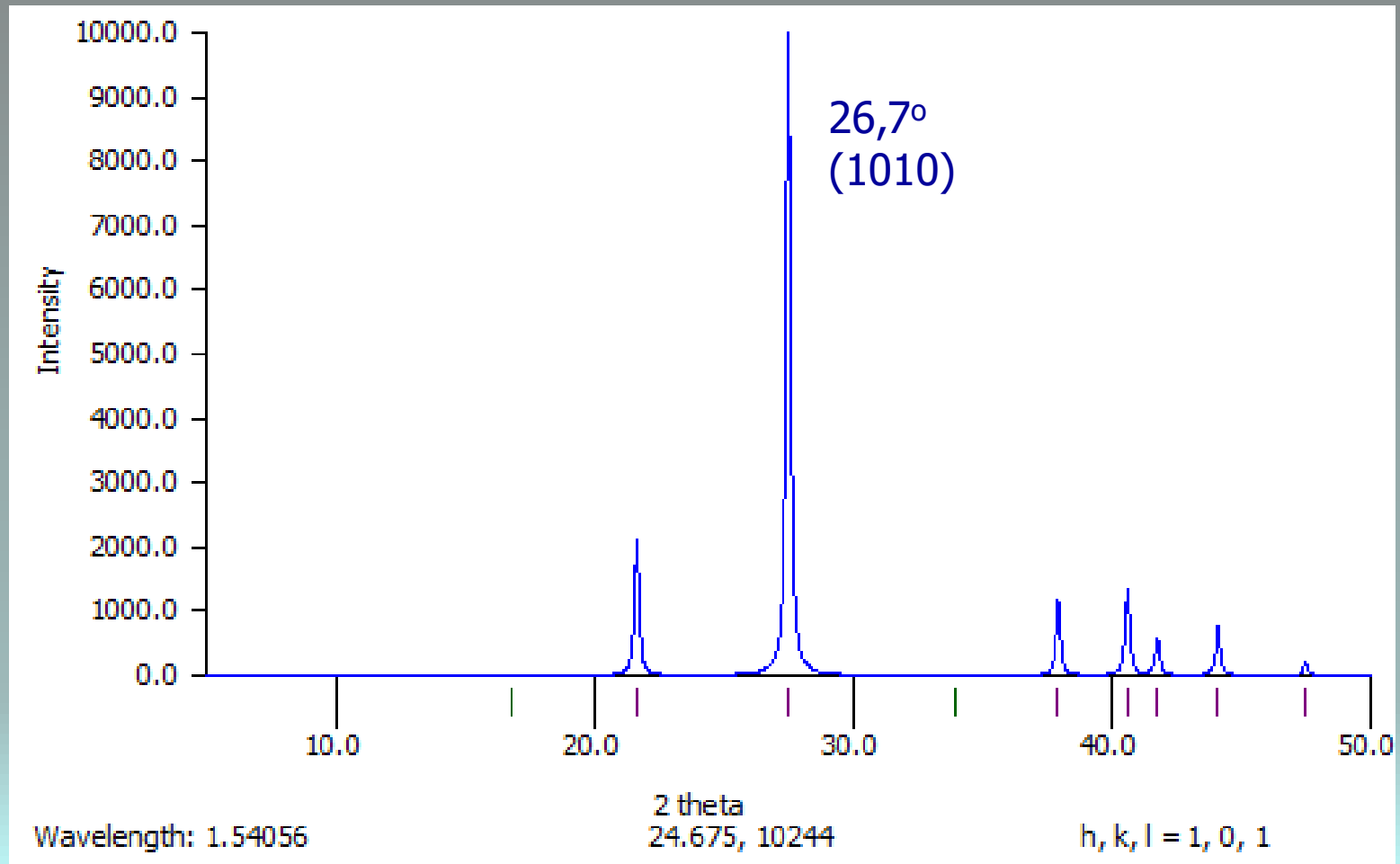
cristobalita

quartzo

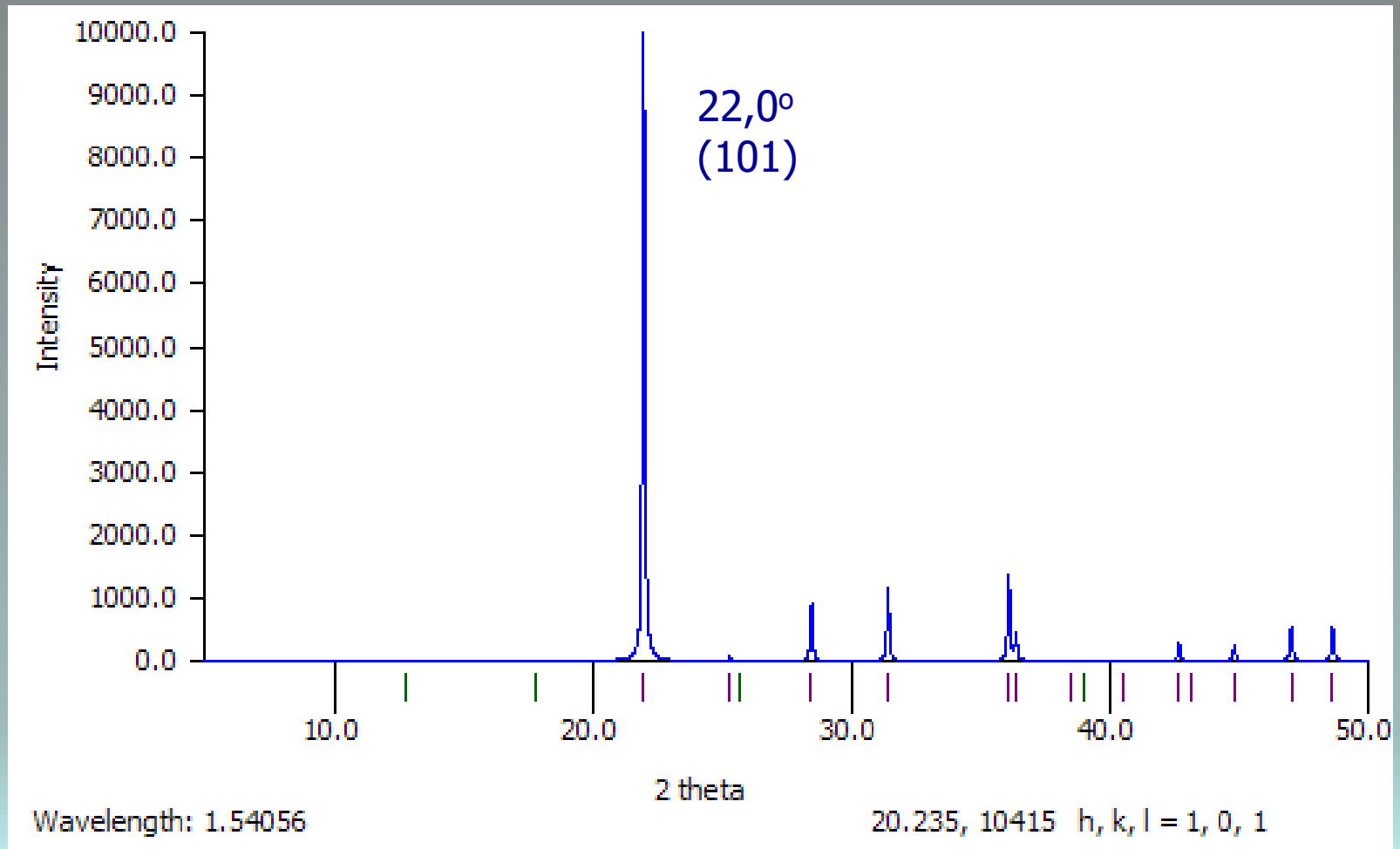
tridimita

Quebra de ligação Si-O-Si

Difratograma de Raios-X α -Quartzo

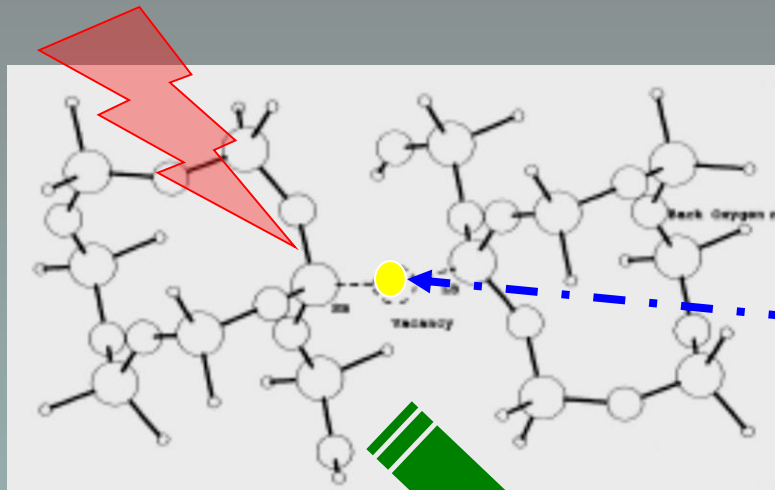


Difração de raios-X α -Cristobalita



Defeitos no Quartzo

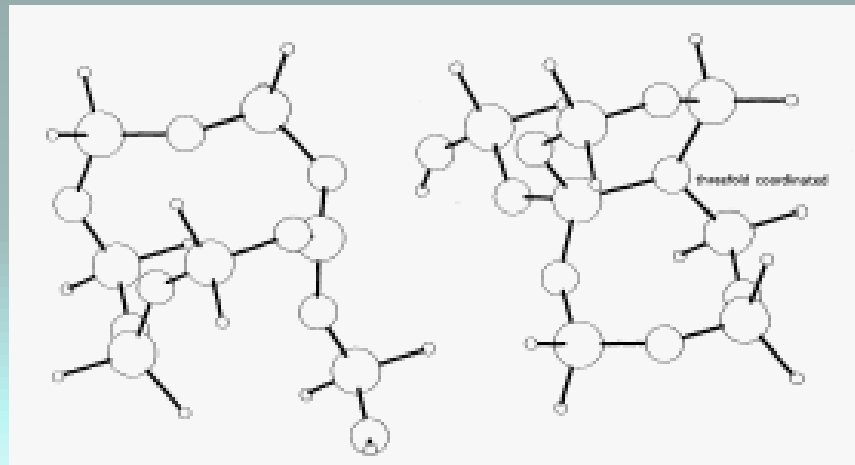
- Defeitos do tipo E: Lacunas de O^{2-} (Modelo Semi-empírico)



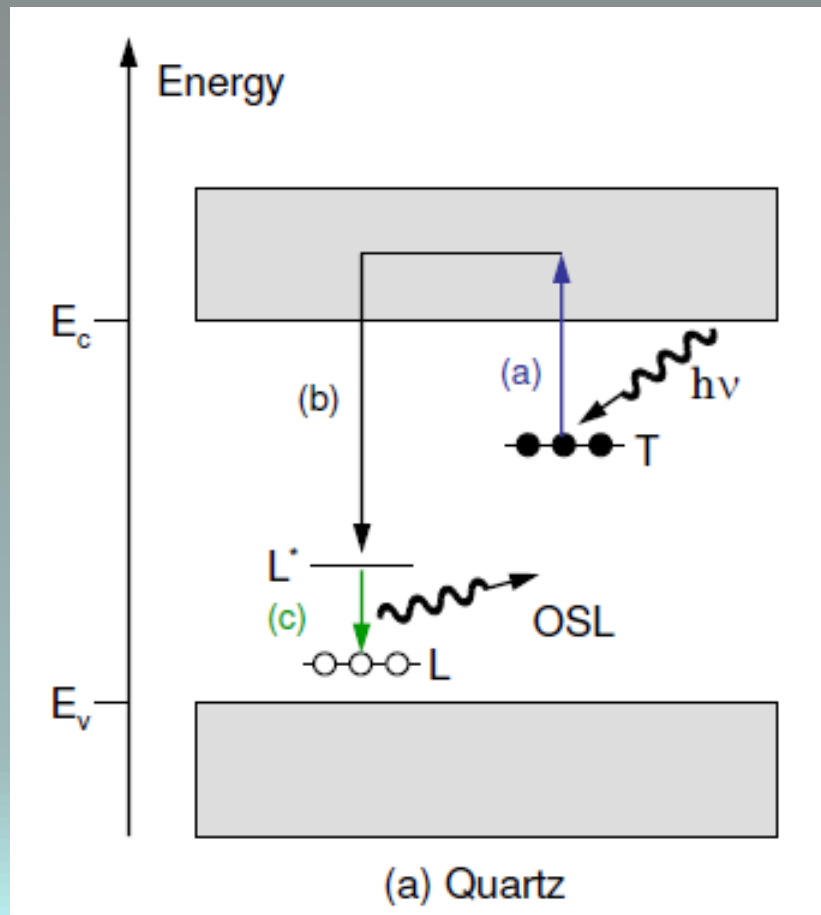
Lacuna de O^{2-}

Formação de ligação Si-Si

Estrutura da
sílica
rearranjada após
a formação da
lacuna



Datação e Defeitos no Quartzo

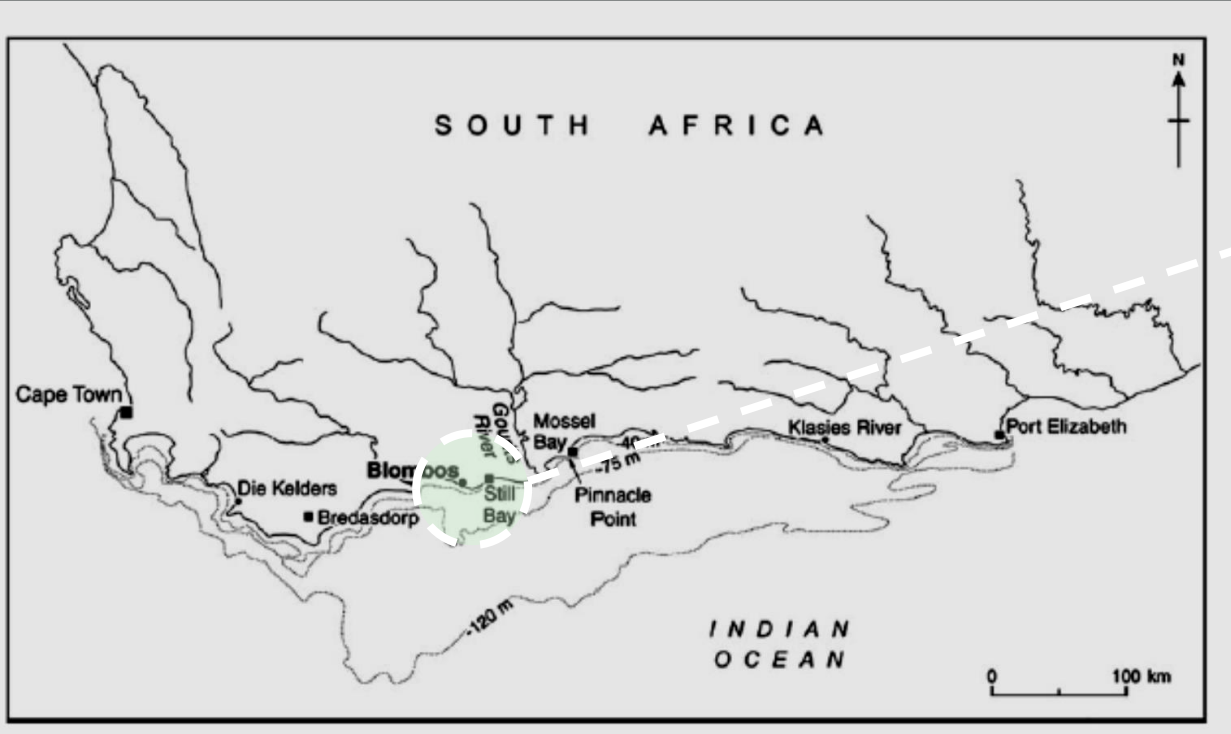


Banda de condução

Banda de valência

Datação de Artefatos

Cultura Mesolítica, Caverna Blombos, África do Sul



Cavernas de Blombos



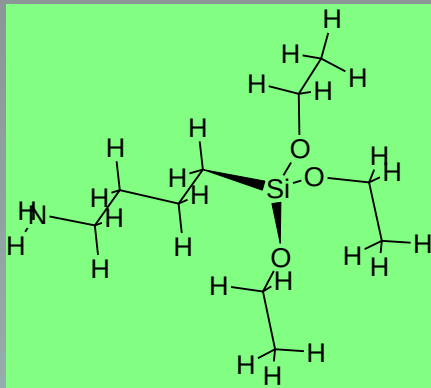
Artefato mais antigo fabricado pelo *Homo Sapiens* moderno já descoberto ($70 \pm 5 \times 10^3$ anos atrás)

C. S. Henshilwood et al, *Science*, 295 (2002), 1278.

Desenhando na Superfície da Sílica

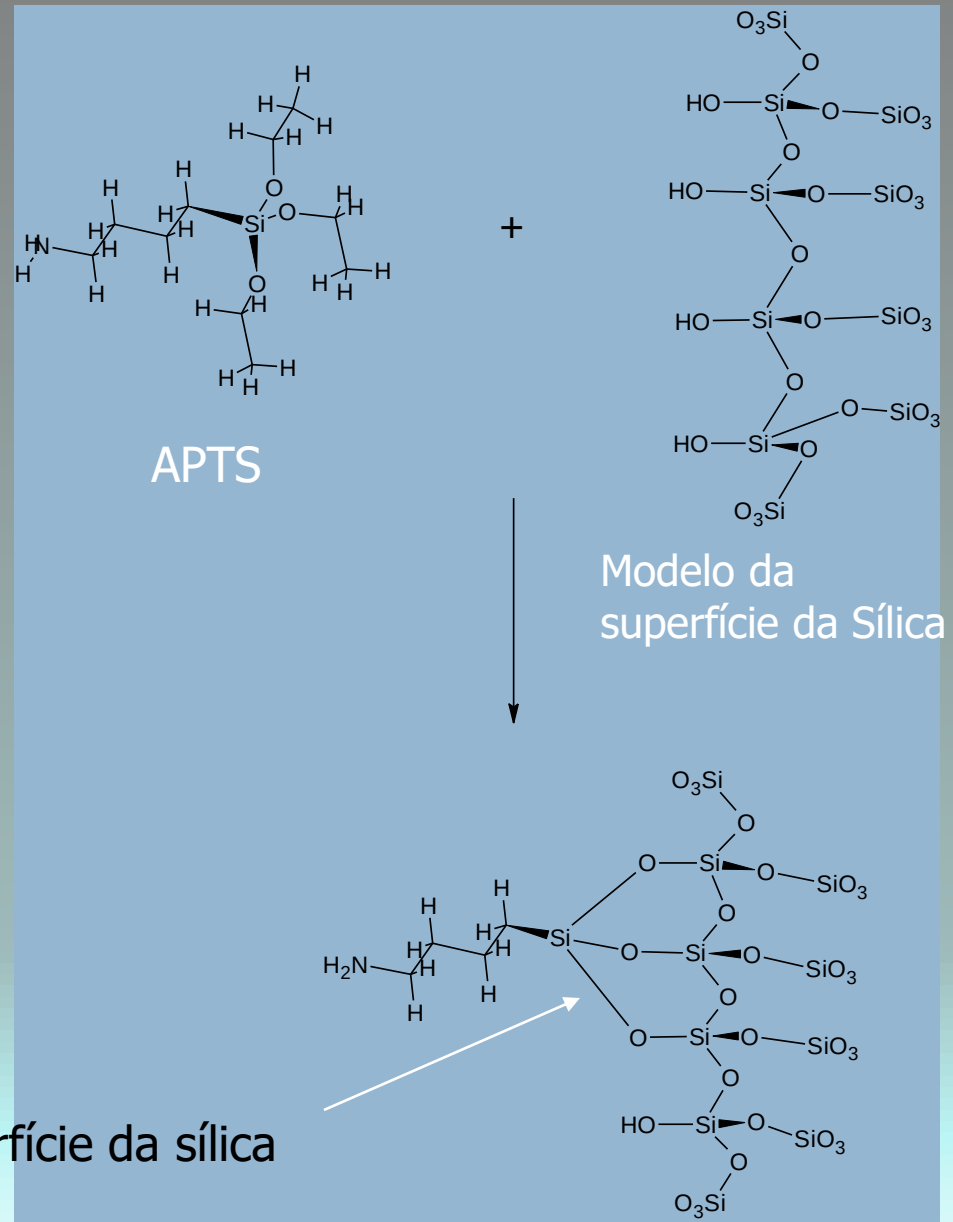
Sililação da Sílica

- Reação de Organossilanos com grupos Silanóis (Si-O-H) do SiO_2



3-aminopropiltrimetóxisilano (APTS)

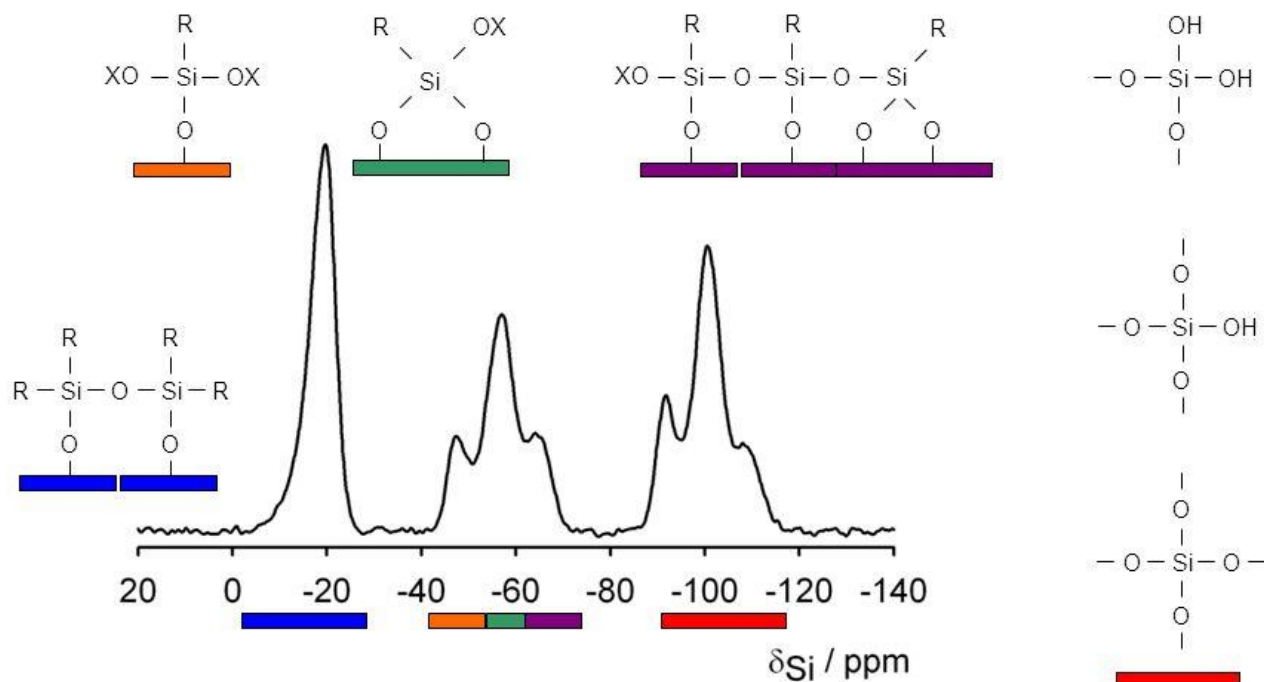
Ligação Si-O-Si
Entre APTS e a superfície da sílica



^{29}Si MAS/NMR

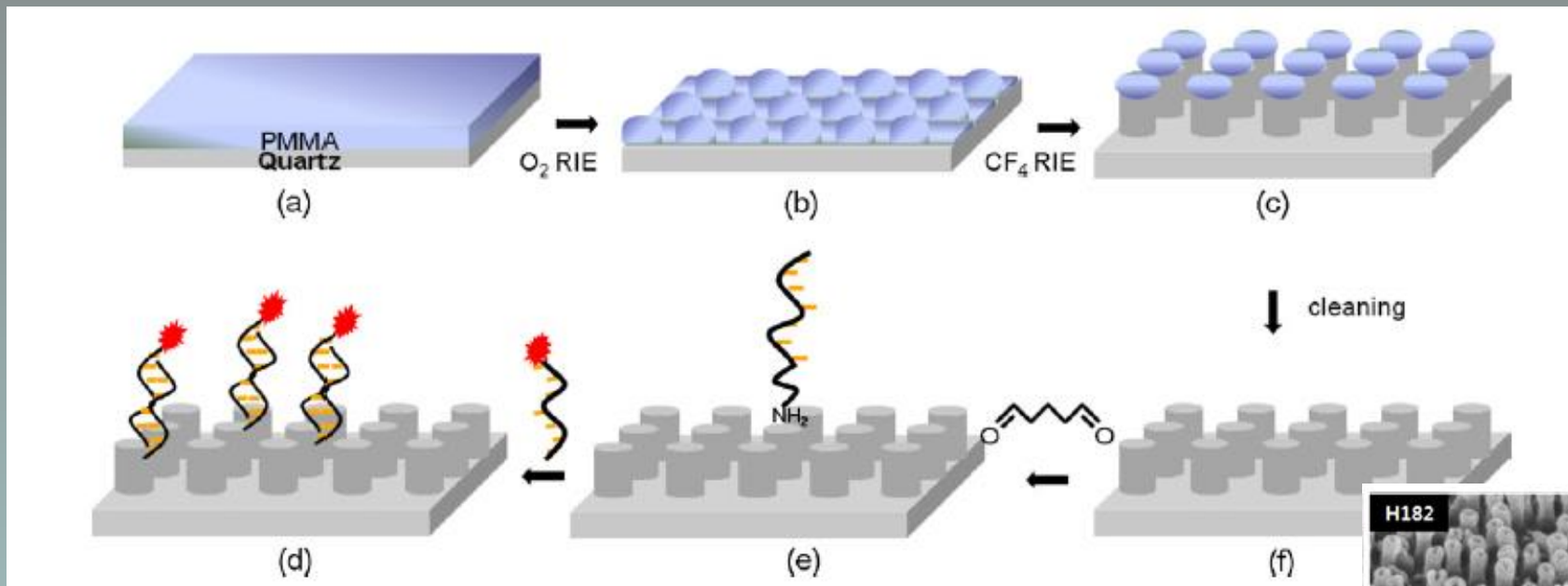
Distinção de Formas de Quimissorção

Silicon chemical shifts



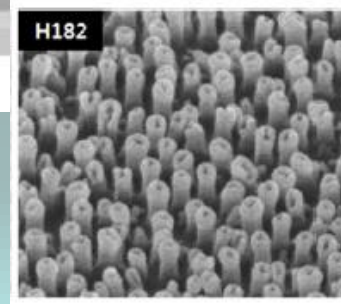
Aplicação da Sililação do Quartzo Nanoestruturado para Biochips

- Usando de Litografia se desenham Nanoestruturas



= DNA de fita única marcado com sonda fluorescente

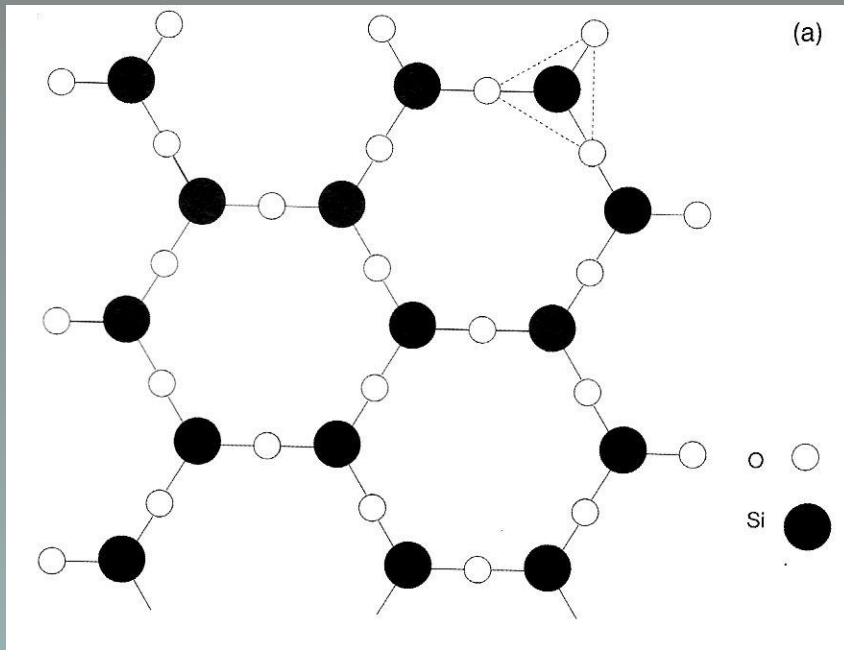
RIE = Corrosão (etching) Induzida por Plasma Reativo



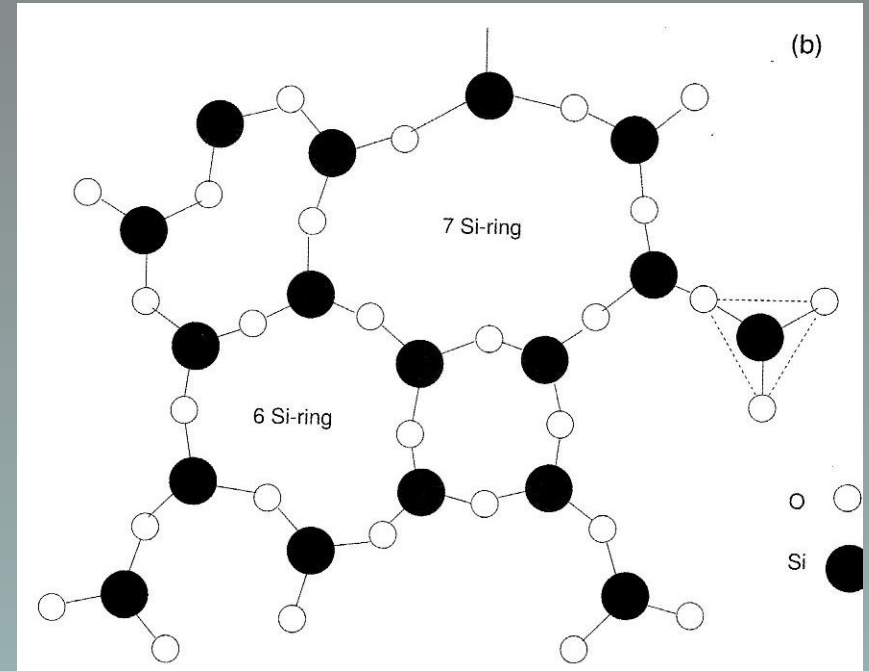
Colunas de
Quartzo com
180nm de altura

Sílica Cristalina vs Não-Cristalina

Estrutura: Projeção 2D



Sílica Cristalina



Sílica Não-Cristalina

Sílica Não-Cristalina

Mineral Quartzito



Quartzo Fundido

Sílica Fundida Sintética (Infrasil[®],
Suprasil[®], etc....)



Sílica Não-Cristalina

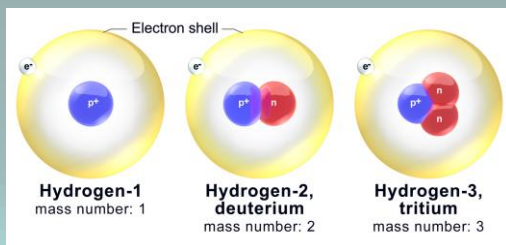


- Sílica Gel (Xerogel)
 - Síntese em solução via processo Sol-gel
 - Sílica Aerosil (*Fumed Silica*)
 - Síntese via oxidação de SiCl_4 na chama
-
- Ambas têm alta Área superficial específica (100-500m².g⁻¹)

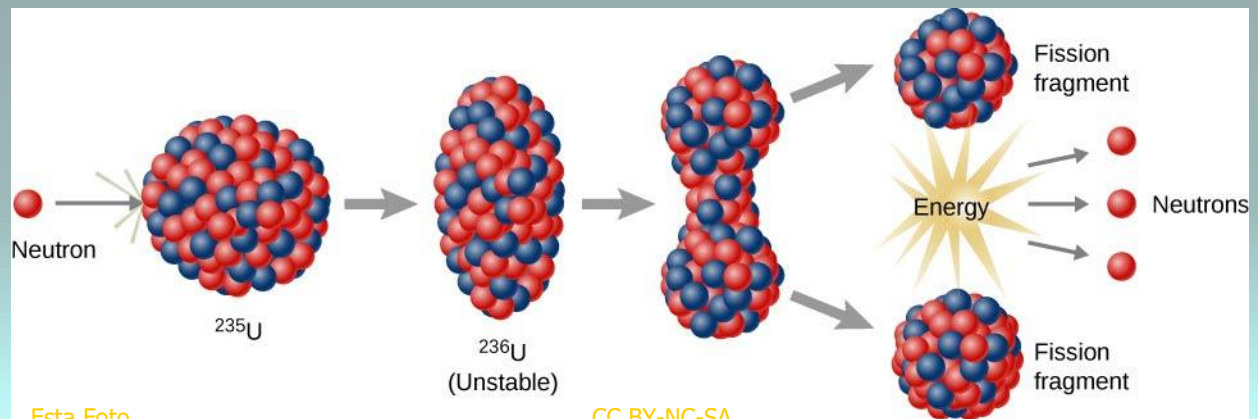
Estudando a Ordem-Desordem

Difração de Nêutrons

- Nêutrons- partículas nucleares liberadas em processos de Fissão nuclear de Isótopos em Reatores Nucleares.
- Energia de até 1MeV é muito alta para uso prático, portanto, eles são desacelerados.



Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-SA](#)



Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-NC-SA](#)

Princípio da Dualidade

Louis De Broglie

Relativity

$$E = mc^2 = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}$$

Kinetic energy term Rest mass energy term

rest mass = 0

Momentum of a photon

$$p = \frac{E}{c}$$

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{E}{c}$$

Wavelength-energy relation

Photoelectric effect

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

for photon

The de Broglie Hypothesis

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

for electron?

Energia e Comprimento de Onda dos Nêutrons

– hot neutrons:

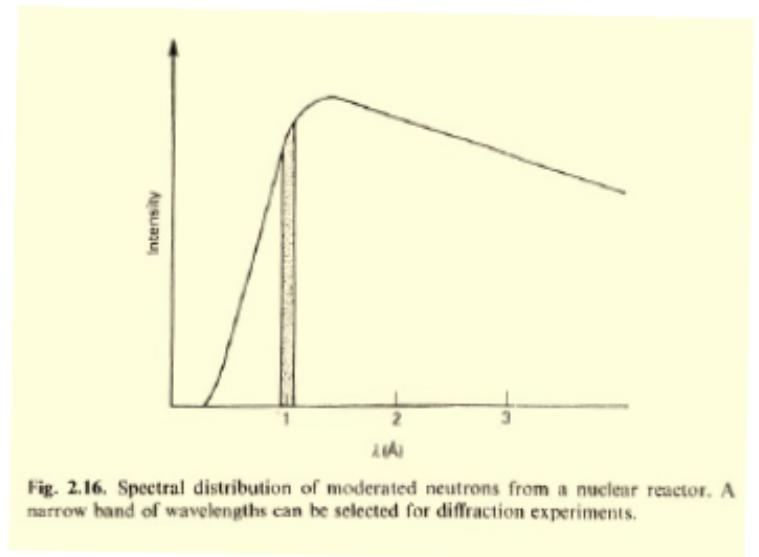
- moderated at 2000°C
- $0.1\text{-}0.5\text{ eV}$, $0.3\text{-}1\text{ \AA}$, $10\,000\text{ m/s}$

– thermal neutrons:

- moderated at 40°C
- $0.01\text{-}0.1\text{ eV}$, $1\text{-}4\text{ \AA}$, 2000 m/s

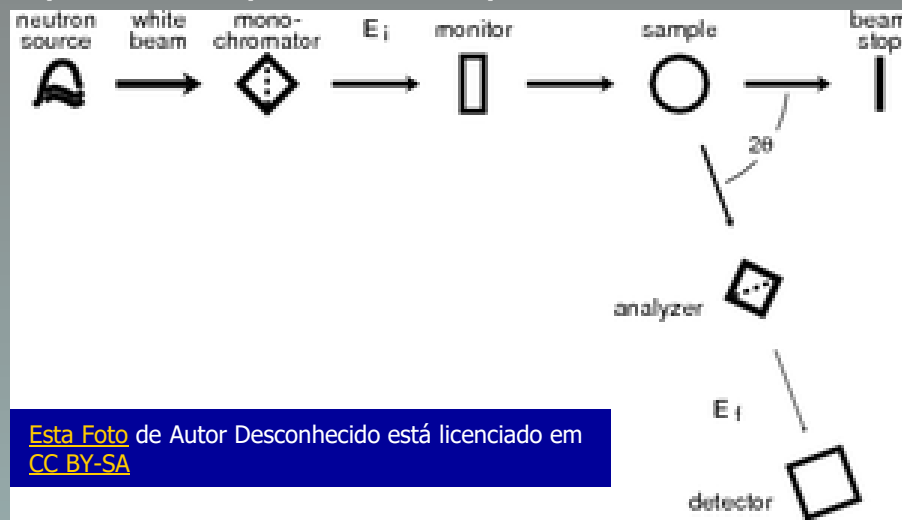
– cold neutrons:

- moderated at -250°C
- $0\text{-}0.01\text{ eV}$, $0\text{-}30\text{ \AA}$, 200 m/s

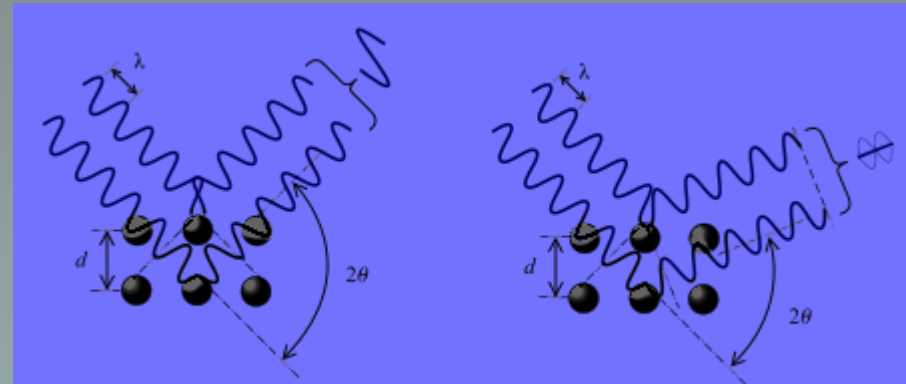


Difração de Nêutrons

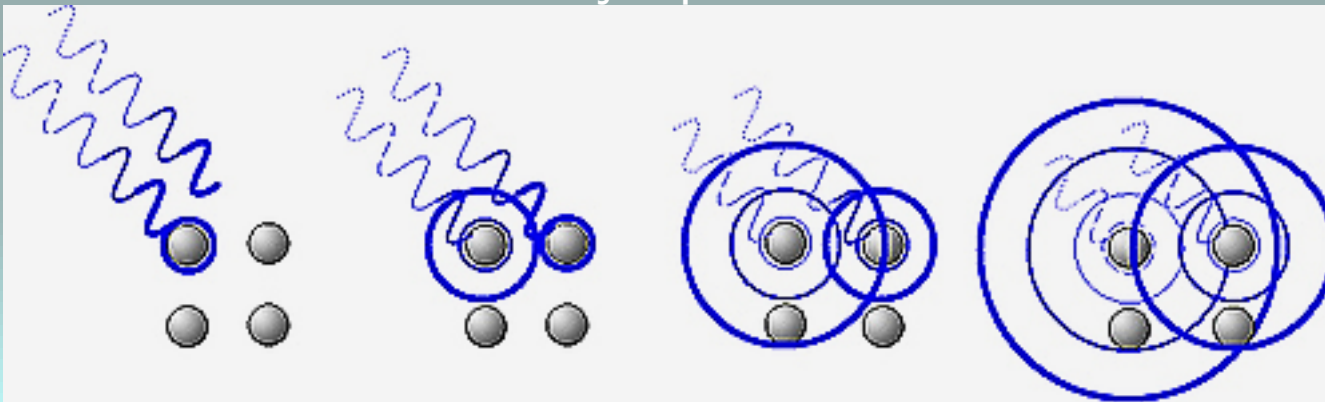
Aparato Experimental para Dif. Nêutrons



Lei de Bragg continua válida
 $n\lambda = 2d \sin\theta$

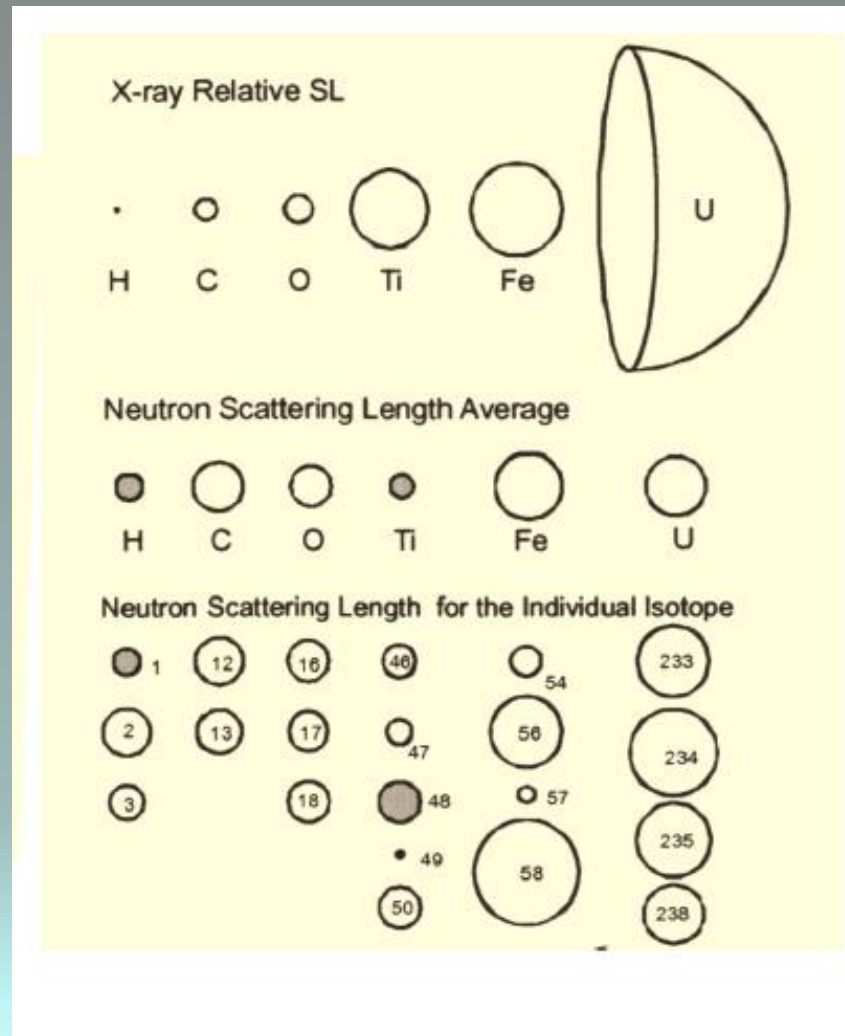


Fenômeno de Difração por uma Rede Cristalina



Fator de Espalhamento Atômico

Raios X vs Nêutrons



Ordem à Curta Distância

Sílica Vítreia

Difração de Nêutrons

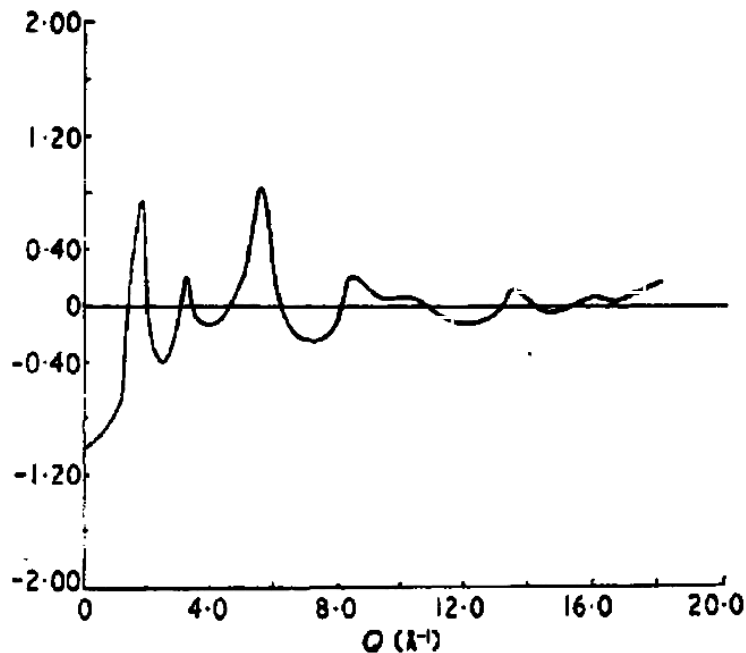


Figure 8. Normalized diffraction pattern of synthetic vitreous silica.

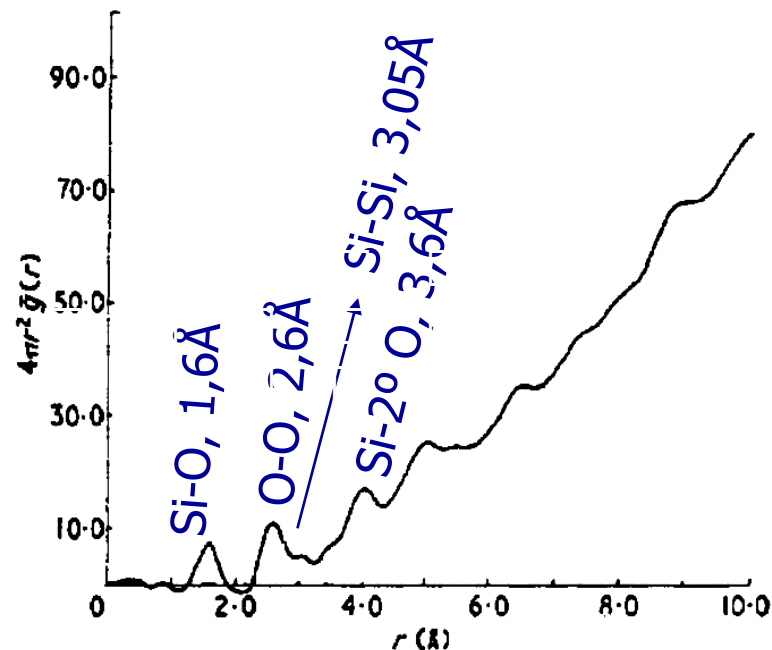
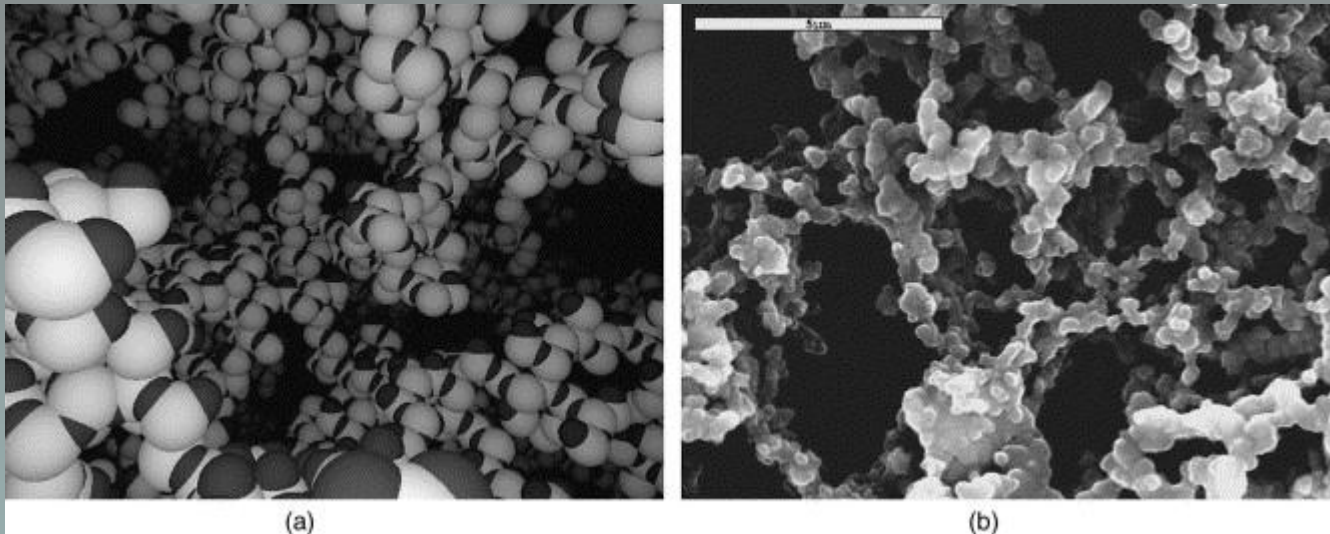


Figure 9. Total radial distribution function of synthetic vitreous silica.

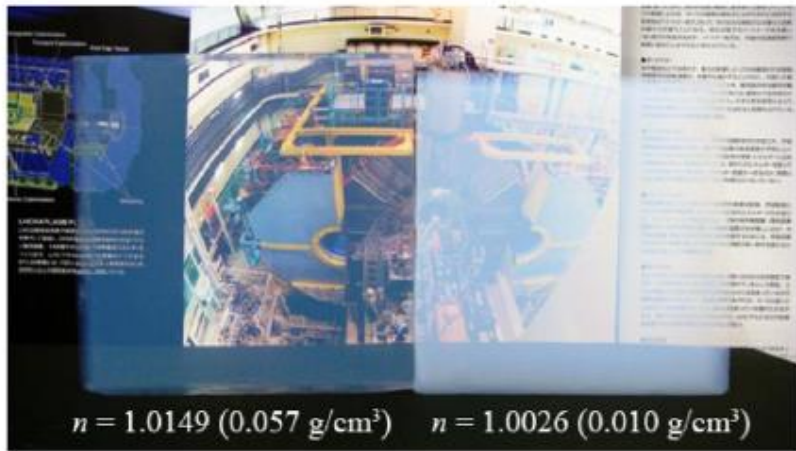
Estrutura Fractal da Sílica Gel



(a) Modelo do arranjo molecular dos grupos silicatos na sílica gel obtido por Modelagem com Mecânica Estatística (modelo balístico); (b) micrografia da sílica gel obtida por Microscopia Eletrônica de Varredura.

Sílica Não-Cristalina

- Sílica Aerogel



Bom transmitância a luz visível

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 623 (2010) 339–341



Extremamente leve
 $d=0,03-0,35\text{ g/cm}^3$

Emily Norvell
Purdue University

TABLE 2: Typical properties of silica aerogels.

Property	Value
Apparent density	0.03–0.35 g/cm ³
Internal surface area	600–1000 m ² /g
% solids	0.13–15%
Mean pore diameter	~20 nm
Primary particle diameter	2–5 nm
Refractive index	1.0–1.08
Coefficient of thermal expansion	$2.0\text{--}4.0 \times 10^{-6}$
Dielectric constant	~1.1
Sound velocity	100 m/s

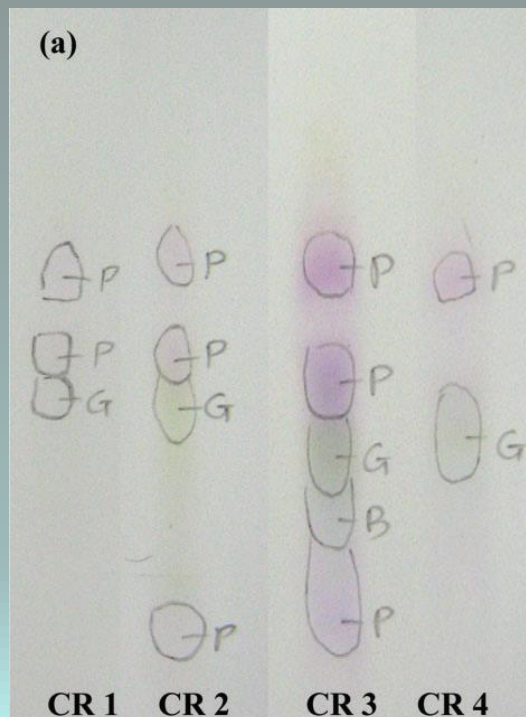
Fase Estacionária Cromatográfica

Sílica Aerogel preparada a partir de Sílica de Casca de Arroz

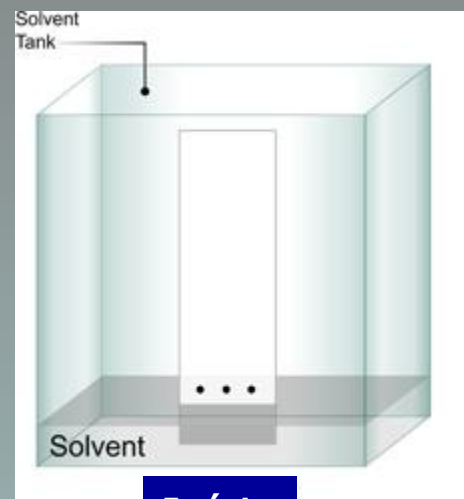


Orquídea
Cattleya bowringiana

extração
→
 $\text{CF}_3\text{COO}/\text{MeOH}$



Cromatografia de Camada Delgada (TLC)

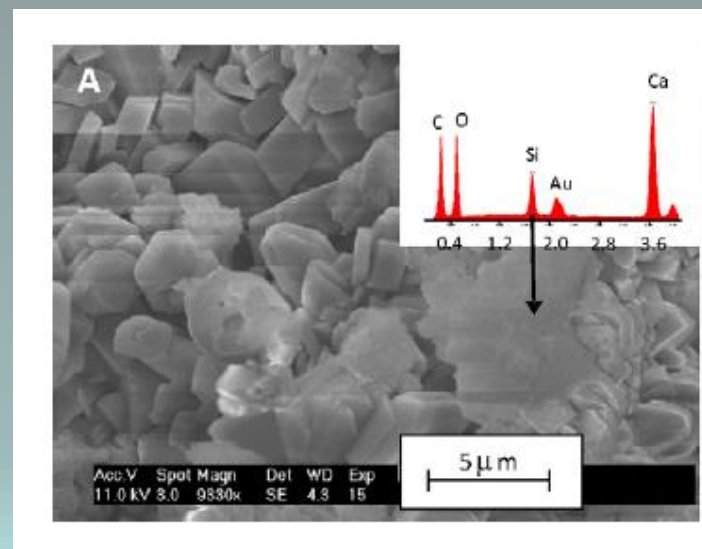
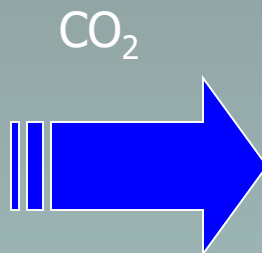
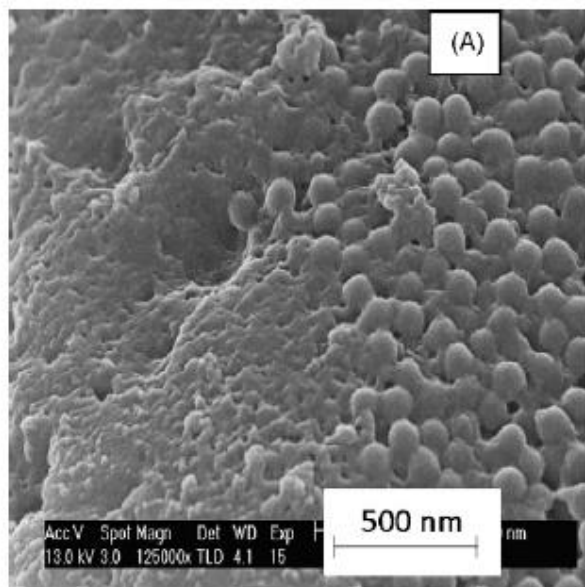


Início

Sílica Aerogel/Larnita

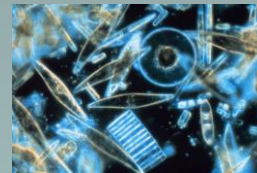
Absorção de CO₂

- Ca₂SiO₄/SiO₂(aerogel)



Sílica Biogênica ou Opala

- Sílica não-cristalina (amorfa) produzida por seres vivos.



Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-SA](#)

Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-NC-SA](#)

Um exemplo de Sílicas Biogênicas (Bsi)

Morfologias de Sílicas Biogênicas encontradas nos Rios Pahang, Endau e Pontiang na Malásia

	St1	St2	St3	St4	St5	St6	St7	St8
Elongate	37.8	33.9	28.3	28.3	49.3	37.9	5.63	2.63
Globular echinate	9.72	9.33	16.0	9.21	4.80	11.0	3.75	5.26
Elongate echinate	3.46	1.07	0.33	1.32	5.68	5.18	0.31	0.38
Globular	33.5	43.7	38.4	48.4	14.8	19.7	11.3	2.63
Cuneiform	4.54	3.20	4.56	2.63	10.5	8.74	1.25	-
Saddle	2.81	1.07	0.33	0.66	0.44	1.29	0.31	-
Phytolith								
Cylindric sulcate tracheid	0.43	-	1.30	-	-	-	-	-
Ovate	2.16	2.13	1.95	1.97	7.42	6.80	-	0.75
Bilobate short cell	0.65	-	-	0.33	-	1.29	-	-
Lanceolate	1.51	2.13	0.33	3.29	5.24	2.27	0.94	1.13
Rondel	-	0.27	1.30	-	-	0.65	0.31	-
Cylindrical polylobate	-	-	-	-	-	0.32	-	-
Sum of phytolith	96.5	96.8	92.8	96.1	98.3	95.1	23.8	12.8
Bacillariophyceae								
Centricae	-	-	-	-	-	0.32	45.9(35.9)*	42.8(28.9)*
Pennatae	2.81(0.65)*	3.20(1.87)*	7.17(2.61)*	3.62(0.33)*	1.75	4.21(1.62)*	22.8(11.3)*	36.5(16.7)*
Sum of phytoplankton	2.81	3.20	7.17	3.62	1.75	4.53	68.8	79.3
Sponge spicules	0.65	-	-	0.33	-	0.32	7.50	7.89

* represents for the contribution of diatom fractions to the whole biogenic silica.

Chinese Journal of Oceanology and Limnology
Vol. 34 No. 5, P. 1076-1084, 2016

Fitólitos

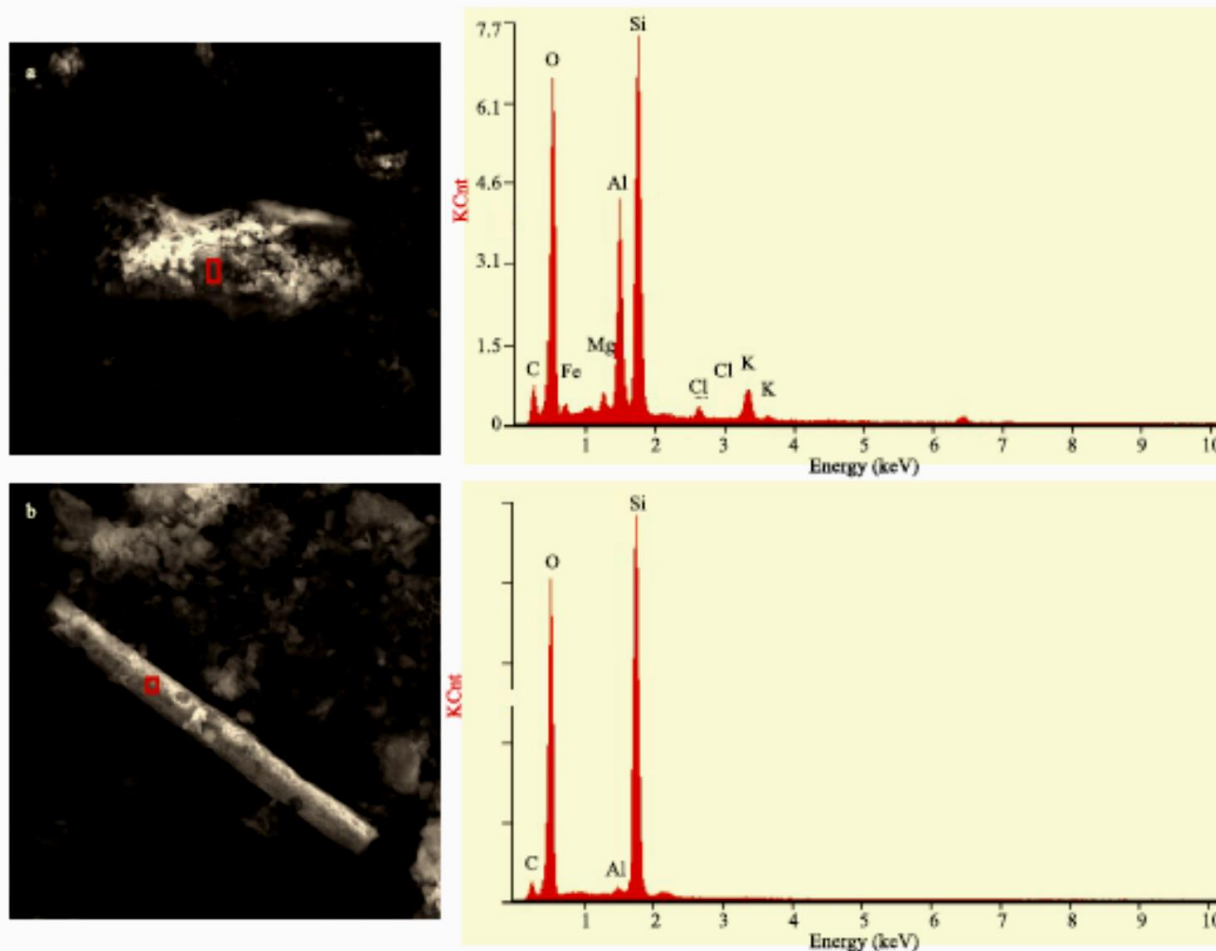


Fig.4 SEM image and EDS spectral analysis of phytolith

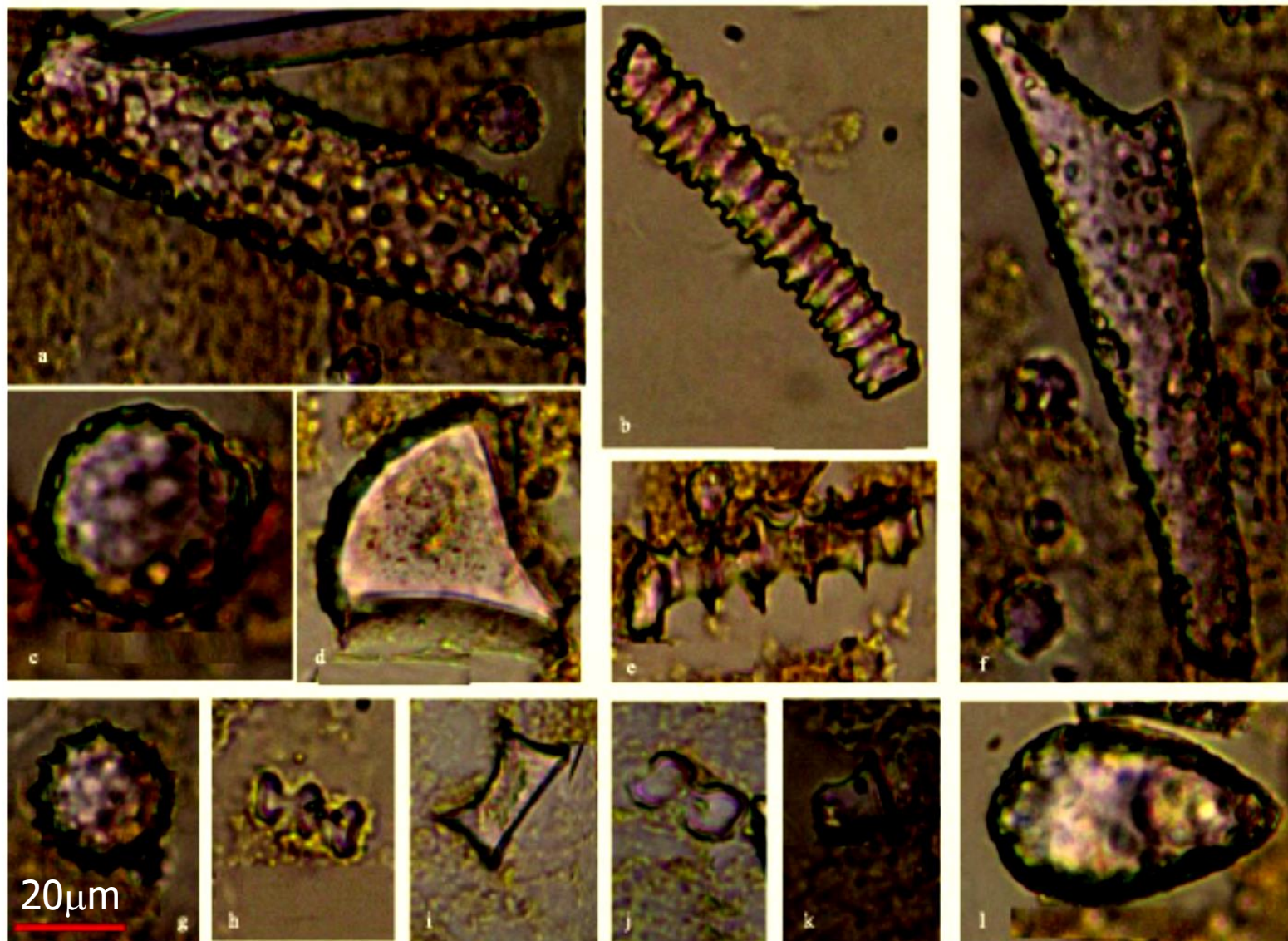
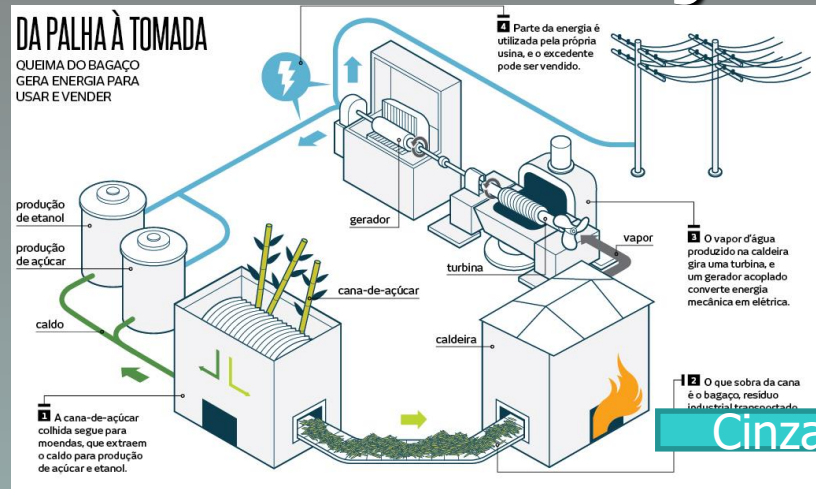


Fig.2 Microscopic observation of phytolith BSi particles in the Pahang, Pontian and Endau Rivers

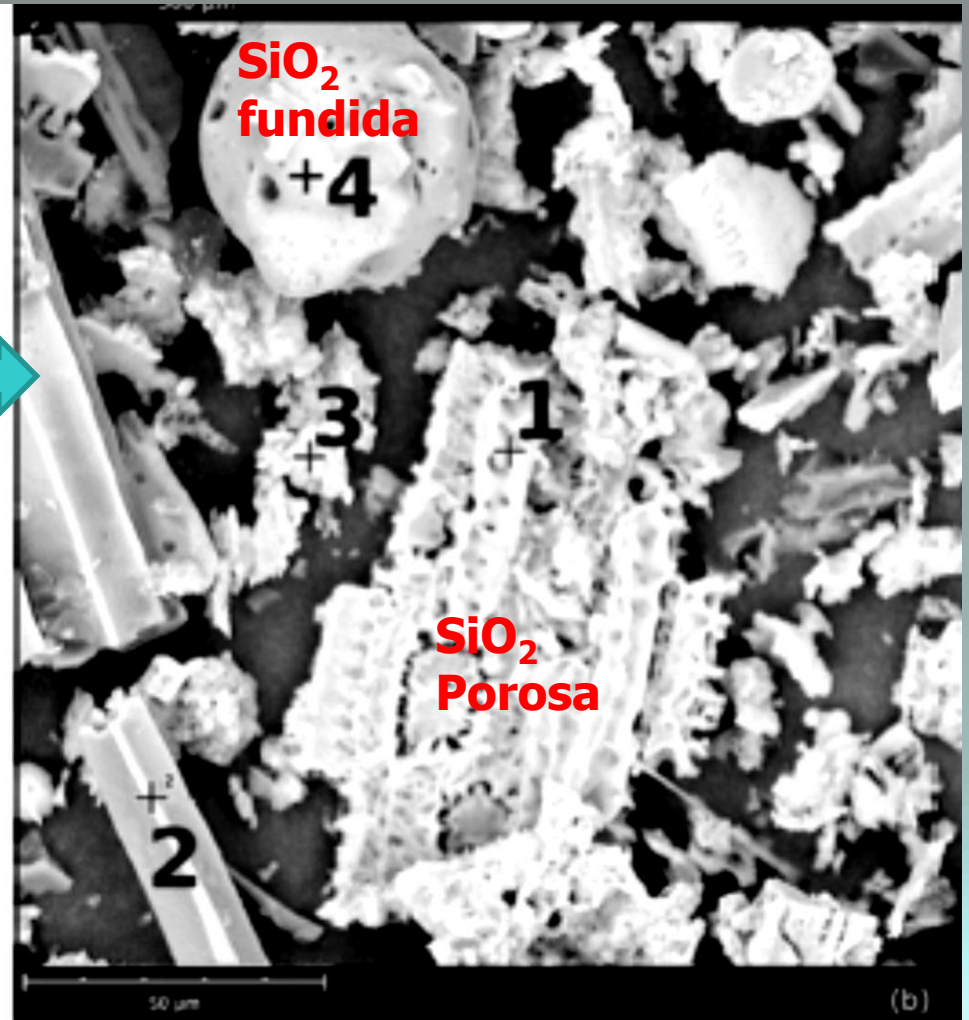
a. elongate; b. cylindric salcate tracheid; c. globular; d. cuneiform; e. elongate echinate; f. lanceolate; g. globular echinate; h. cylindrical polylobate; i. saddle; j. bilobate short cell; k. rondel; l. ovate. a, c, and f show weathering features. Scale=20 μm .

Sílica em Cinza de Bagaço de Cana-de-Açúcar

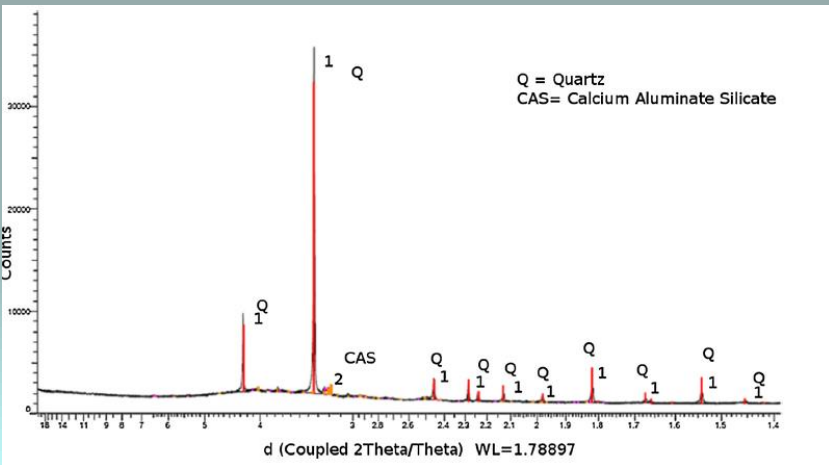
Cinza de Bagaço parcialmente queimado



Cinza

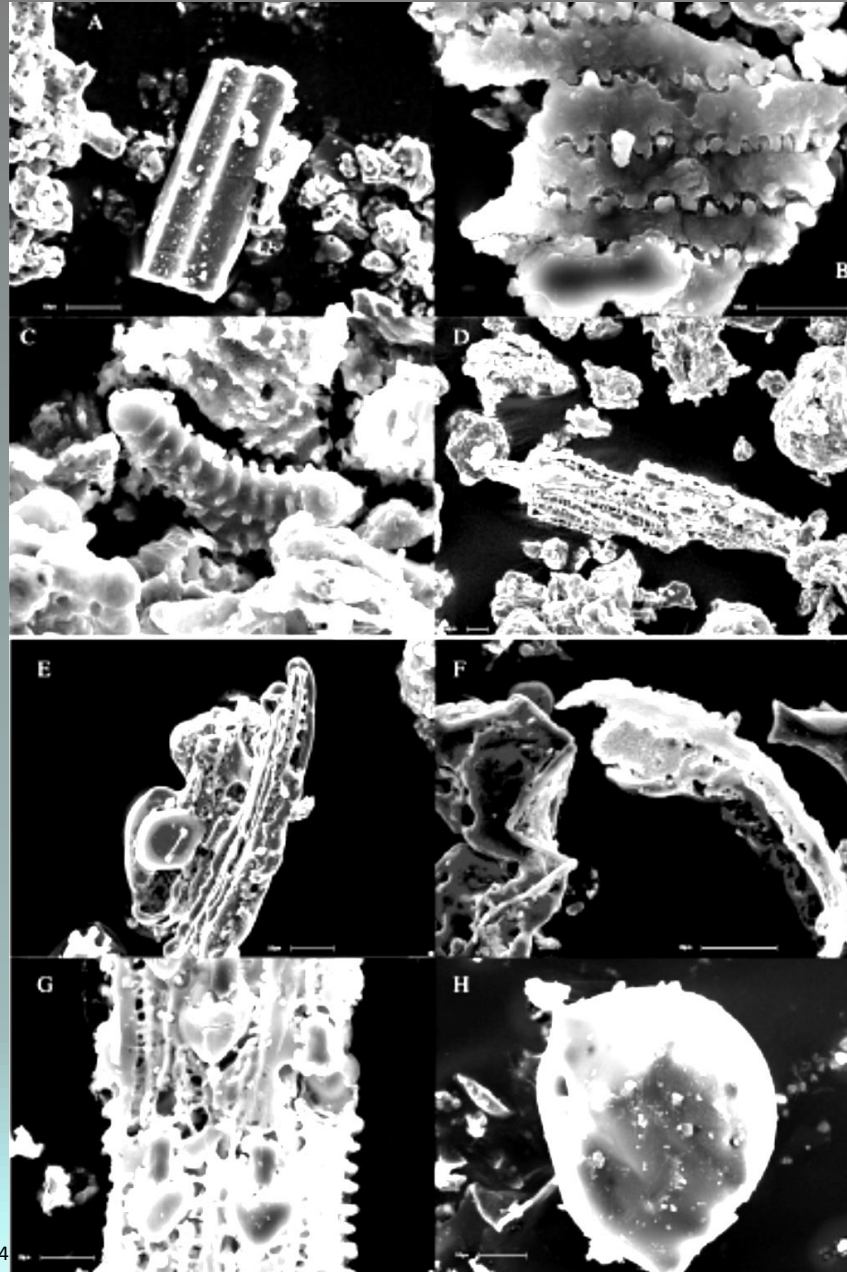


Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



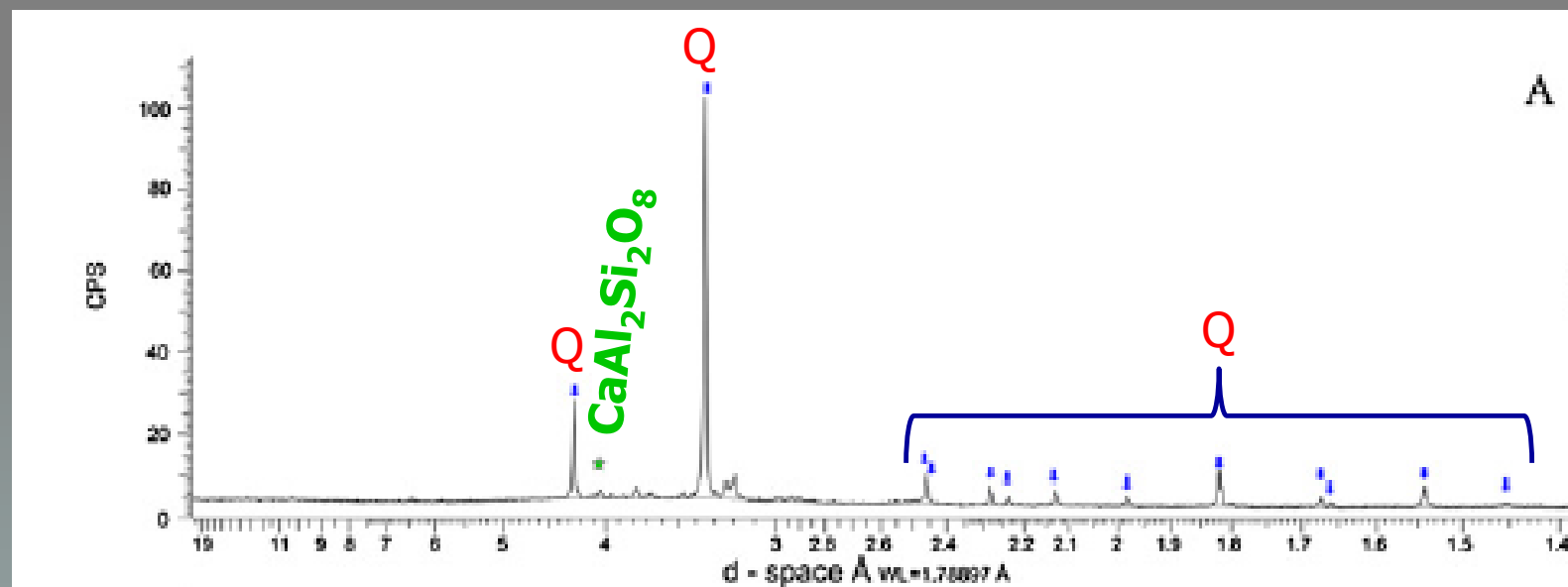
Fitólito cilíndrico
do bagaço de cana

Fitólito de cana

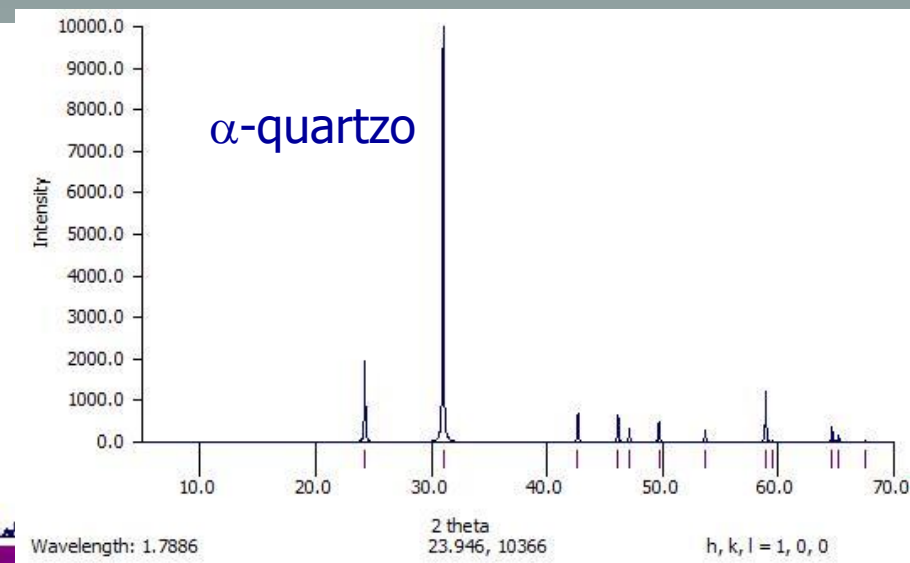
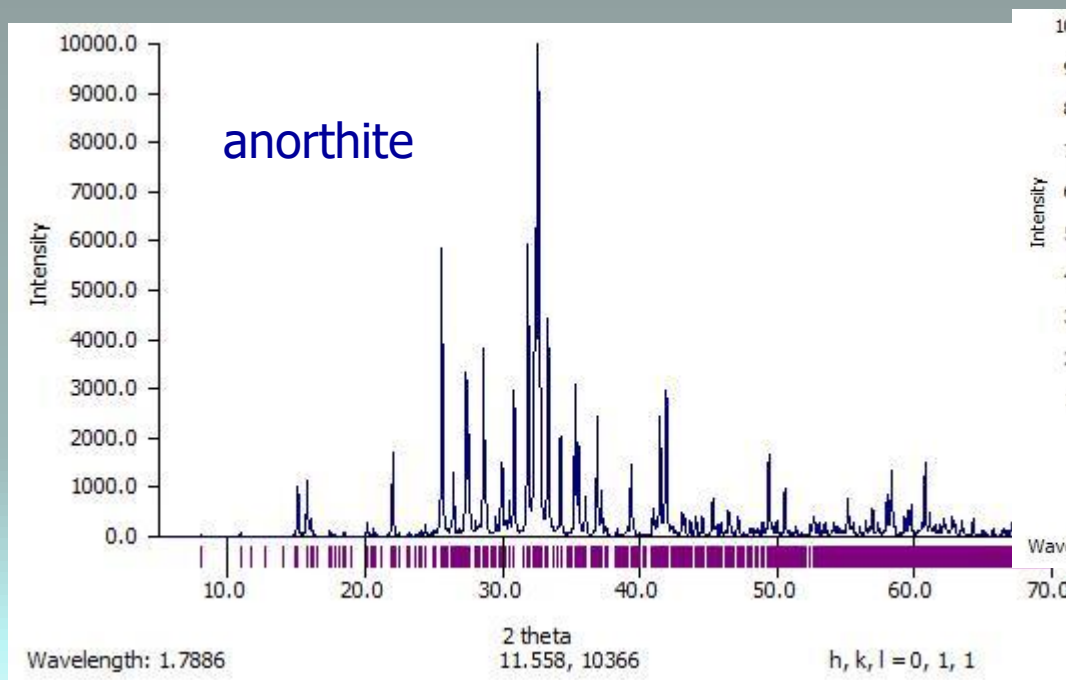


Fitólito parcialmente
fundido

Fitólito
Fundido e globular



Heliyon 3 (2017) e00294. doi: 10.1016/j.heliyon.2017. e00294

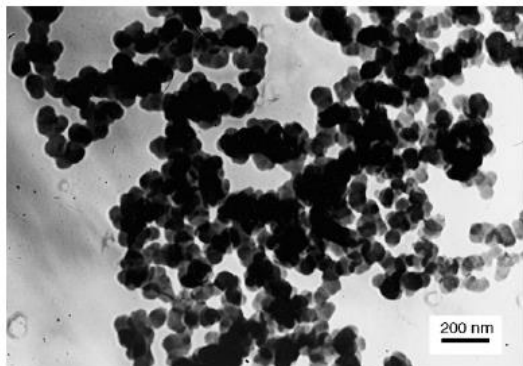


Palhas

Fontes de Sílica

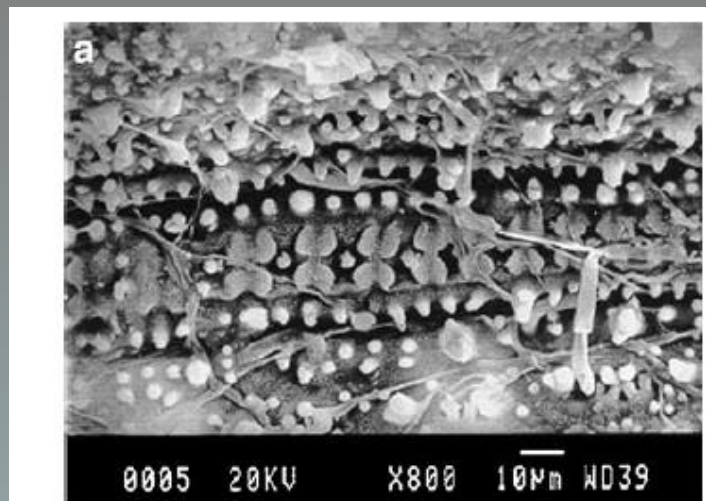


Palha de Arroz



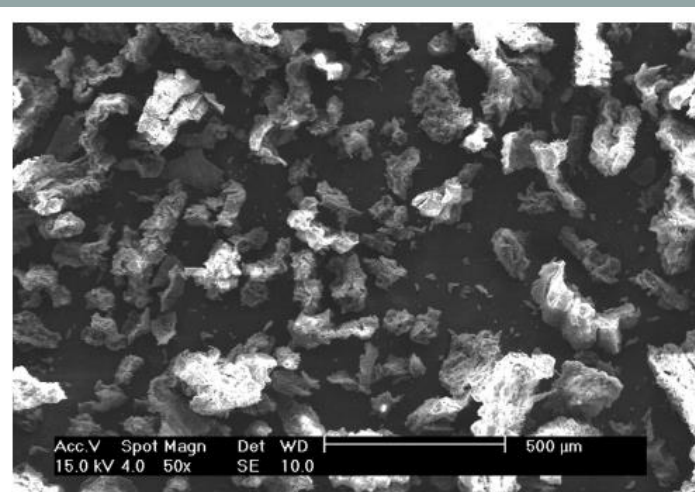
Nanopartículas de SiO_2

R.R. Zaky et al. / Powder Technology 185 (2008) 31–35



Sílica na Palha

Biol Fertil Soils (2006) 42: 231–240



OBTAINING HIGH PURITY SILICA FROM RICE HULLS

Química Nova (Impresso), 33, 2010, p. 794 - 797

Sílica

Casca de Arroz e Seus Usos

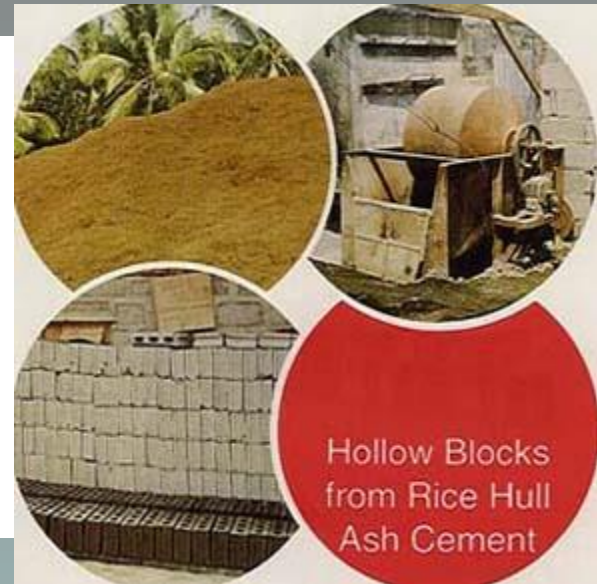
Materiais para Construção C



Polipropileno reciclado
reforçado com sílica de casca
de arroz.

Patente: **BR200810757-A2**

A. Nourbakhsha et al, ***Industrial
Crops and Products*** 33 (2011)
183–187



Aditivo de formulação de
pneus usando borracha
natural e nitrílica com
silanos. Patente:
JP2011068784-A



Produção Carbotérmica de Si_{eletrônico} por meio da Cinza de Palha de Arroz



Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-SA](#)



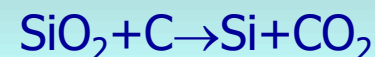
Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-SA](#)



Table 2 Impurities in RHA during the various process steps of Path 1 ("—" not detectable)^a

Impurity (ppmw)	Al	B	Ca	Cr	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Ni	K	Na	Ti	P	Zn	Total ppmw
RHA raw	340	16	1200	<1.0	4.8	350	—	750	260	—	11 400	260	0.2	2100	50	16 732
After milling	140	5	190	<1.0	1.2	240	—	210	60	—	1300	35	—	10	0.3	2193
After hot wash	64	4	45	<1.0	0.5	45	—	32	20	—	80	5	—	—	—	297
After BWW ^b	12	2	21	—	—	14	—	8	8	—	10	3	—	—	—	78
Full Process	1	1	11	—	—	2	—	5	2	—	6	3	—	—	—	31

^a Note that many of these impurities are eliminated during EAF operation. ^b Boiling water wash.

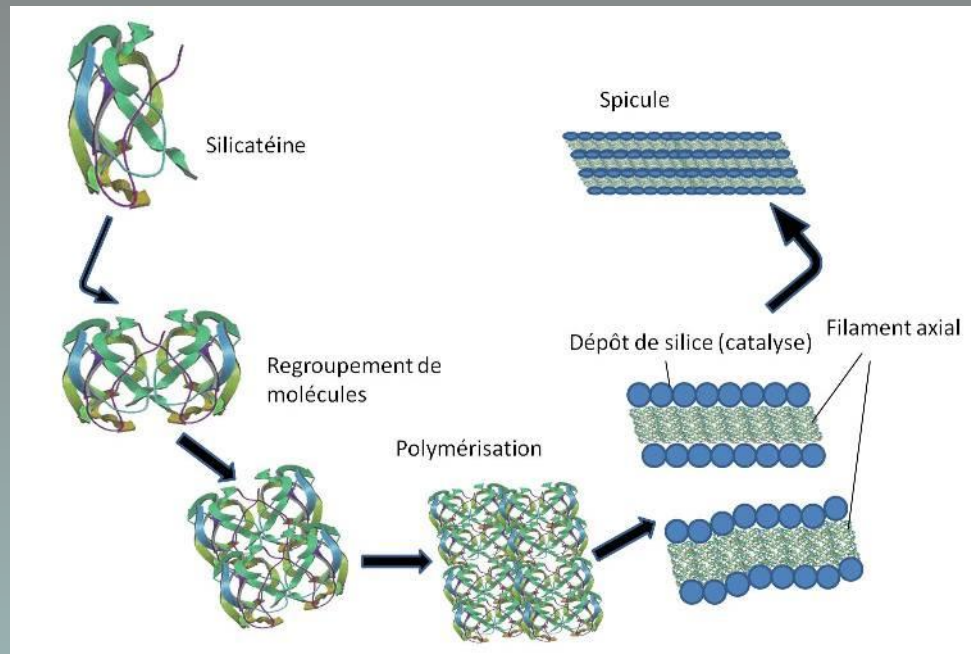


Sílica Biogênica : Esponjas

Suberites domuncula

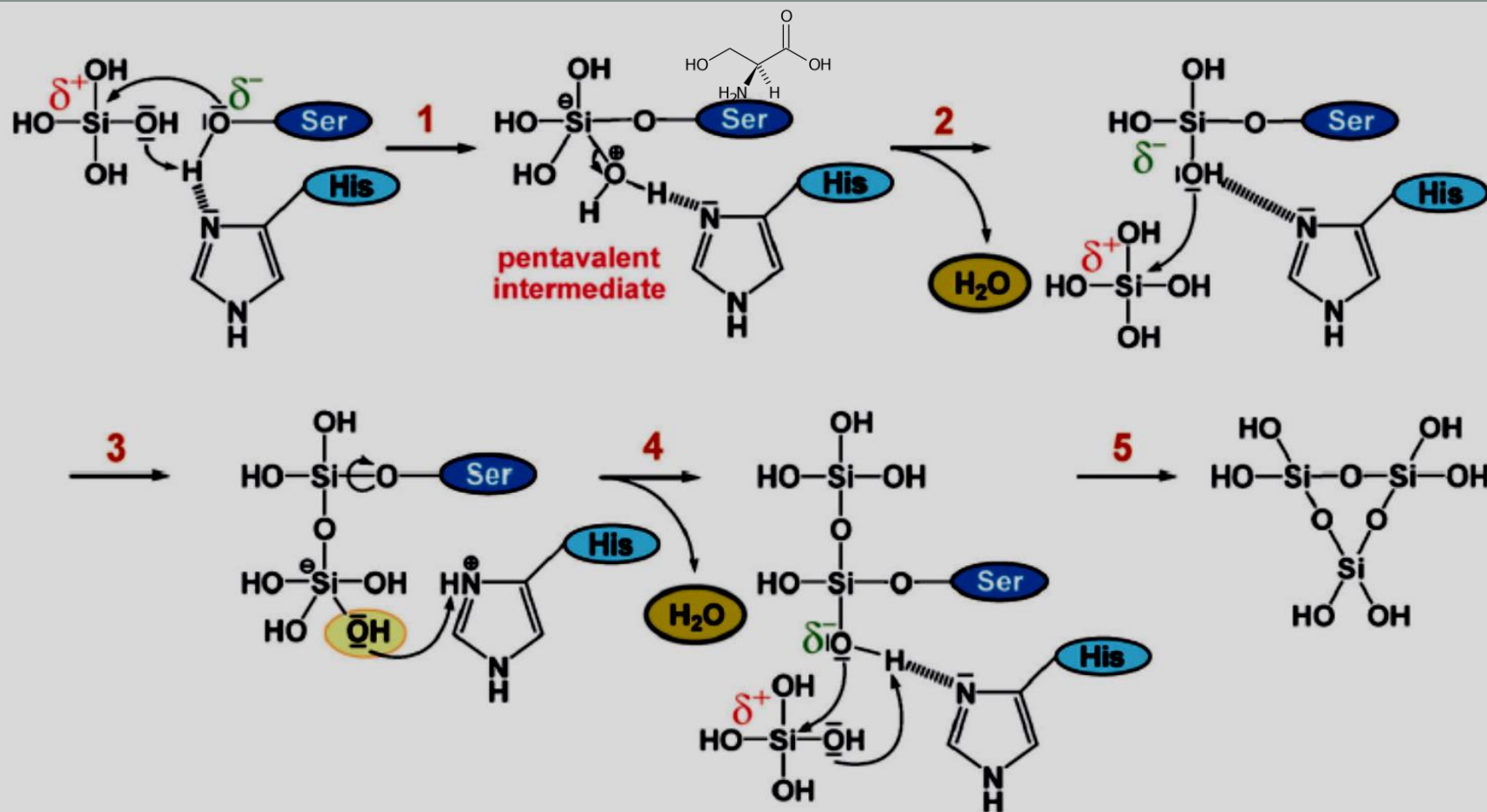


[Esta Foto](#) de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-SA](#)



[Esta Foto](#) de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-NC-ND](#)

Silicateína Sítio Ativo



Espículas de Esponjas

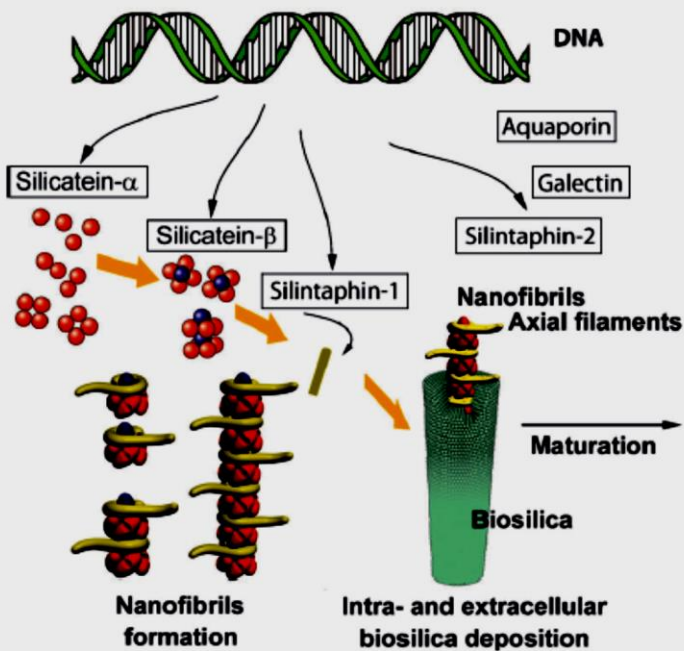
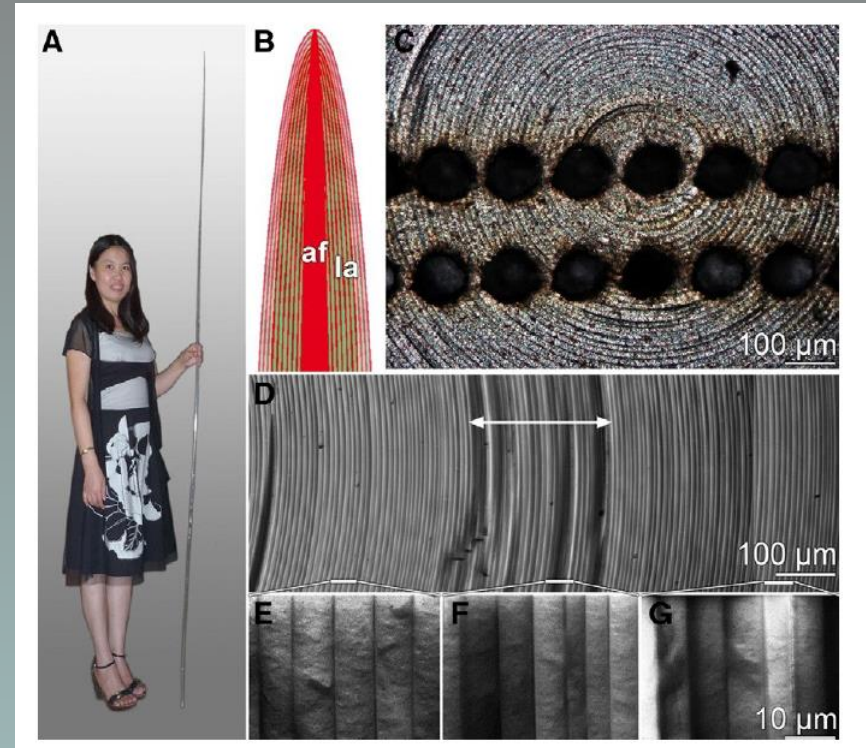


Figure 8. Scheme outlining the genetic hierarchy of gene expression during which sequentially silicatein- α and - β are expressed, followed by the synthesis of silintaphin-1. These two protein species (silicateins and silintaphin-1) form the initial nanofibrils that allow the synthesis and deposition of the biosilica material around them. During the subsequent maturation of the growing spicules, additional genes are expressed that encode for silintaphin-2, galectin, and aquaporin. Figure 8 is partially modified from reference [76], with permission.



Espícula basal gigante de *Monoraphis Chuni* (11000 anos)

Utilizando as Espículas

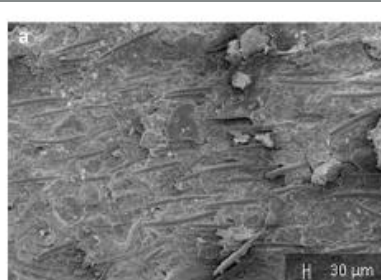
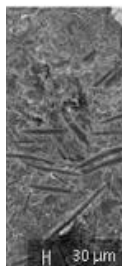


Table 3
Maximum tensile strength and apparent porosity percentage.

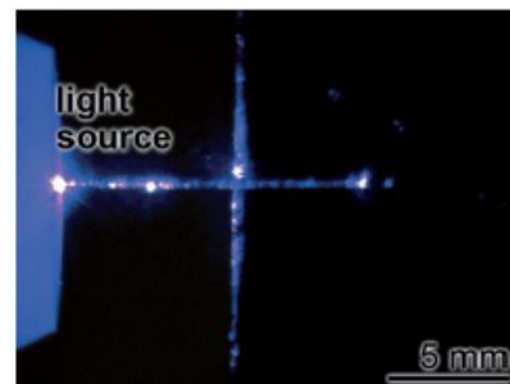
Sample	Additive	Max. load (kgf)	Max. tensile strength (MPa)	% Apparent porosity
50PP 1	—	50.60	3.18	23.568
50PP 2		66.88	3.40	22.699
50PP 3		66.34	4.40	22.964
Mean ± sd			3.66 ± 0.65	23.07 ± 0.44
50VP 1	Mollusc shell	65.45	5.34	19.780
50VP 2		69.35	5.94	19.530
50VP 3		97.52	7.31	19.810
Mean ± sd			6.30 ± 1.17	19.70 ± 0.15
50ER ⊥ ^a 1	sponge spicule	129.80	11.73	25.909
50ER ⊥ 2		140.83	9.80	24.434
Mean ± sd			10.77 ± 1.36	25.17 ± 1.04
50ER// ^b 1		93.68	6.48	24.880
50ER//2		97.78	8.56	24.963
Mean ± sd			7.52 ± 1.47	24.92 ± 0.06

^a ⊥ = spicules were placed perpendicularly to the direction of the applied load.

^b // = spicules were placed parallel to the direction of the applied load.

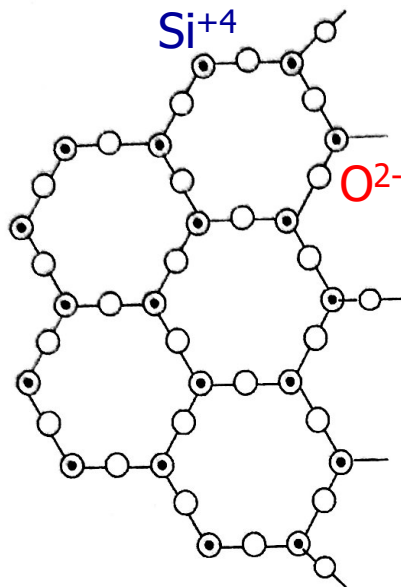


Efeito guia de onda (fibra ótica) da espícula gigante

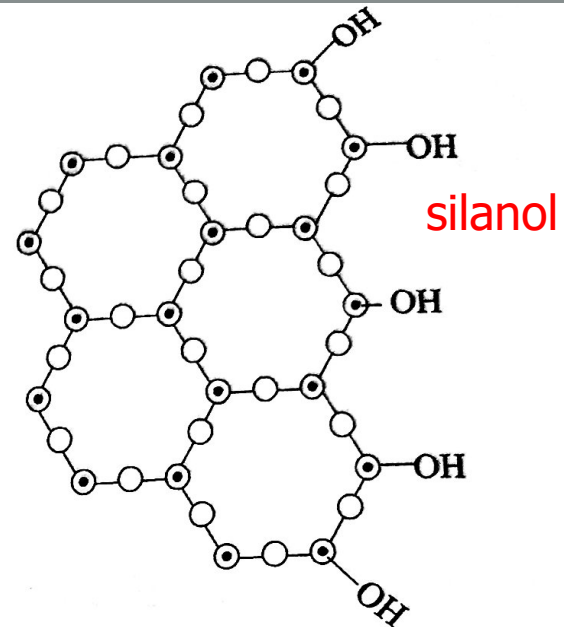


Chem. Eur. J. 2013, 19, 5790–5804

Carga Líquida Superficial e Equilíbrio Ácido-Base de Bronsted-Lowry na Superfície da SiO_2

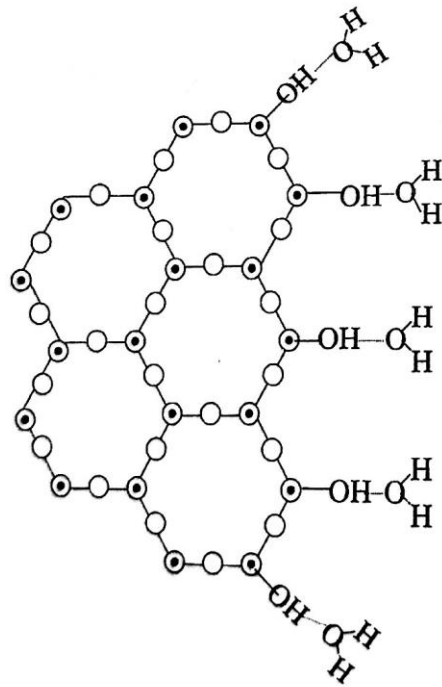


(a) bare surface

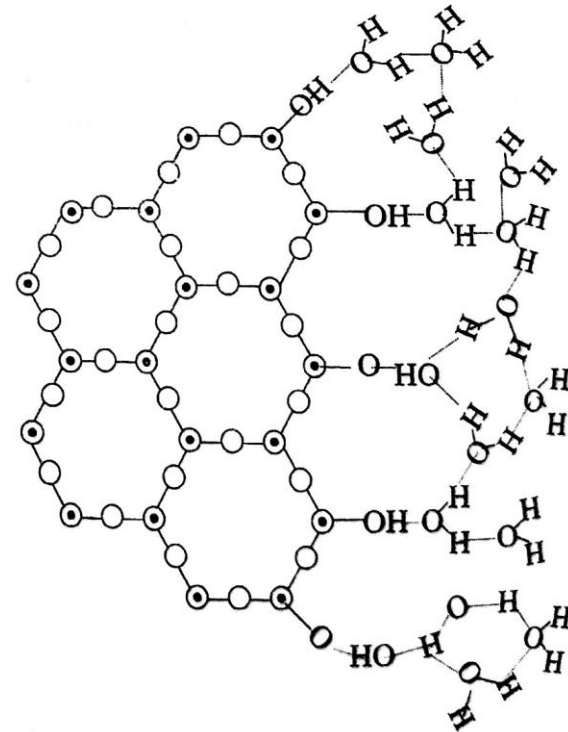


(b) hydroxylated

Superfície da Sílica



(c) adsorbed molecular water



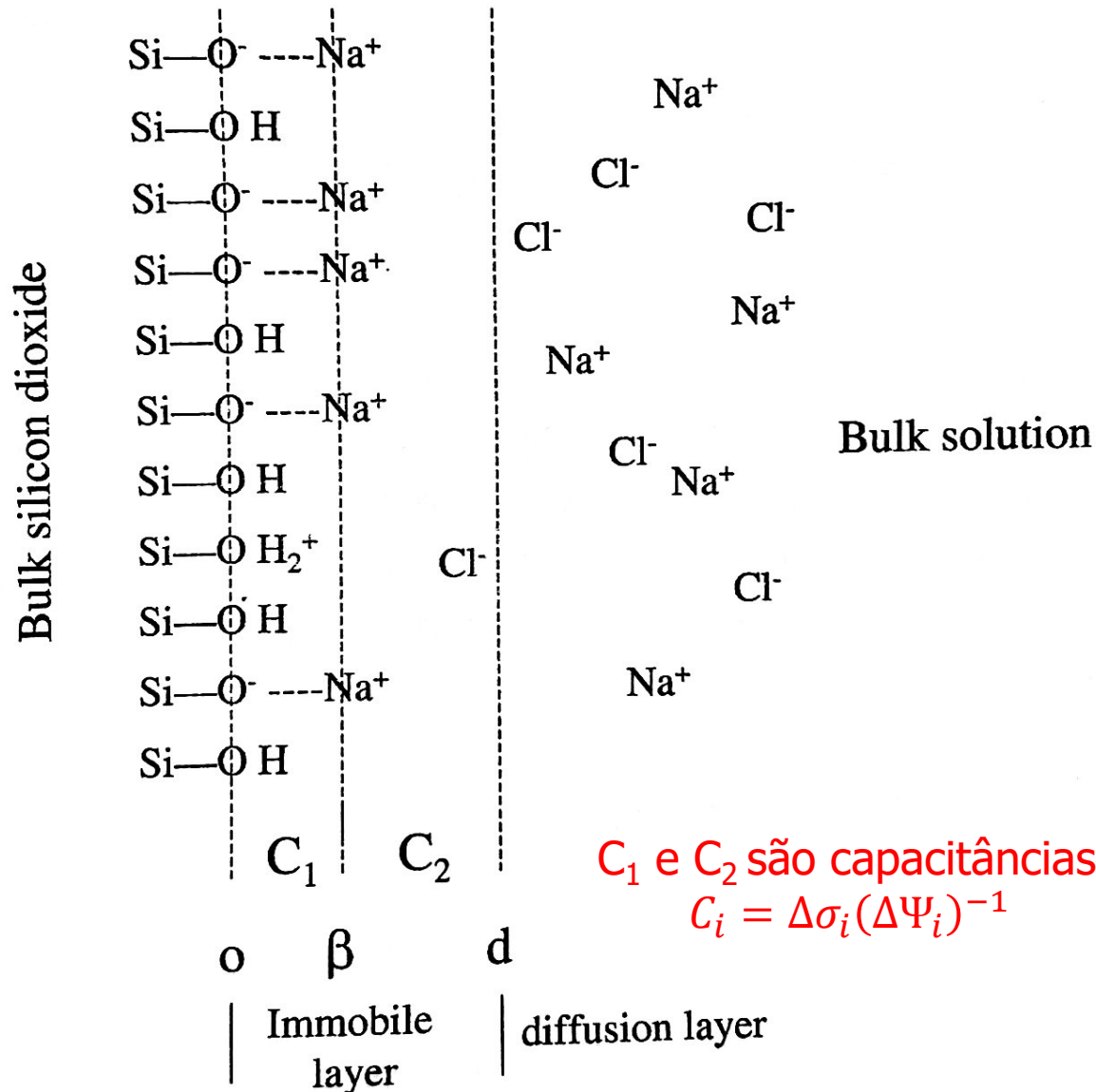
(d) wet surface

Equilíbrio Ácido-Base na Superfície

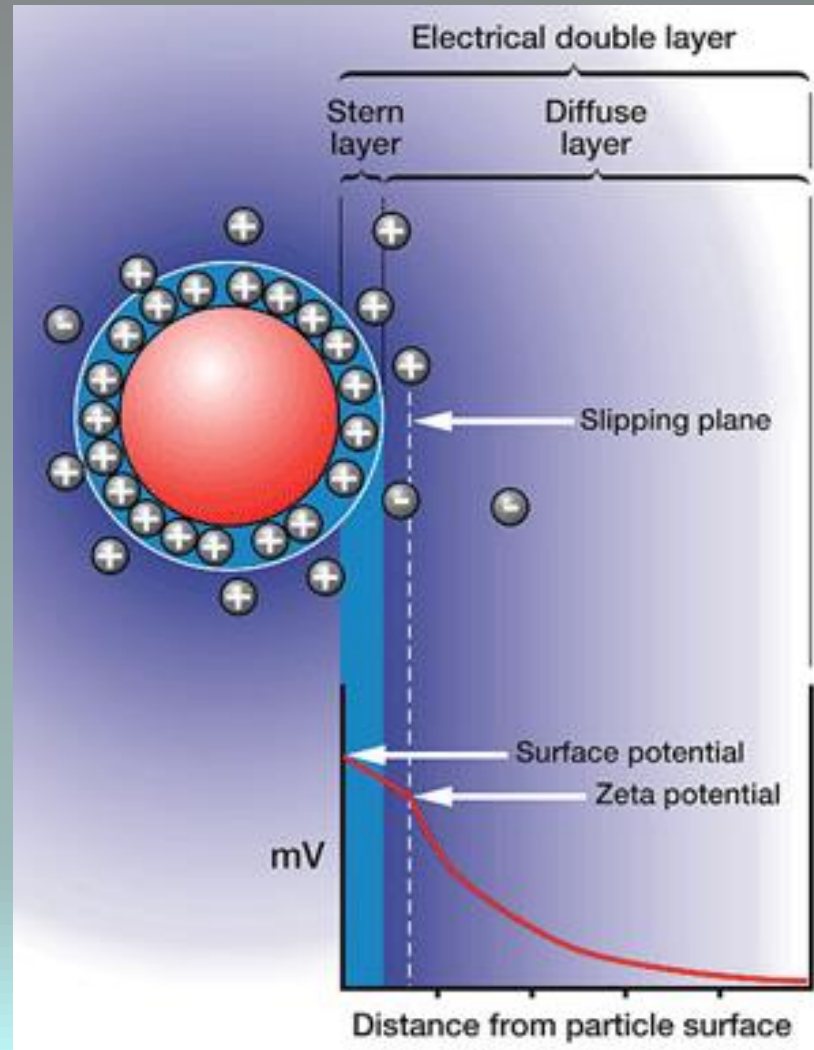
Modelo da Tripla Dupla Camada Elétrica

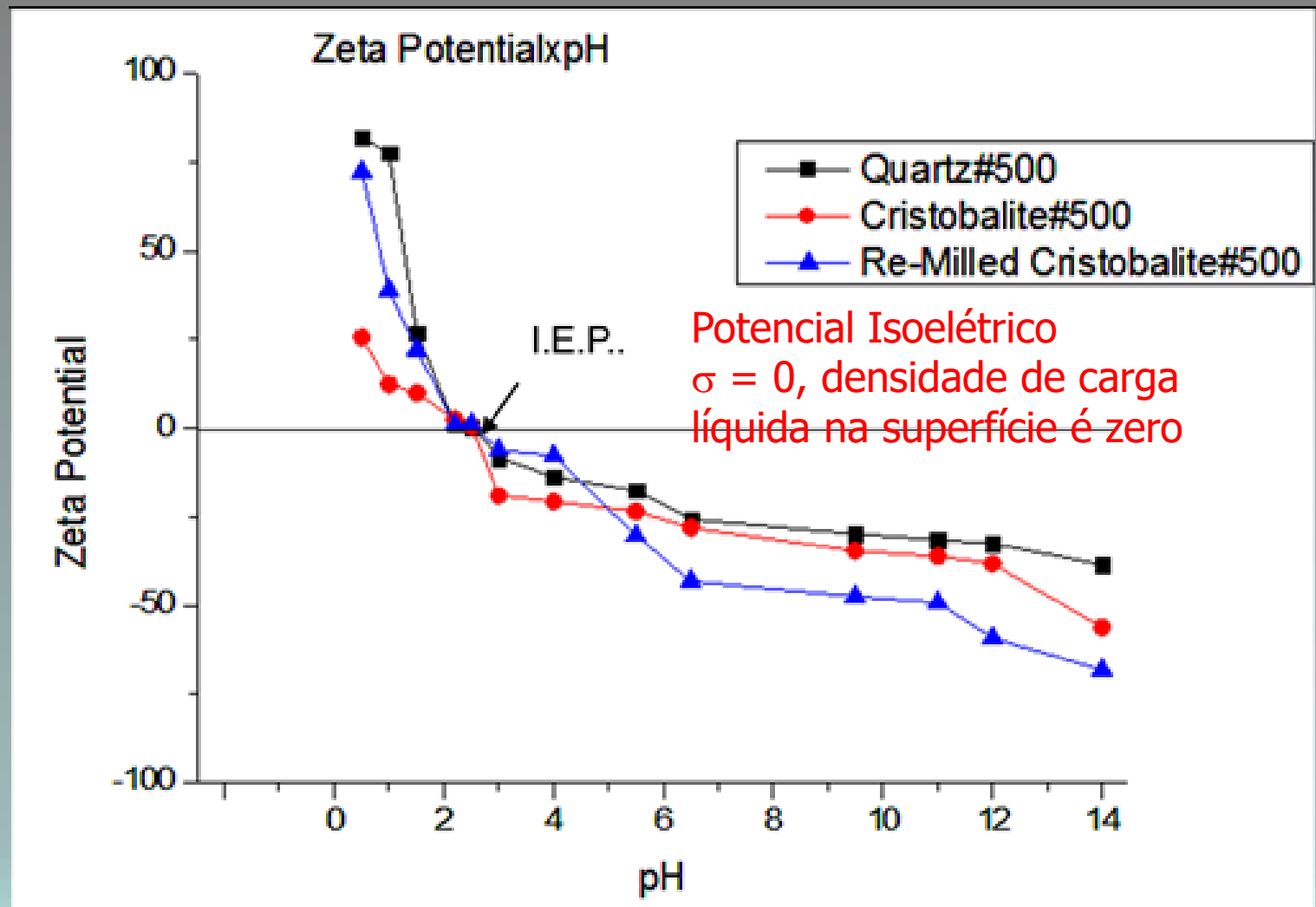
$$\theta_{\equiv\text{SiOH}_2\text{Cl}} + \theta_{\equiv\text{SiOH}_2^+} + \theta_{\equiv\text{SiOH}} + \theta_{\equiv\text{SiO-Na}^+} + \theta_{\text{SiO}^-} = 1$$

Ψ_o Ψ_β Ψ_d Respectivos potenciais interfaciais
 σ_o σ_β σ_d Respectivas densidades de Carga



Potencial Superficial, Potencial Zeta

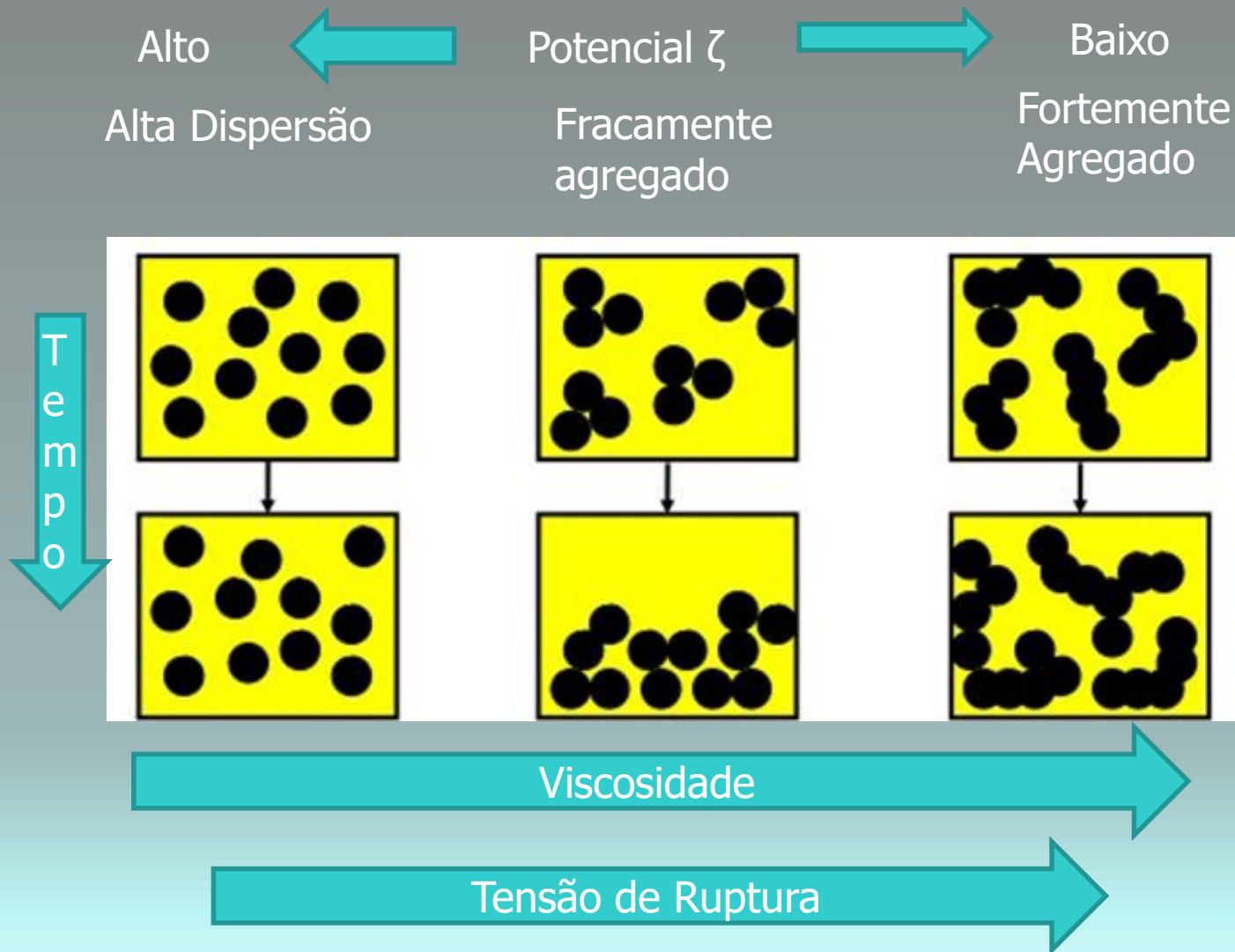




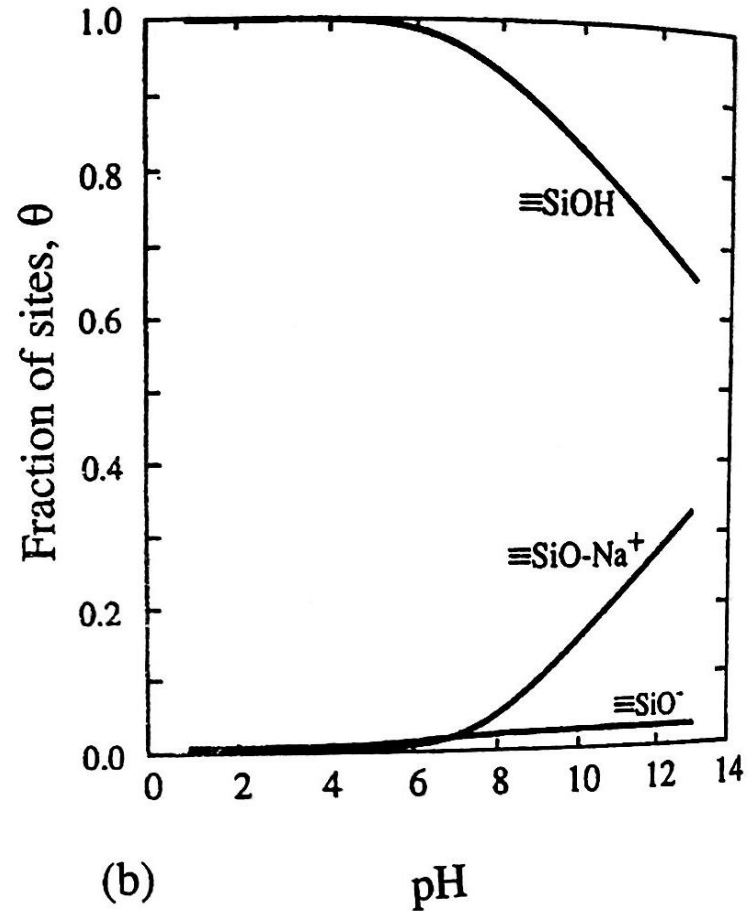
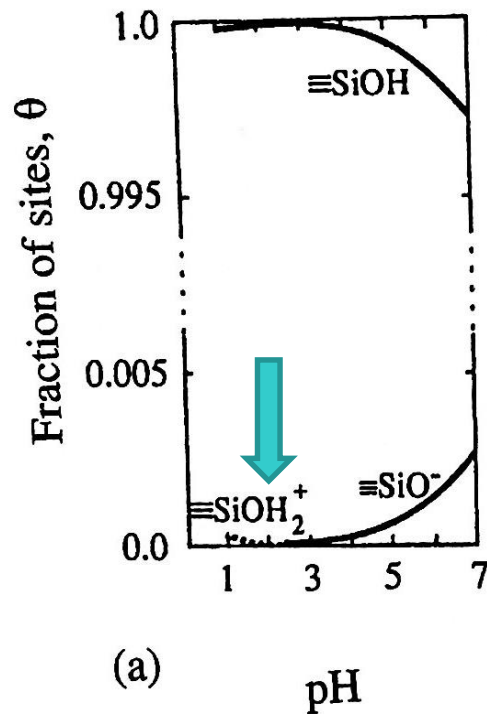
Importância do Potencial Zeta (ζ)

Estabilidade Coloidal	ζ / mV
Aglomerção Máxima, Precipitação	0 até 3
Forte Aglomeração e Precipitação	-5 até 5
Valor Limite para iniciar Aglomeração	-10 até -15
Valor Limite para obter uma dispersão	-16 até -30
Moderada Estabilidade	-31 até -40
Estabilidade Razoavelmente Boa	-41 até -60
Muito boa estabilidade	-61 até -80
Excepcional Estabilidade	-81 até -100

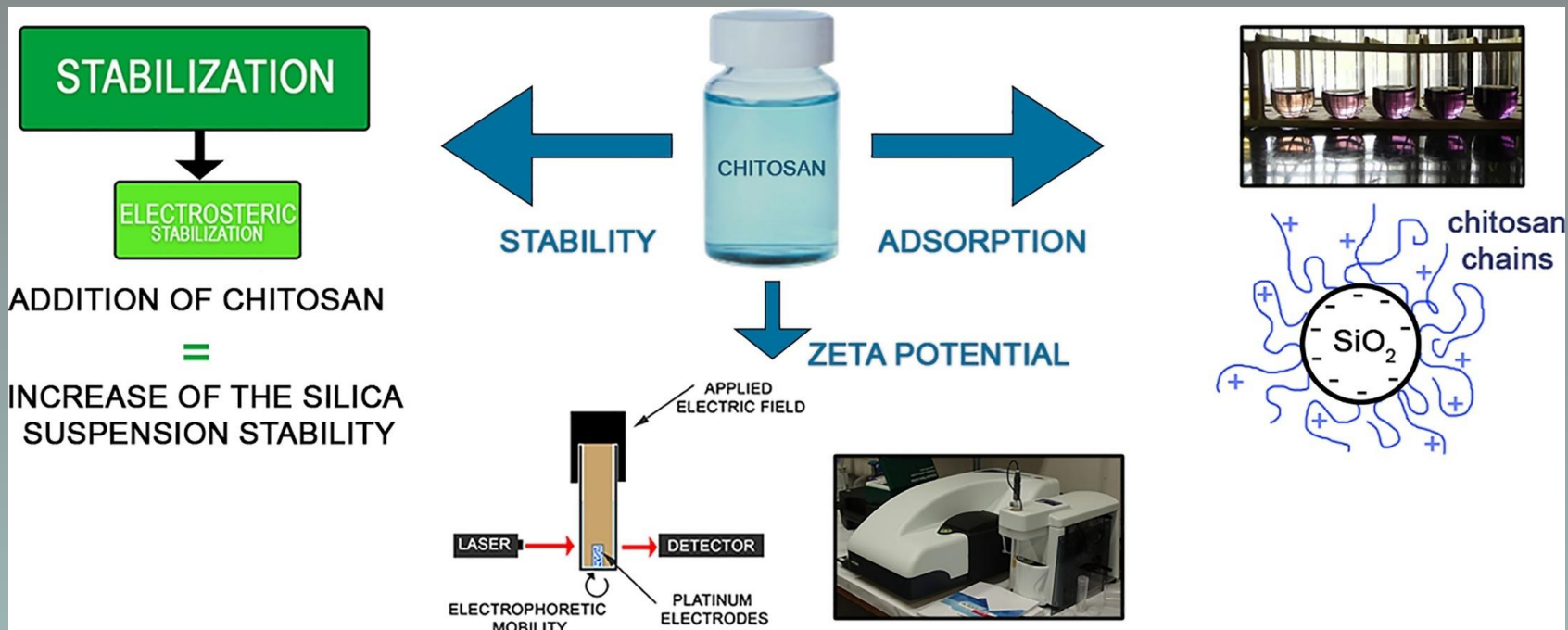
Potencial Zeta e Estabilidade Coloidal



Grupos Superficiais na Superfície da Sílica Responsáveis pelas Cargas Superficiais



Adsorção de Polímeros para Estabilização de Suspensão Coloidal de Sílica Quitosana



Colloids and Surfaces A 554 (2018) 245–252

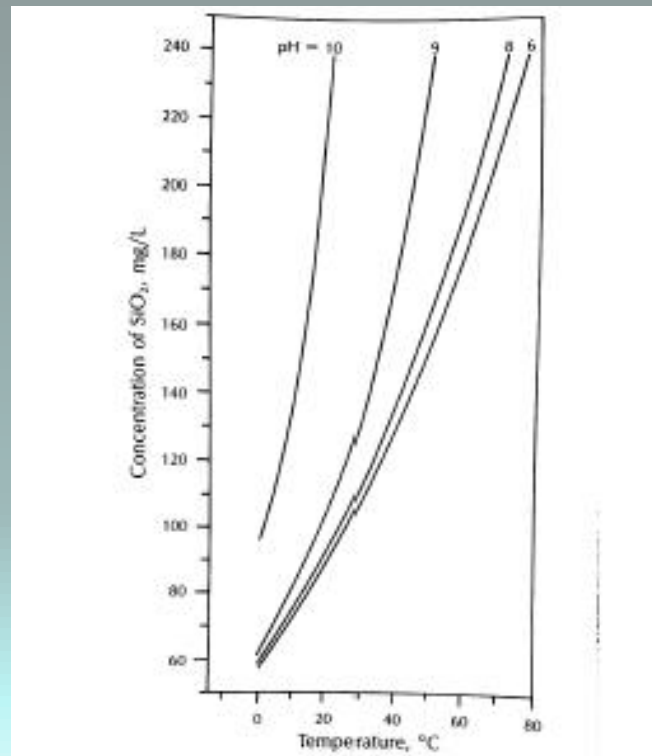
Este mecanismo de estabilização é chamado de estabilização estérica.
Leitura recomendada: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11608/11608_5.PDF

Solubilidade da Sílica Amorfa em Água

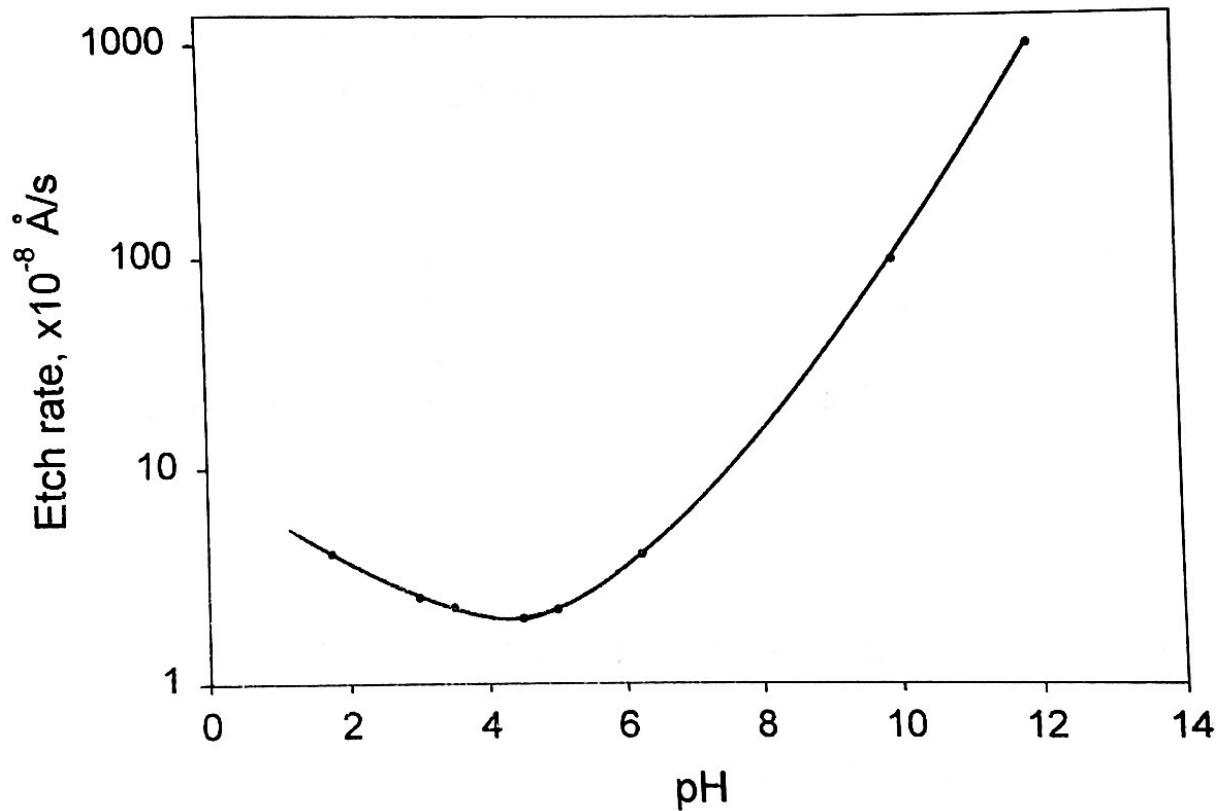
- $\text{SiO}_{2(s, \text{ amorfa})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_4\text{SiO}_4$
- $\Delta H_r = \Delta H_{\text{produtos}} - \Delta H_{\text{reagentes}} = -349,1 - [-215,94 + 2(-68,315)] = +3,47 \text{ kcal.mol}^{-1} \text{ a } 298\text{K} \rightarrow \text{endotérmica}$
- $\Delta G_r = +4,044 \text{ kcal.mol}^{-1} \text{ a } 298 \text{ K}$
- $\Delta G = -RT \ln K \therefore K = 10^{-2,96}$

K em função da Temperatura

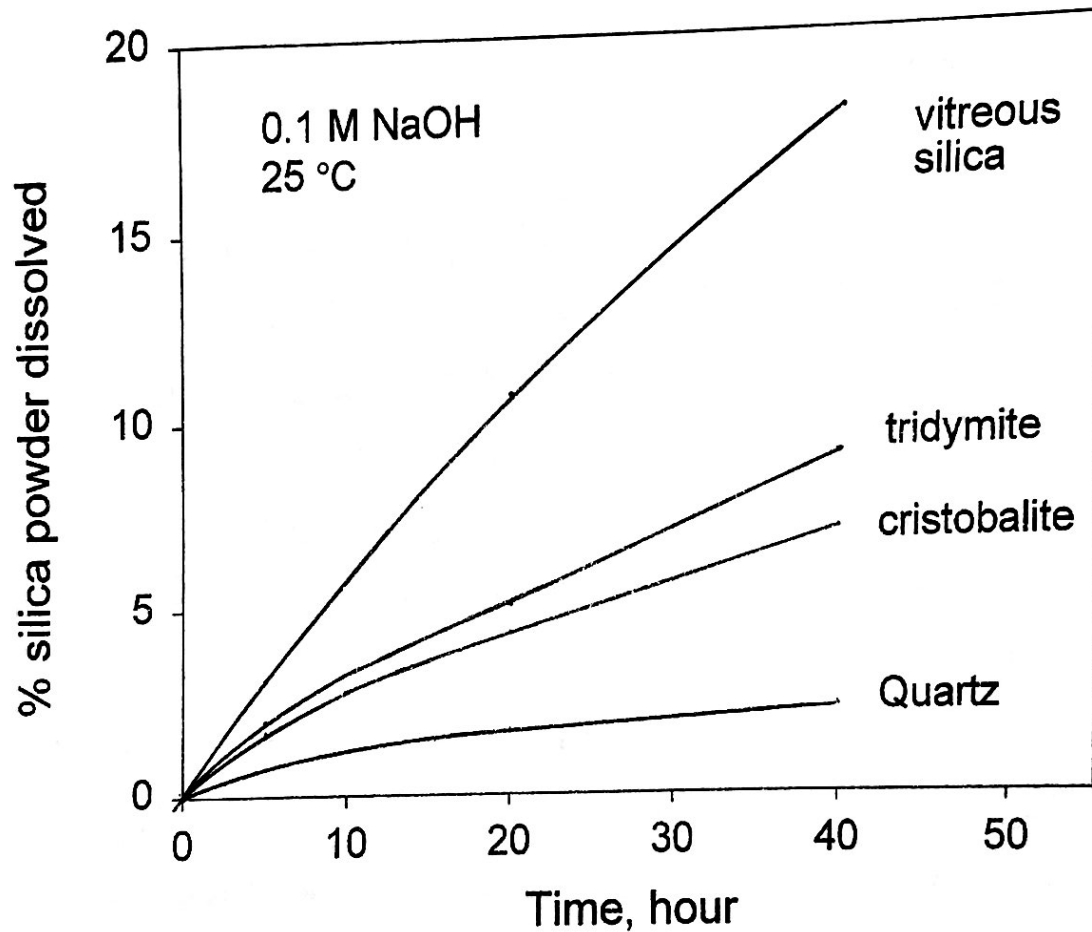
- $\int_{T_0}^T d\ln K = \frac{\Delta H_r^0}{R} \int_{T_0}^T \left(\frac{dT}{T^2} \right)$
- $\log K_T = \log K_{T_0} - \frac{\Delta H_r^0}{2,305R} \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{298,15} \right]$



Corrosão (Etching) SiO_2

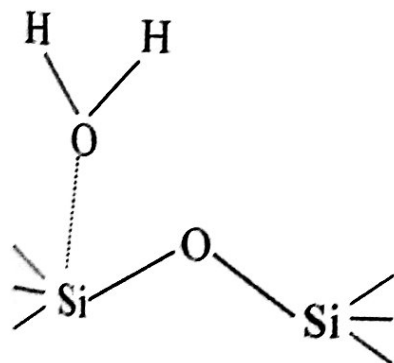


Corrosão em função da Estrutura no Estado Sólido

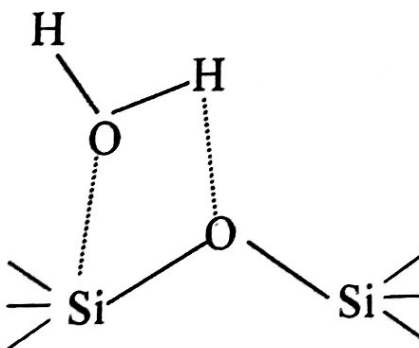


densidade

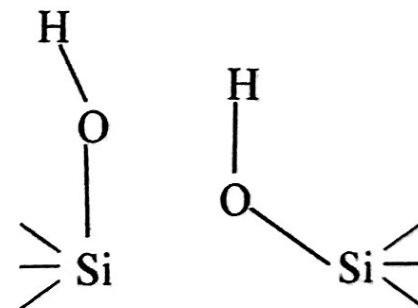
Mecanismo Proposto



(a) Adsorption

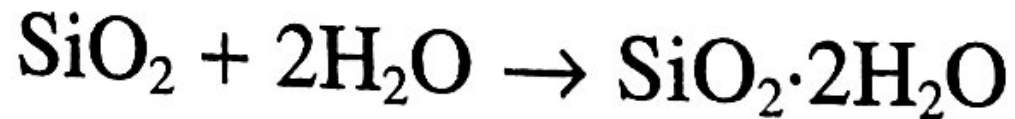


(b) Activated complex



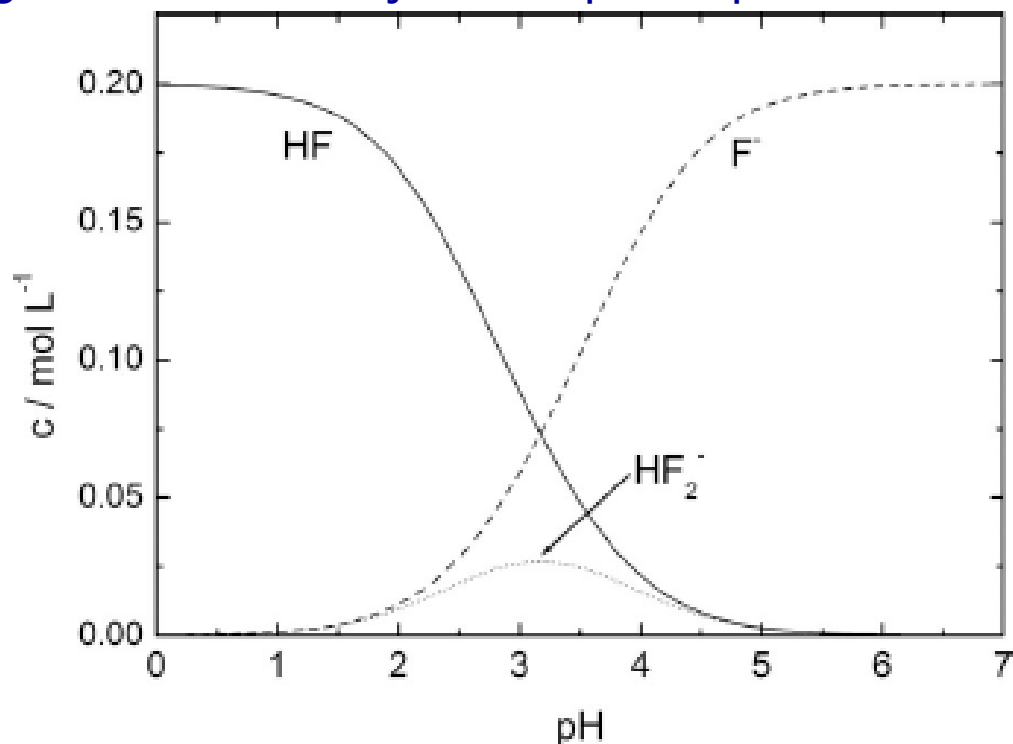
(c) Hydrolysis

Corrosão em Meio Básico



Solução de Fluoreto

Diagrama de Distribuição de Espécies para Íons fluoreto



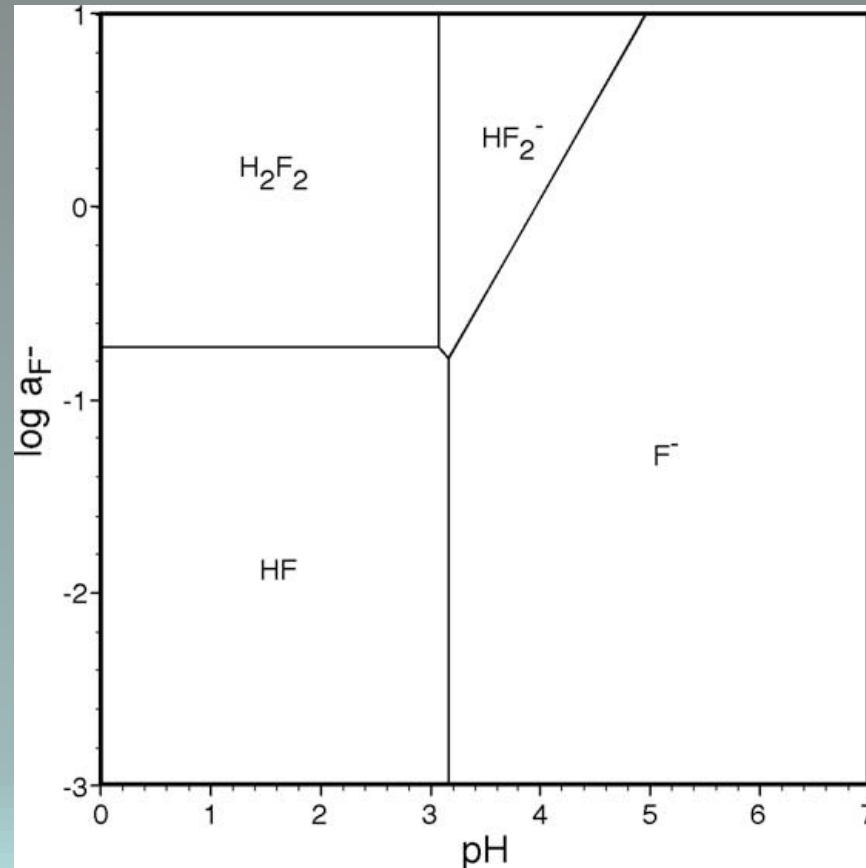
Journal of Fluorine Chemistry, 24 (1984), 175-190

Journal of The Electrochemical Society, 156 (12) C428-C434 (2009)

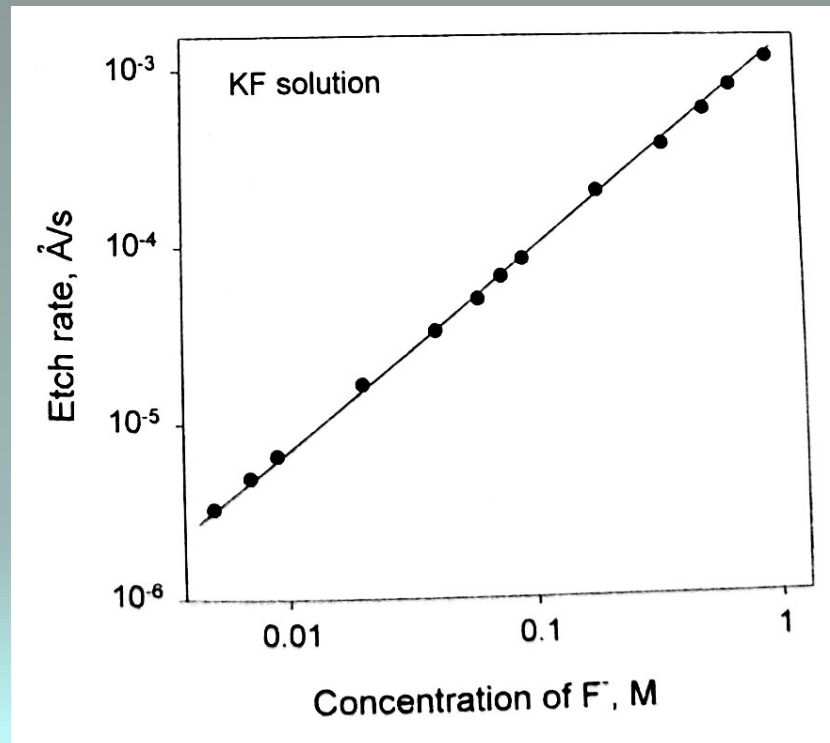
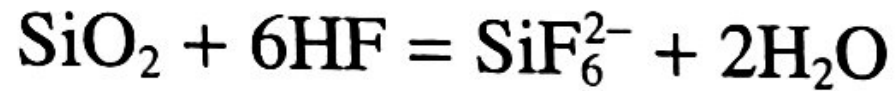
P. Luxenberg and J. I. Kim, Z. Phys. Chem., Neue Folge, 121, 173 (1980).

Solução de Fluoreto

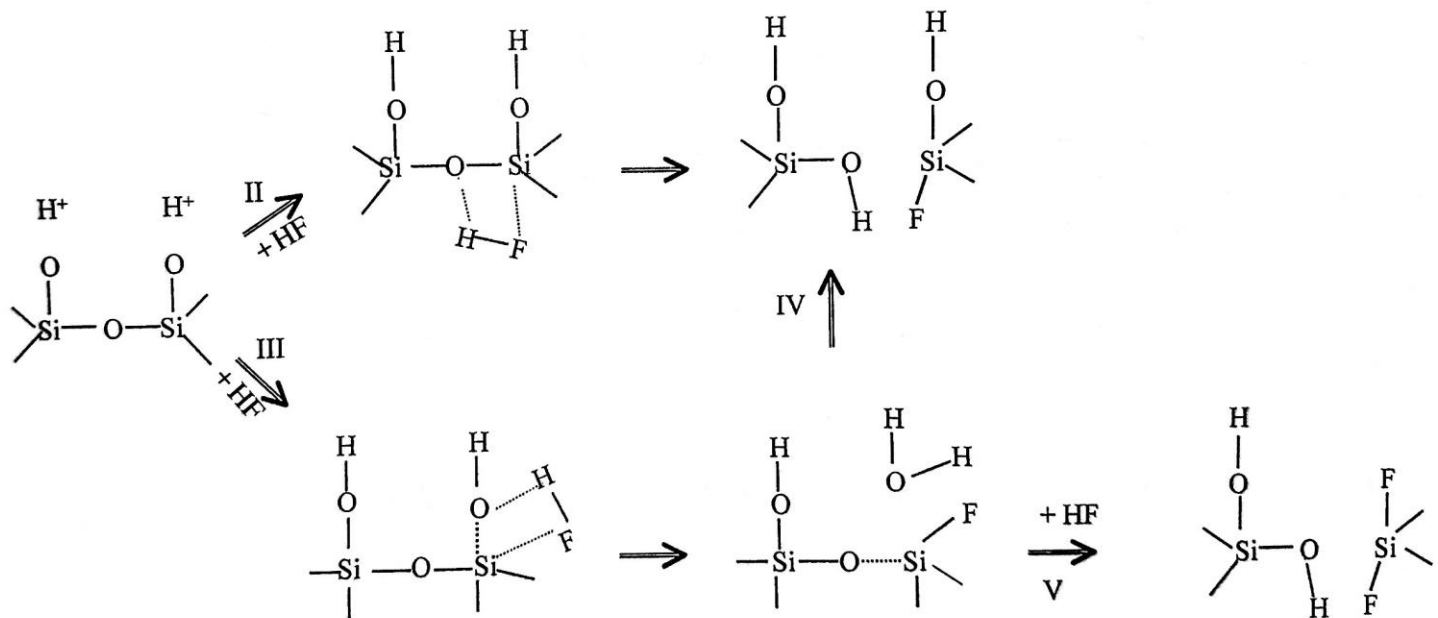
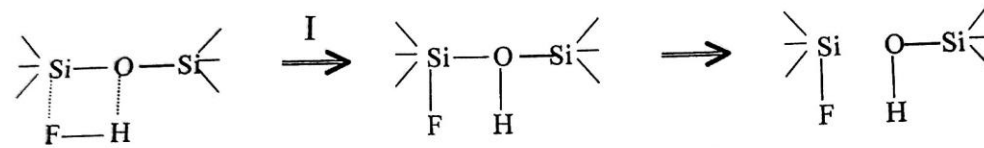
Diagrama Completo de Distribuição de Espécies para o Fluoreto



Corrosão na Presença de Fluoreto



Mecanismo Proposto de Corrosão por Fluoreto



Corrosão do Quartzo na Presença de Fluoreto

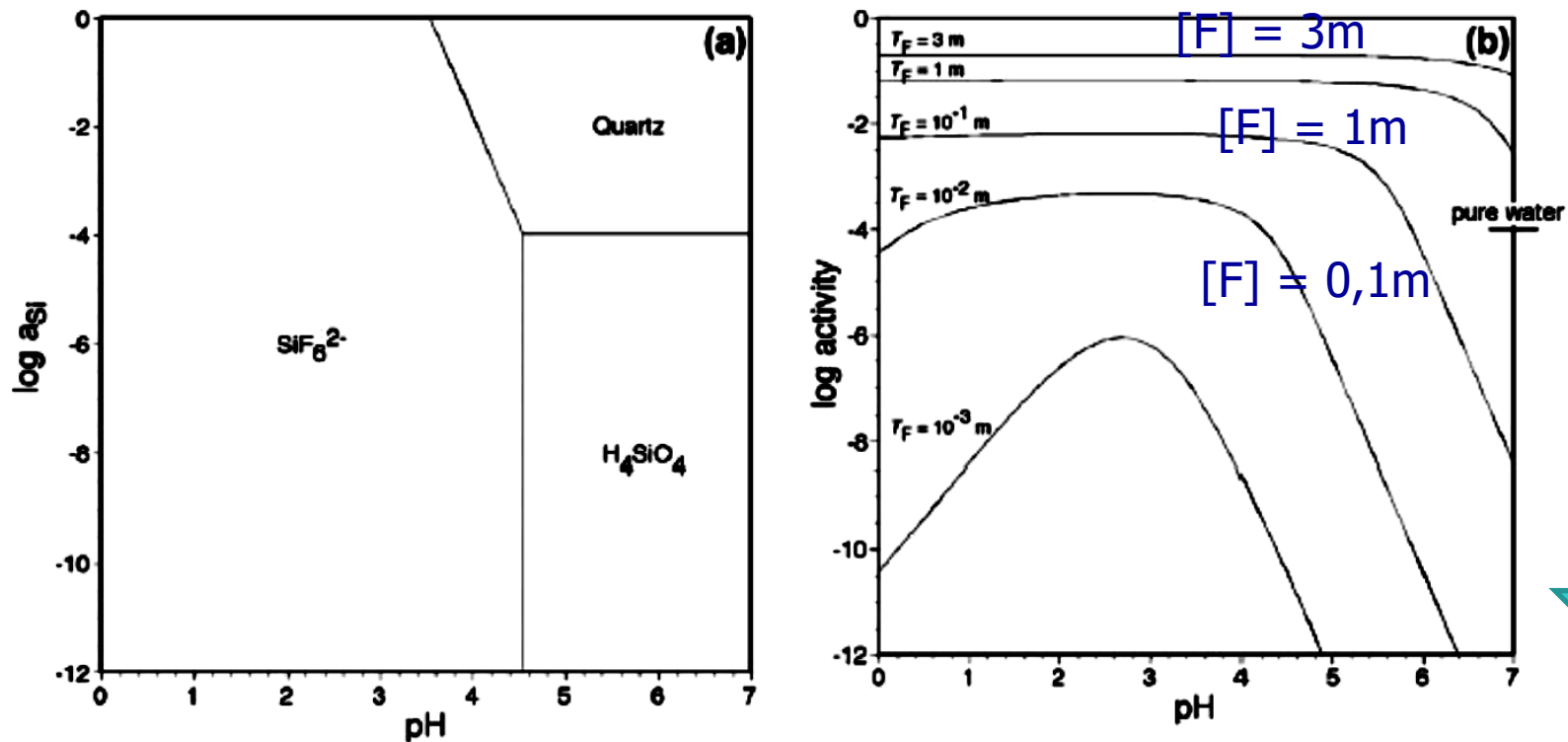
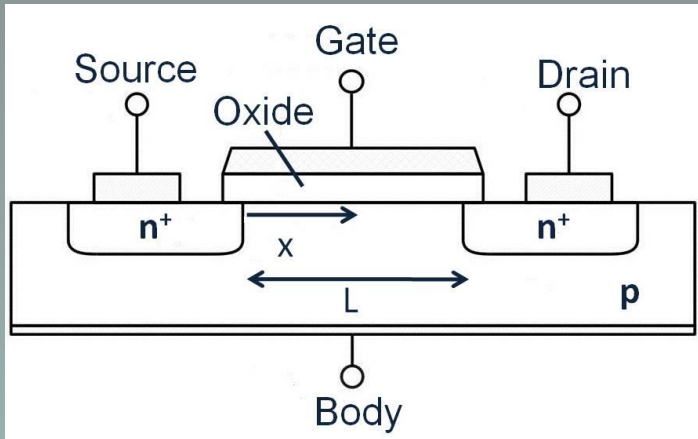


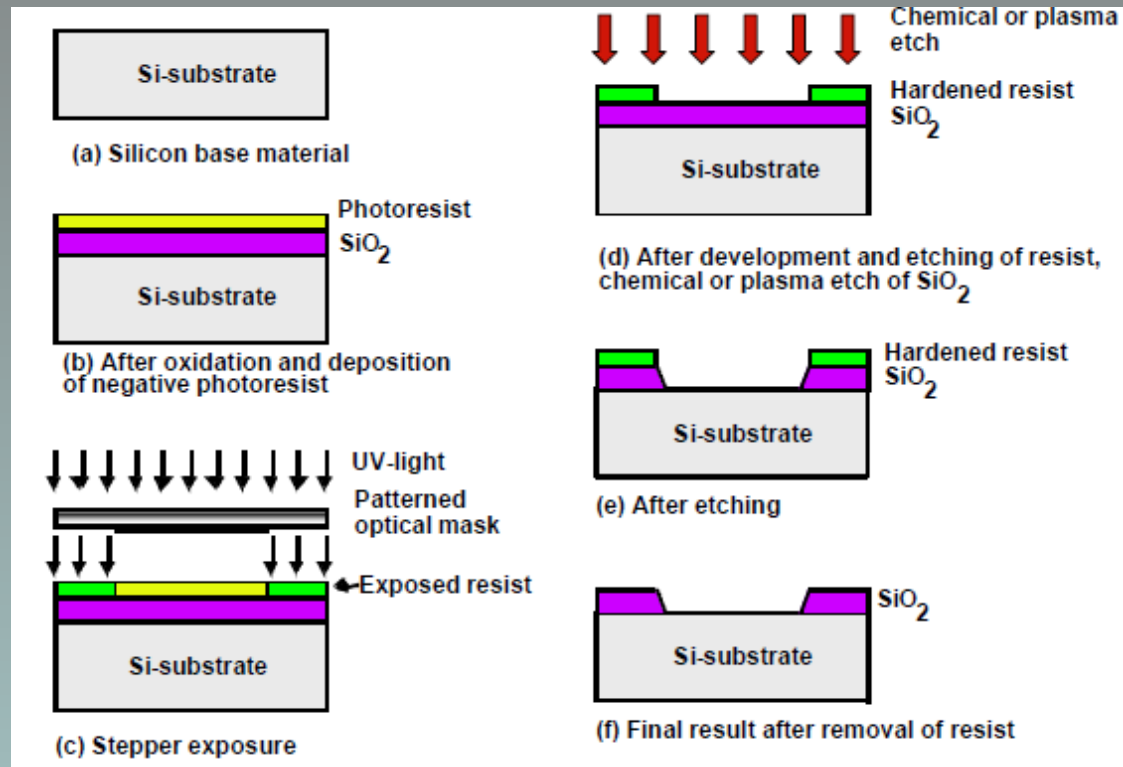
Fig. 4. (a) Activity diagram showing the distribution of aqueous silica species for a fixed total fluoride concentration (T_F) of 0.01 m as a function of pH and $\log a_{\text{F}^-}$; calculated using Geochemist's Workbench. (b) Species distribution diagram for an ionic strength of 1.0 contoured in the activity SiF_6^{2-} in equilibrium with quartz; calculated using Visual MINTEQ. The tic mark on the right axis indicates the solubility of quartz in pure water.

Aplicando a Corrosão Controlada (*Etching*)

Construção via Fotolitografia de um Transistor de Efeito de Campo Metal-Óxido-Semicondutor (TECMOS ou MOSFET)



Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



Litografia = processo de transferência de um padrão de uma máscara do circuito projetado

(Foto)Resiste (photoresist) = polímero fotossensível (ao UV de vácuo $\lambda < 190\text{nm}$) usado para proteger de ataque corrosivo

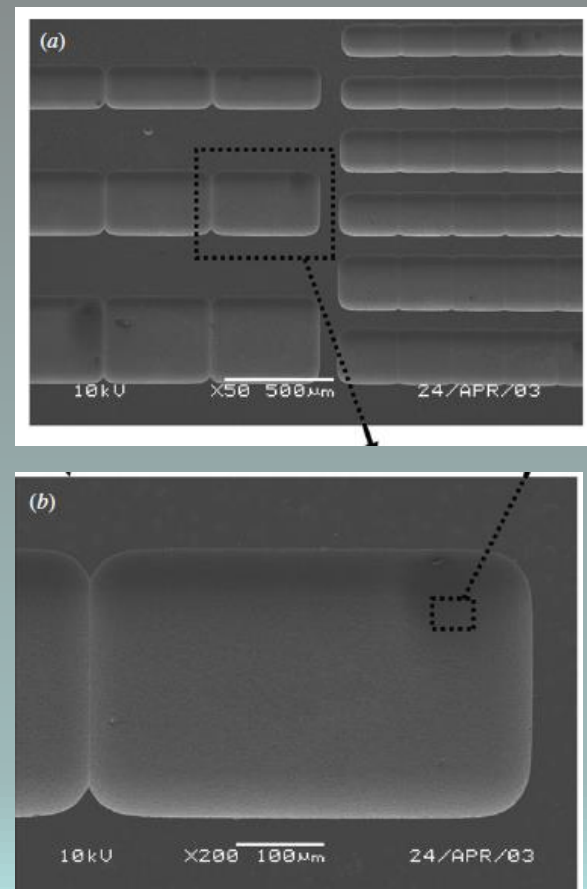
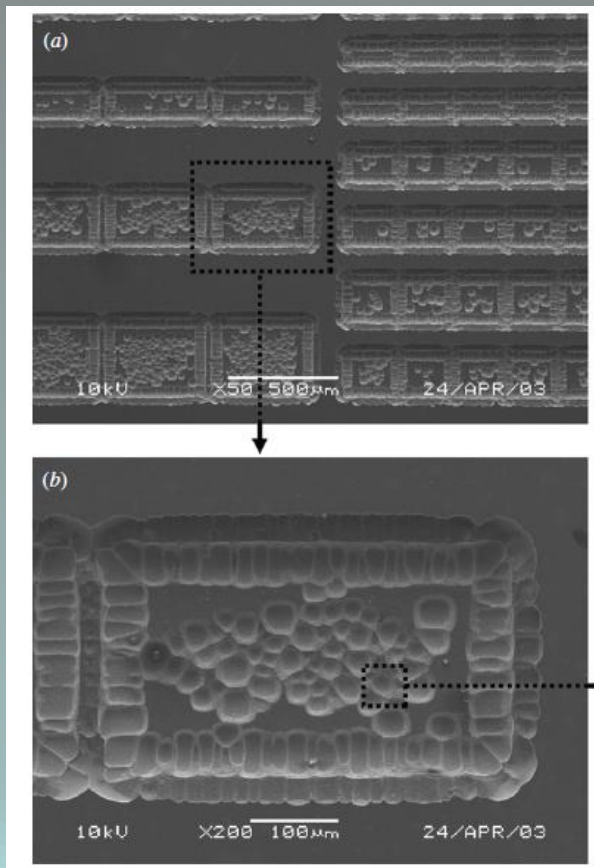
Etching = corrosão controlada de um material usando agentes químicos ou plasma reativo

Construído Microdispositivos Baseado em Corrosão Controlada com Plasma de XeF_2 vs F_2

F_2

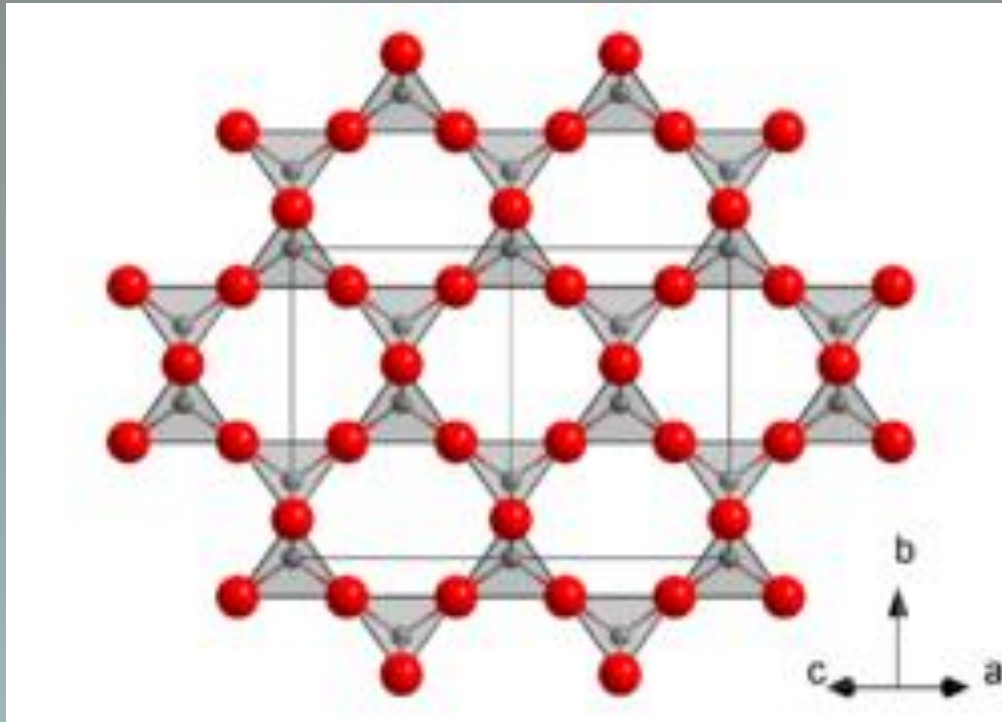
vs

XeF_2



Menor rugosidade e melhor perfil das bordas.

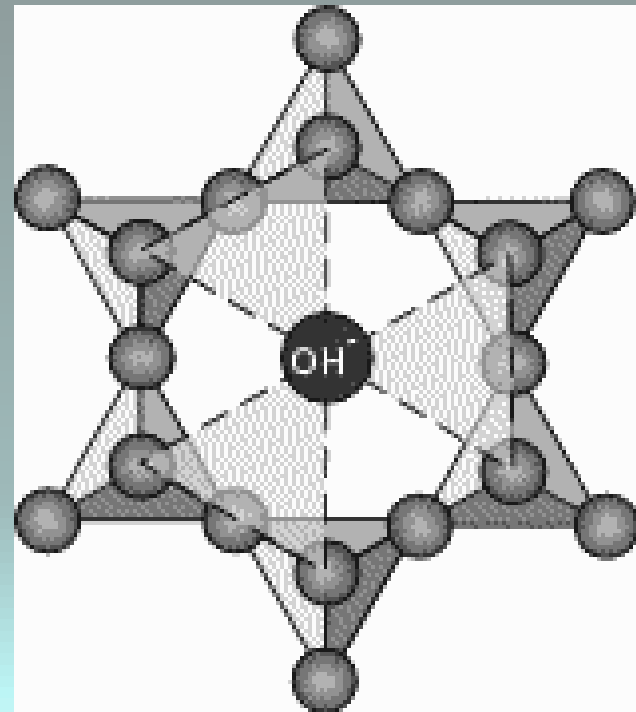
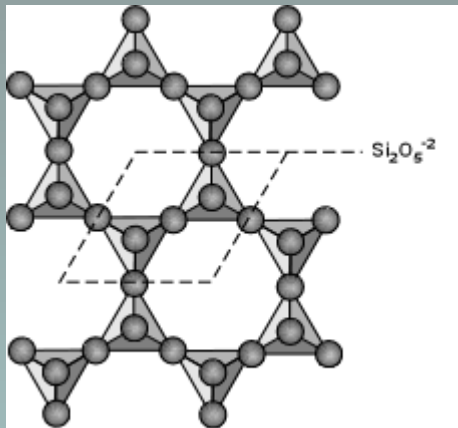
Filosilicatos



[Esta Foto](#) de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-SA](#)

Filosilicatos

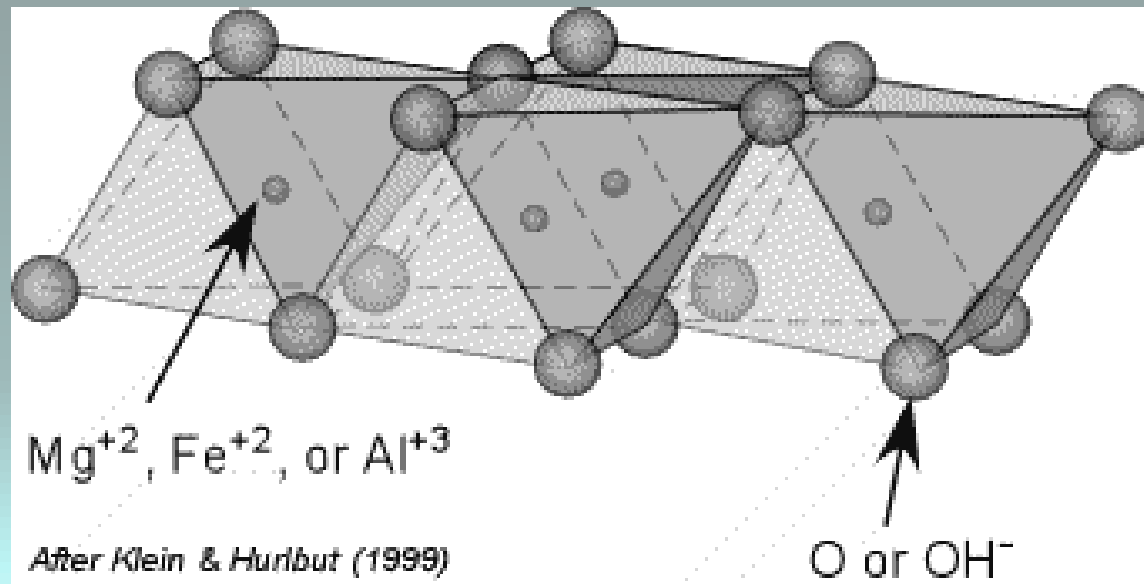
Estrutura básica de anéis de seis silicatos interconectados que se reproduz infinitamente. Três dos quatro íons O^{2-} nos vértices dos tetraedros são compartilhados com outros tetraedros levando à unidade básica estrutural $Si_2O_5^{2-}$. A maioria dos filosilicatos contém um grupo hidróxido no centro do hexágono como mostra a figura da direita. Assim, a unidade básica passa a ser $Si_2O_5(OH)^{-3}$.



Filosilicatos

Camada Octaédrica

- Os outros cations na estrutura estão ligados às placas de SiO_4 compartilhando O^{2-} apicais e o OH^- apresentando número de coordenação 6 com geometria octaédrica. Estes cations, geralmente, são o Fe^{+2} , Mg^{+2} , ou Al^{+3} .



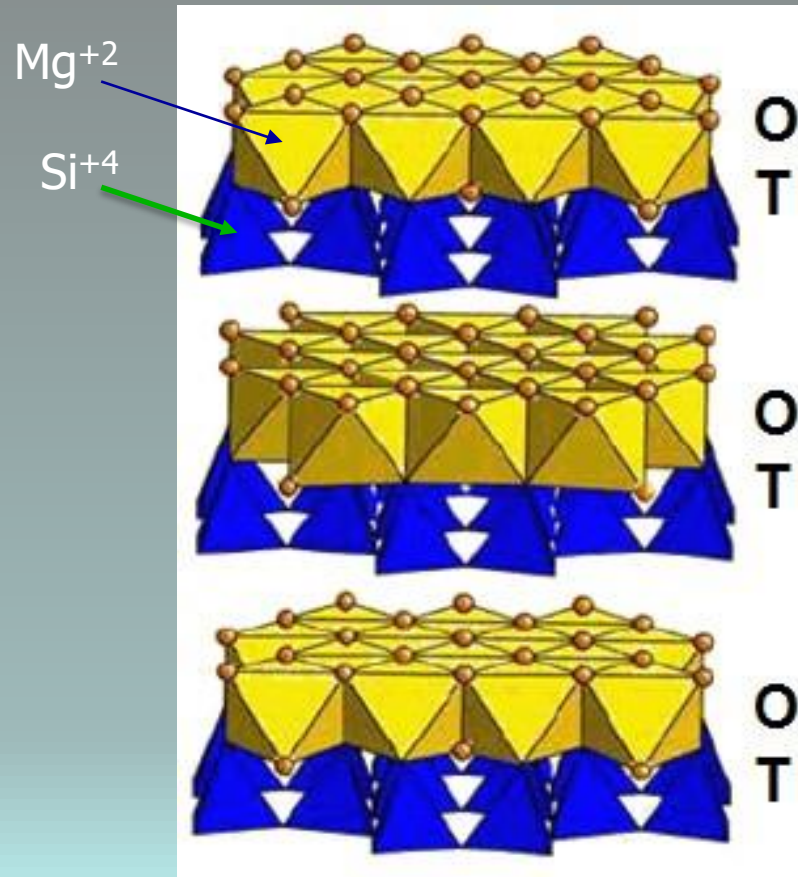
Tipos de Filosilicatos

Classificação segundo o número de Sítios Intersticiais Octaédricos Ocupados



MonoFilosilicatos Aluminosilicatos (OT) Trioctaédricos

Representação do
filosilicato da
classe das
Serpentinas do
tipo trioctaédrico
chamado de
Lizardita,
 $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_6$



Filosilicatos



Filosilicatos

- Monofilosilicatos

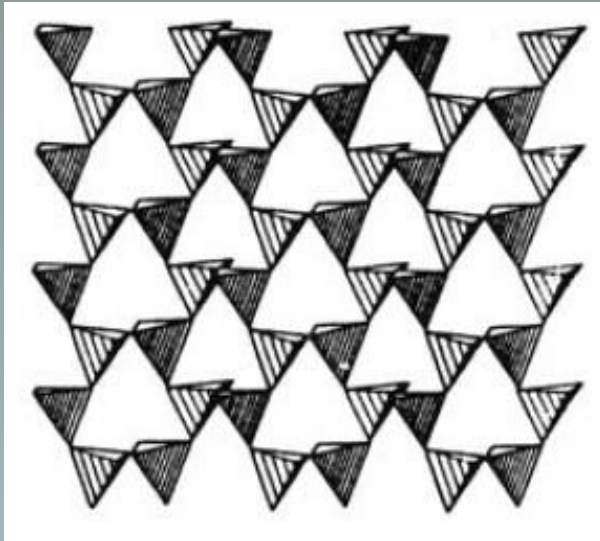
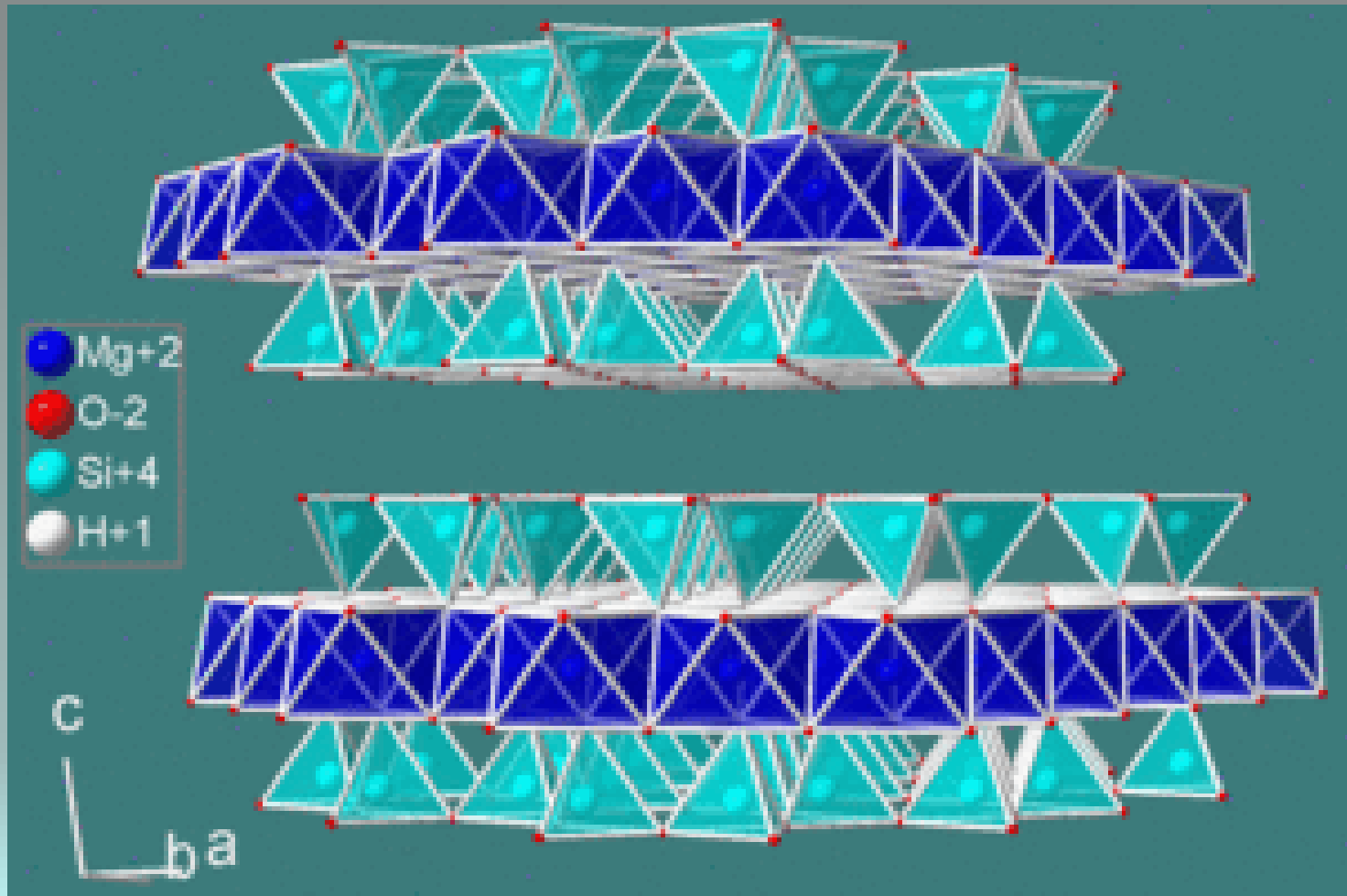


Figure 7. Folding of tetrahedral layers in anhydrous monophyllosilicates

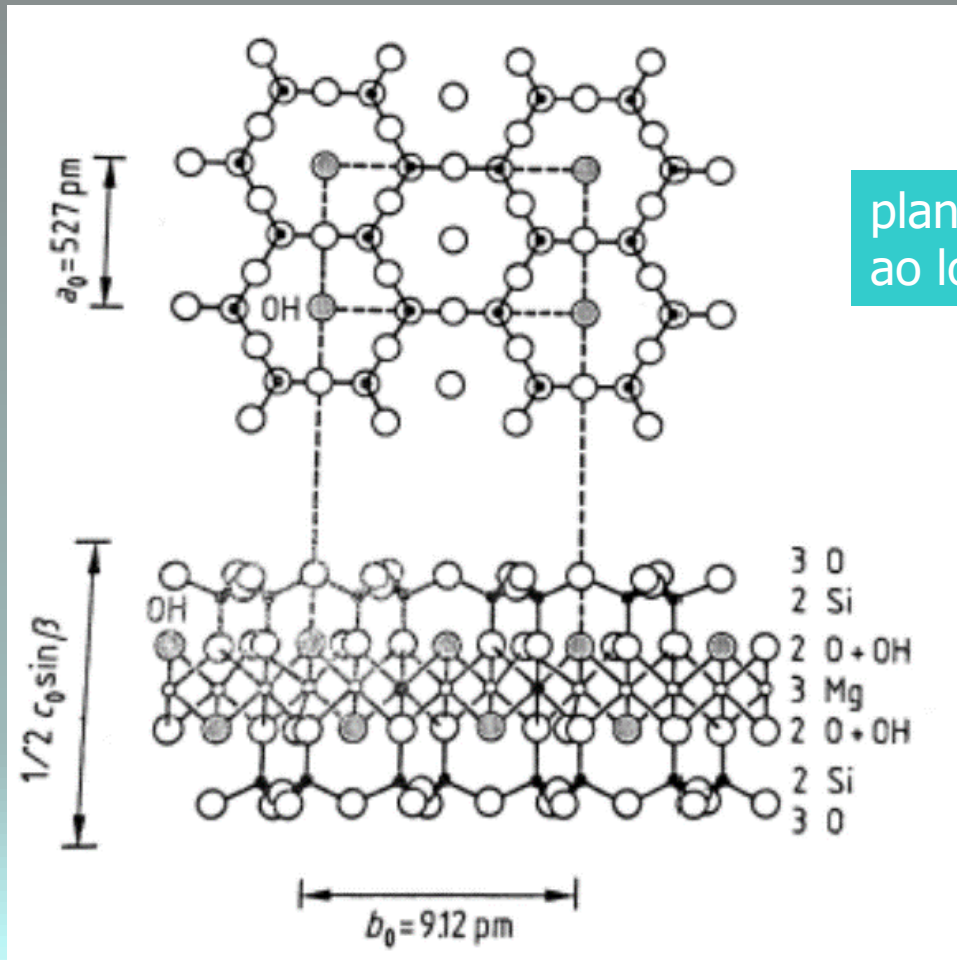
A) $\text{Li}_2[\text{Si}_2\text{O}_5]$; B) $\alpha\text{-Na}_2[\text{Si}_2\text{O}_5]$; C) $\beta\text{-Na}_2[\text{Si}_2\text{O}_5]$; D) Sanbornite, $\text{Ba}[\text{Si}_2\text{O}_5]$ (low-temperature modification)

Quanto menor o raio iônico do cátion do metal alcalino, mais dobrada é a placa.

Talco



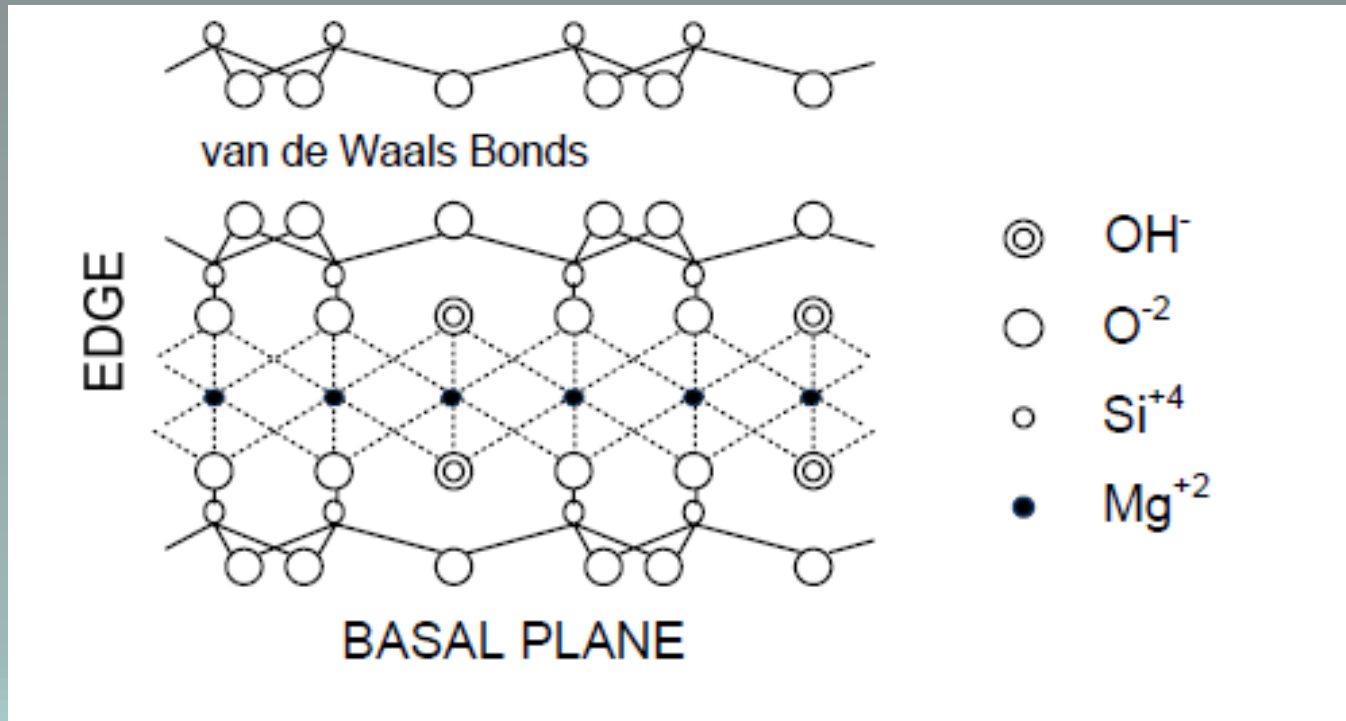
Talco



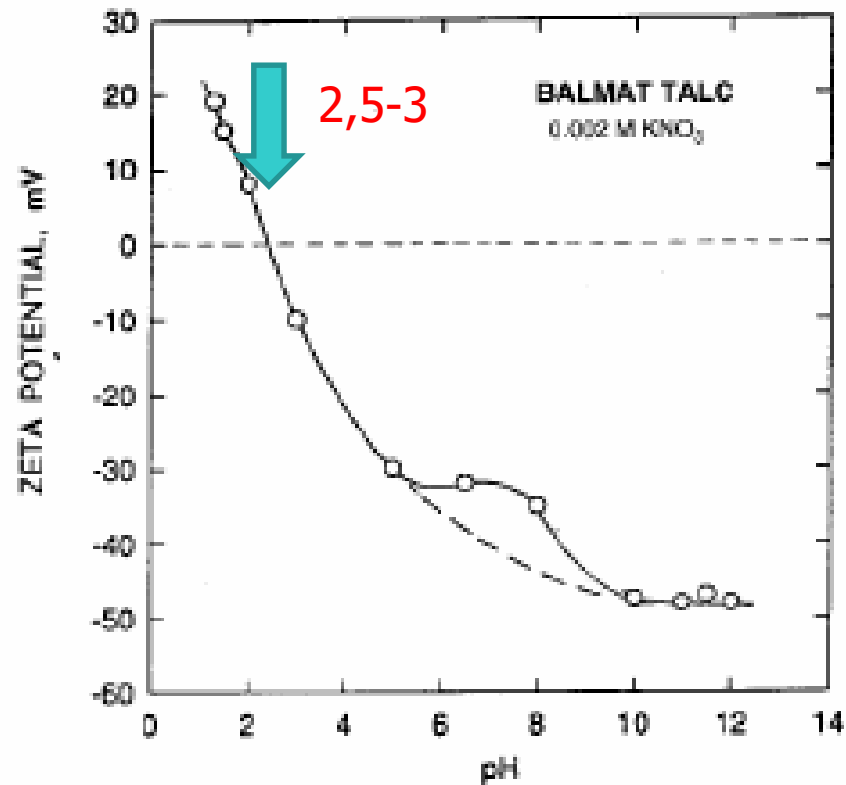
plano perpendicular ao eixo e
ao longo da direção [001]

Talco

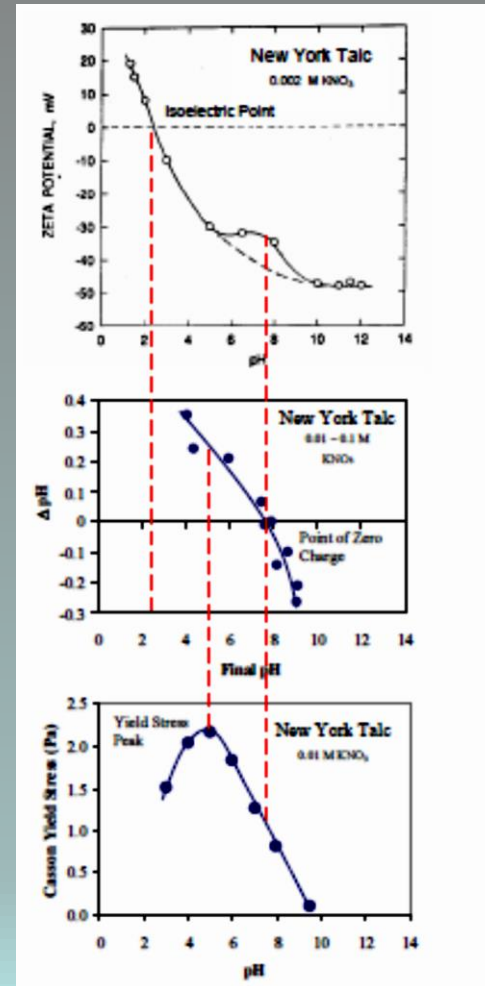
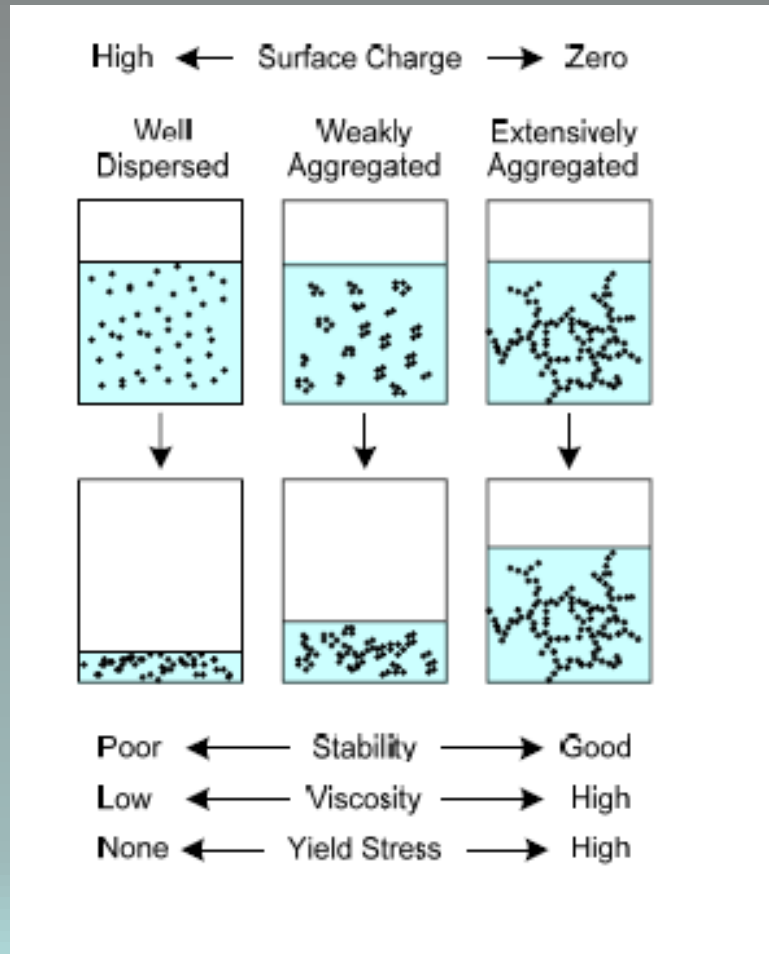
Plano Basal



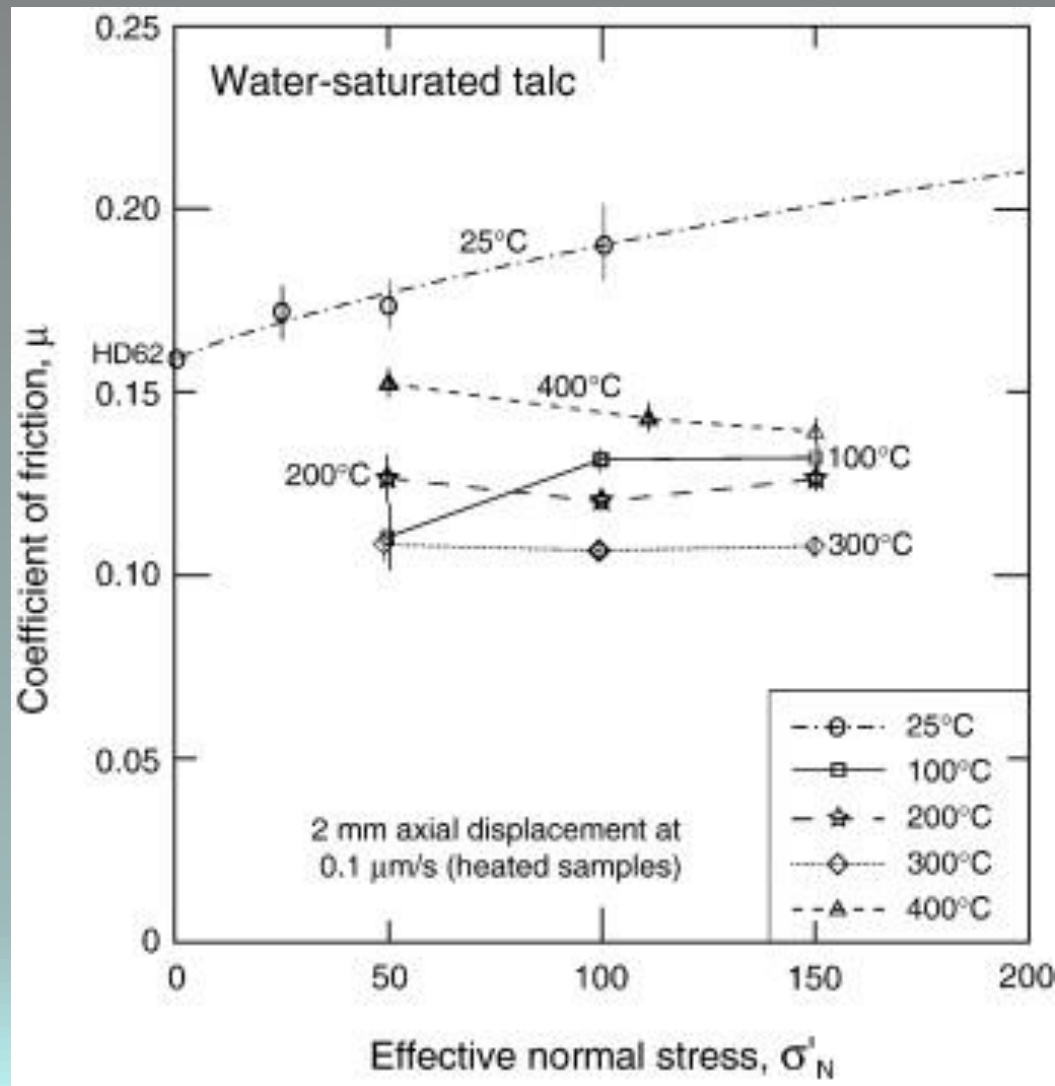
Ponto Isoelétrico Talco



Coagulação e Ponto Isoelétrico

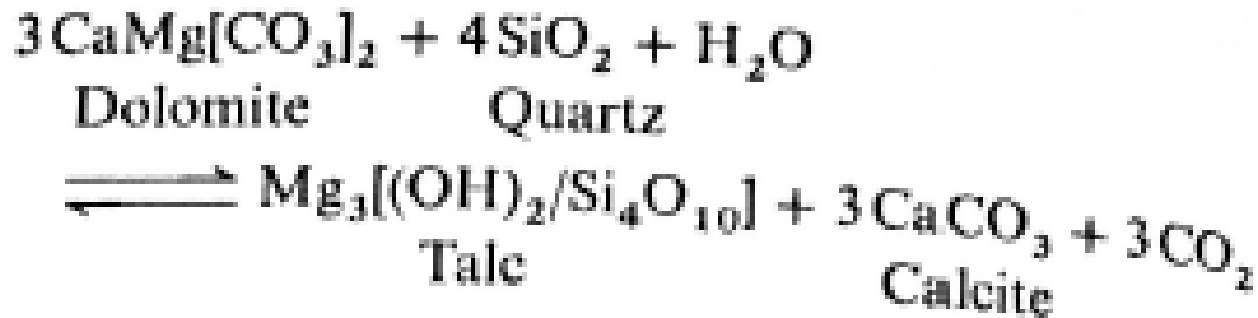


Tribologia : Talco



Formação

- Condições Hidrotérmicas



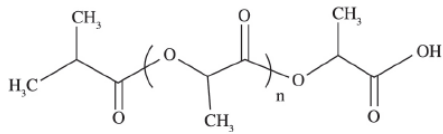
Estruturas derivadas por substituição isomórfica

Minnesotaite: $\frac{2}{\infty}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{H}_2)_3[(\text{OH})_2/(\text{Si}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_4\text{O}_{10}]$

Willemseite: $\frac{2}{\infty}(\text{Ni}, \text{Mg})_3[(\text{OH})_2/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$.

Compósitos de Talco

Thermal, Rheological and Morphological Properties of Poly (Lactic Acid) (PLA) and Talc Composites



Plásticos Biodegradáveis

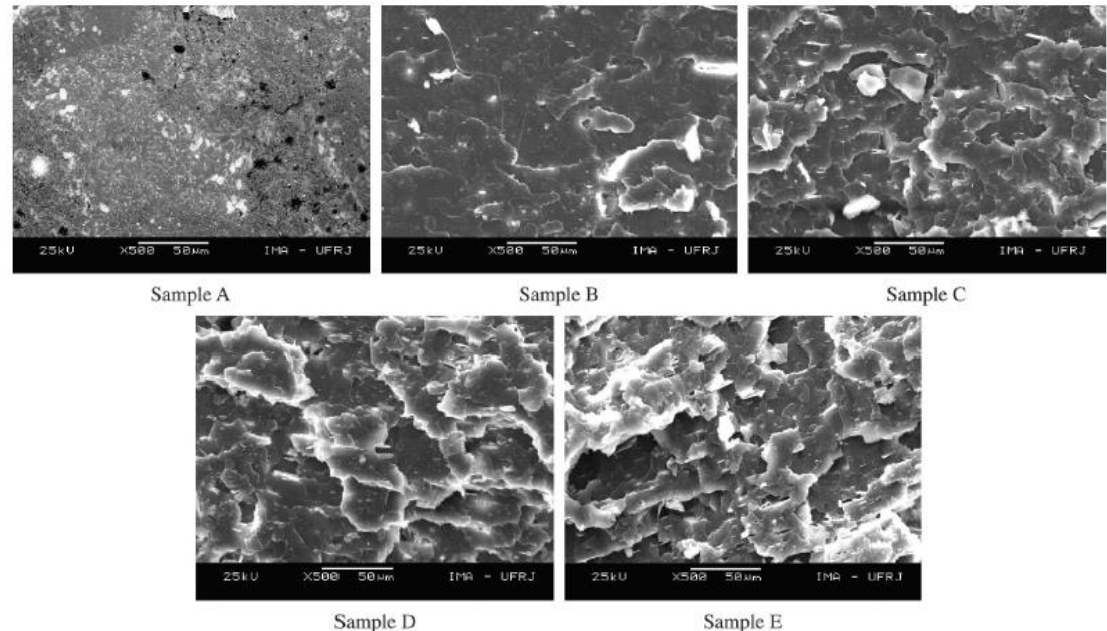


Figure 8. Scanning Electron Microscope (SEM) Images of PLA samples fracture surfaces.

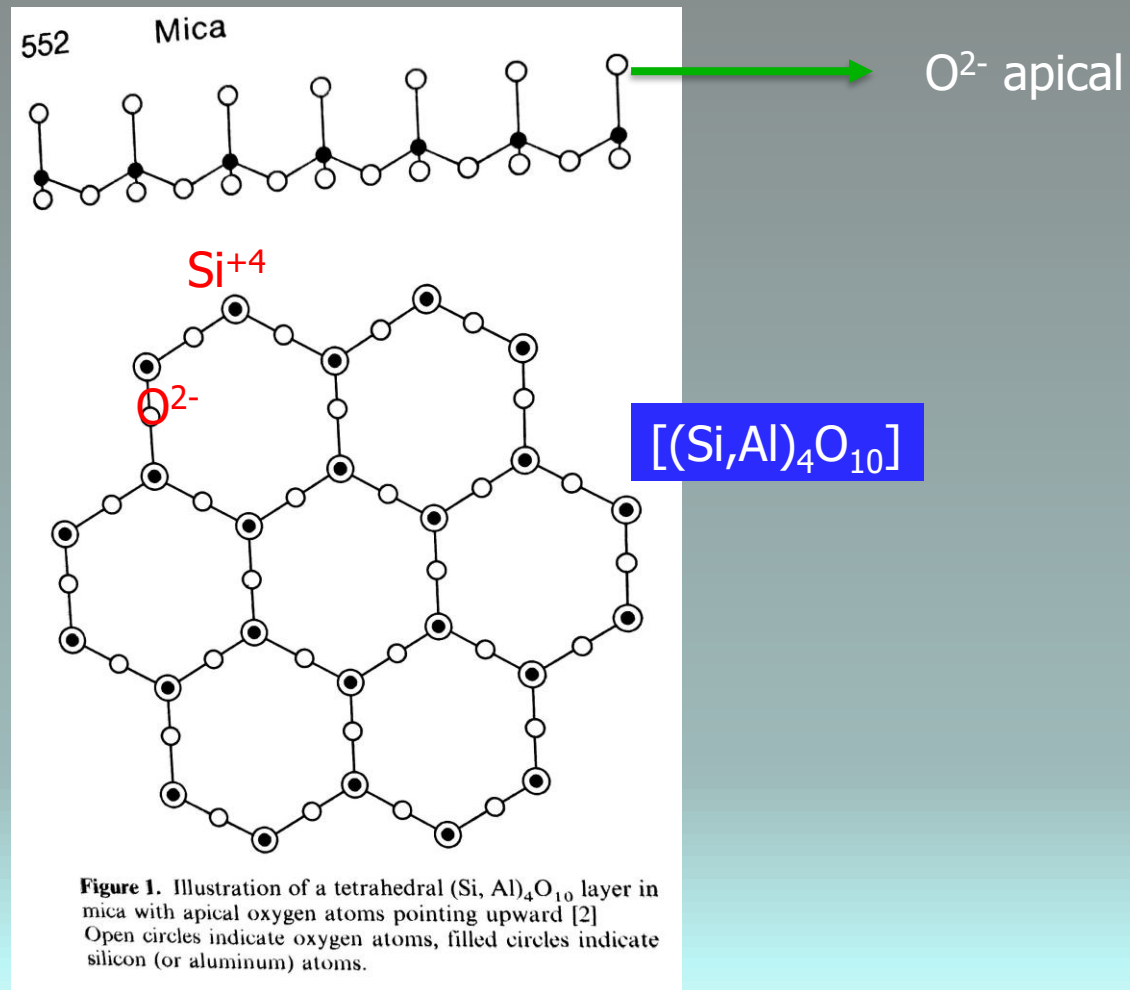
Mica

Micas são filosilicatos nos quais as unidades estruturais consistem de uma camada octaédrica (Os) entre duas camadas tetraédricas (Ts). Estes conjuntos chamados de lamela são separados entre si por planos contendo cations interlamelares desidratados (I).

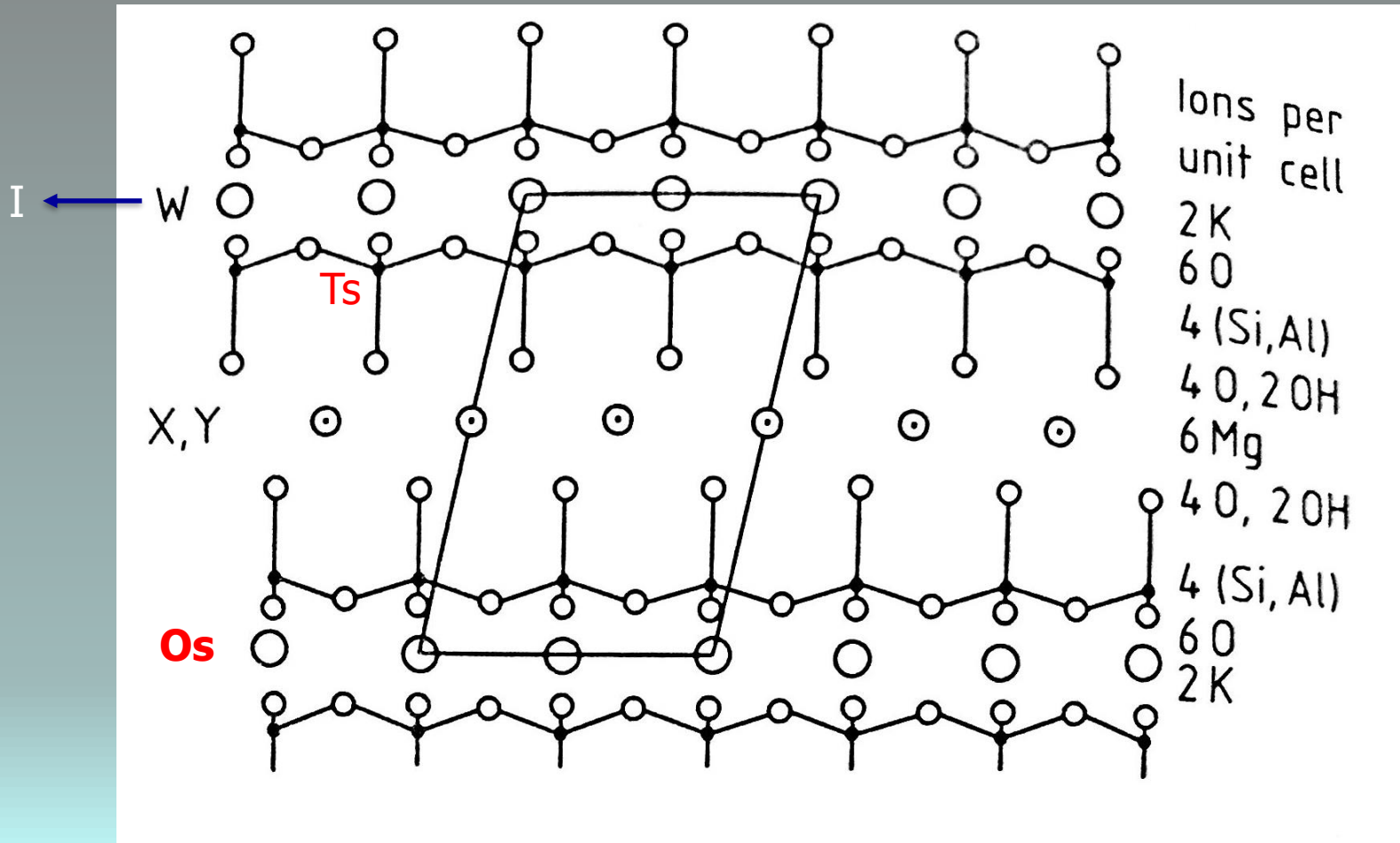
M.Rieder et al, Clays and Clay Minerals, Vol. 46, No. 5, 586-595, 1998

A sequência é ..TsOsTsITSOSTsI...

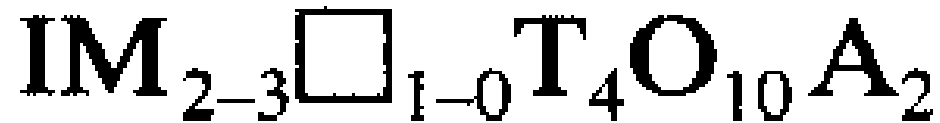
Disposição das Camadas Tetrédricas (Ts) nas Micas



Visão Lateral da Célula Unitária



Fórmula Simplificada



I é usualmente Cs, K, *Na*, NH₄, Rb, Ba, Ca

M é geralmente Li, Fe²⁺ ou Fe³⁺, Mg²⁺, Mn²⁺ ou Mn³⁺, Zn²⁺, Al³⁺, Cr³⁺, V, Ti⁴⁺

T pode ser Be, Al, B, Fe³⁺, Si⁴⁺

A pode ser Cl, F, OH, O (oxi-micas), S

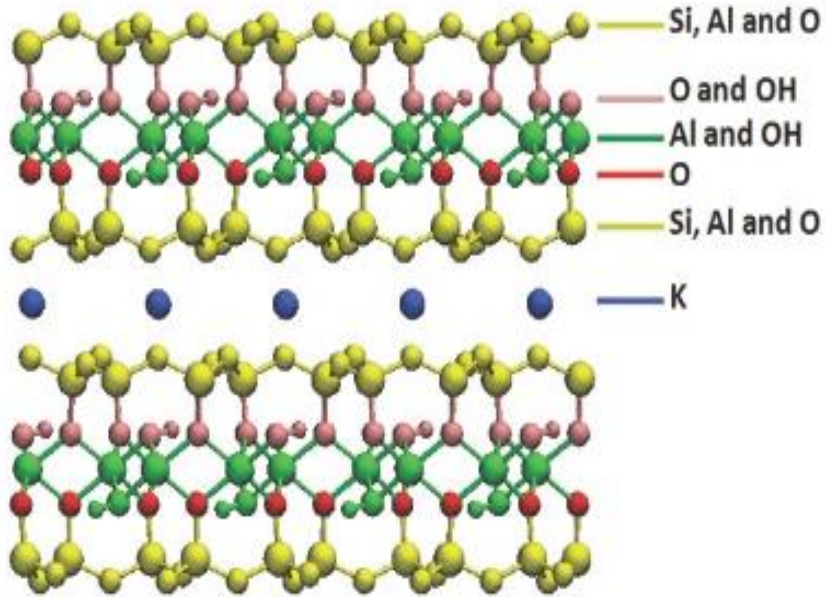
$\square$ Representa uma vacância

Principais Tipos de Mica



Introdução

Estrutura da Mica Muscovita.



- ◆ Fórmula Química - $\text{KA}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH.F})_2$
- ◆ Composição - 11,82 % K_2O , 38,38 % Al_2O_3 , 45,23 % SiO_2 , 4,29 % H_2O
- ◆ Cristalografia - Pseudo-hexagonal

https://www.researchgate.net/figure/265135424_fig3_Figure-1-Structure-of-muscovite-mica-a-Atomic-model-of-mica-showing-two-adjacent

Introdução

Uso de Mica em Isolação.

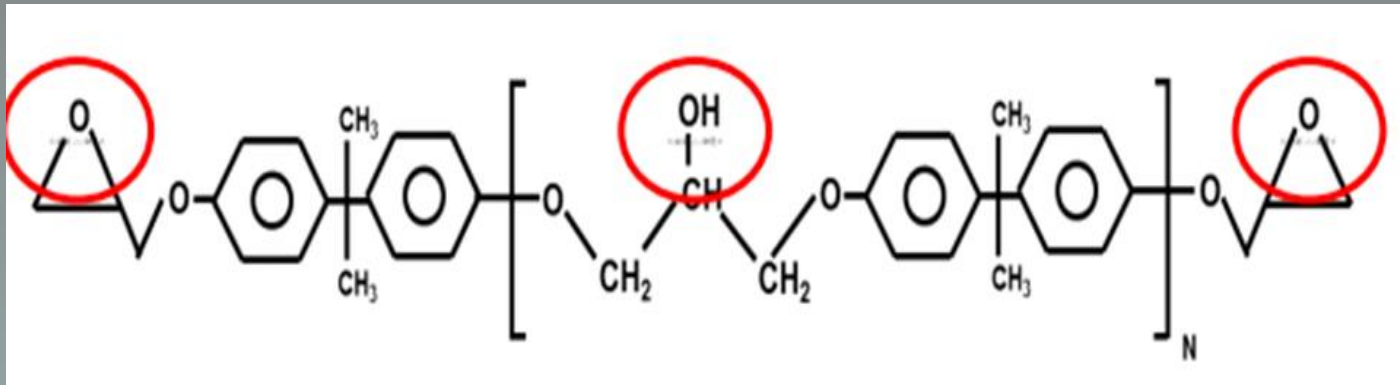
Propriedades	Unidade	Muscovita	Flogopita
Rigidez Dielétrica	KV/mm	60 a 70	50
Início Calcinação	°C	550 a 650	750 a 900
Estabilidade Térmica	°C	500	700
Condutividade Térmica	W/m. K	0,25 a 0,70	Acima 1.7
Constante Dielétrica		6 a 8	5 a 6
Fator de Dissipação (tan. Delta)		$3 \cdot 10^{-4}$	$10 \text{ a } 100^{-4}$
Resistência a efeito Corona		Passa	Passa

ROTTER, H, W.; Glimmer & Glimmererzeugnisse: Eigenschaften, **Entwicklungen, Anwendungen**;

Siemens Aktiengesellschaft: Berlin, Germany, 1985.

VISÃO ATUAL SISTEMA EPÓXI

Monômero de Referência e Uso.



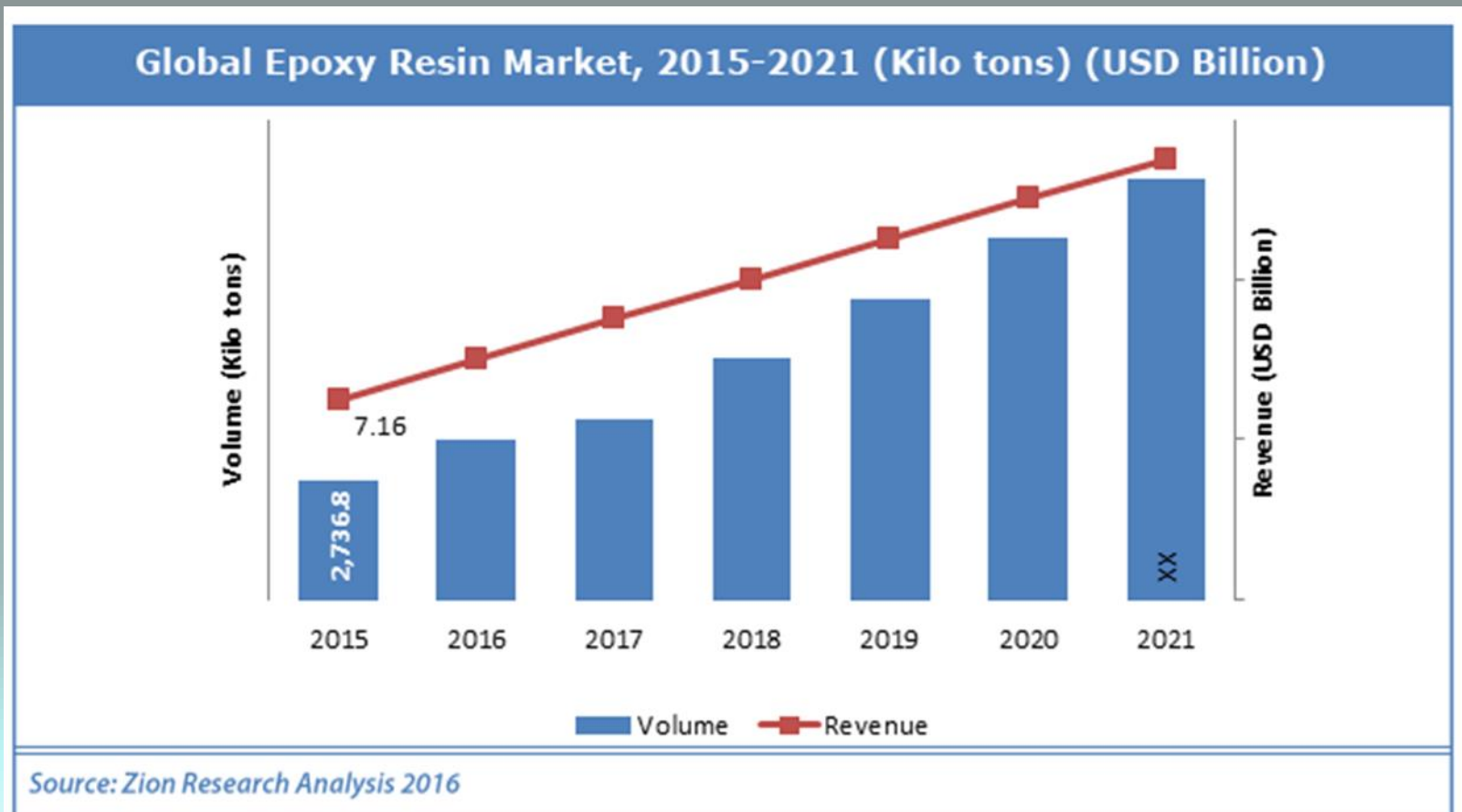
A estrutura acima do DGEBA (Di-glicidil éter de bisfenol A) é usada com :

- a) Aminas (Primária e ou secundária). Reação Espontânea de difícil controle devido calor gerado.
- b) Anidrido: Reação controlada com uso de catalisador e ou aquecimento.

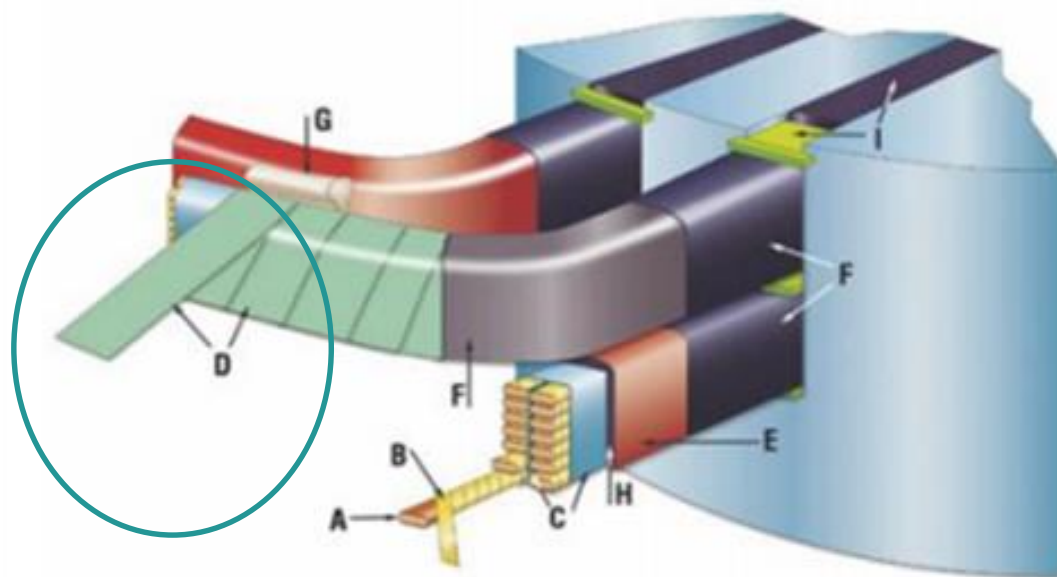
VISÃO ATUAL SISTEMA EPÓXI

Produção mundial de Sistemas Epóxi.

-Em 2013 35% de epóxi produzida no mundo foi usada para aplicação elétrica.



VISÃO ATUAL SISTEMAS EPÓXI EM APLICAÇÃO ELÉTRICA



- A) Condutor
- B) Isolação do condutor
- C) Materias de consolidação da espira
- D) Isolação principal (fita de mica)
- E) Fitas de acabamento e vedação

- F) Proteção a corona (condutivo)
- G) Materiais de amarração
- H) Resina de impregnação
- I) Materiais de preenchimento da ranhura

Figura com desenho esquemático com os materiais usados em sistema isolante. Fonte VonRoll Isola. Technical Data Sheets, 2002..