

Microscopia de Força Atômica (AFM)

Microscopia (AFM)

7.2.5.1. Introdução

Figura.7.36. Modelo de microscópio de força atômica (AFM).



Microscopia (AFM)

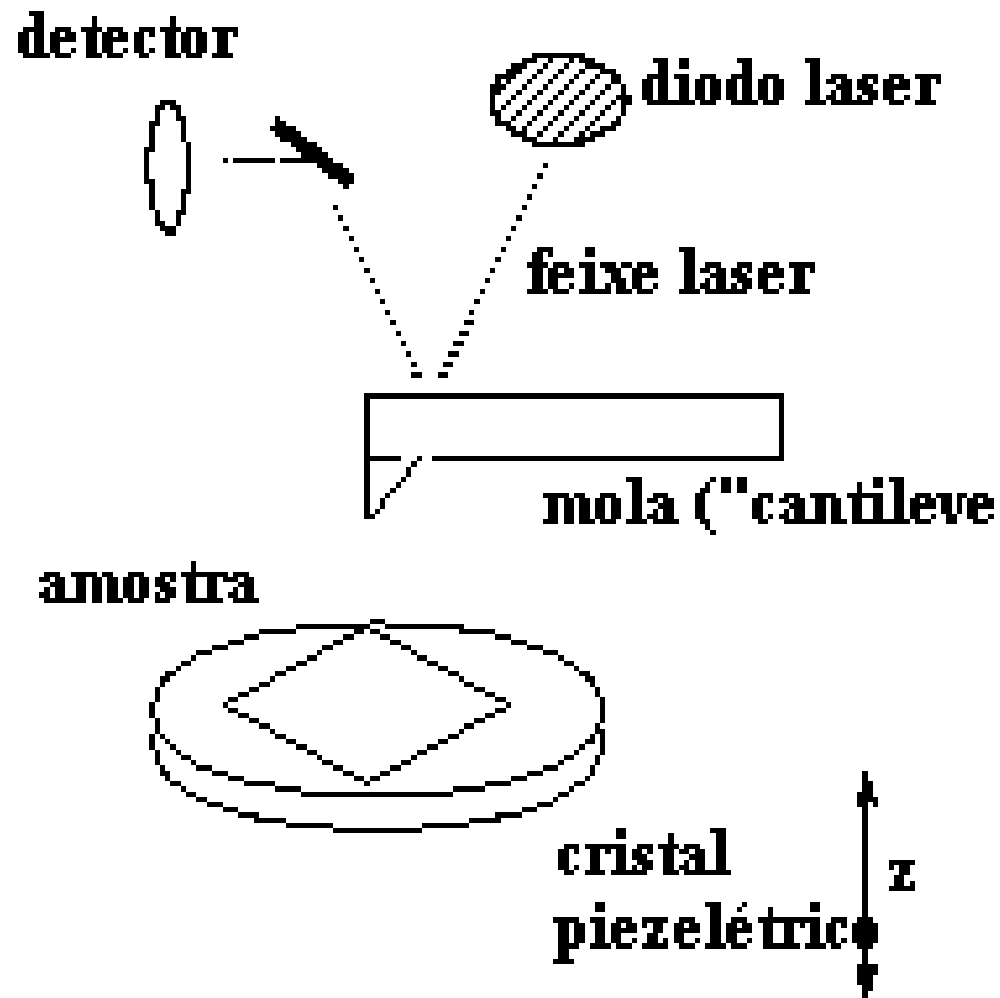


Figura.7.36a. Diagrama representativo de funcionamento do microscópio de força atômica.

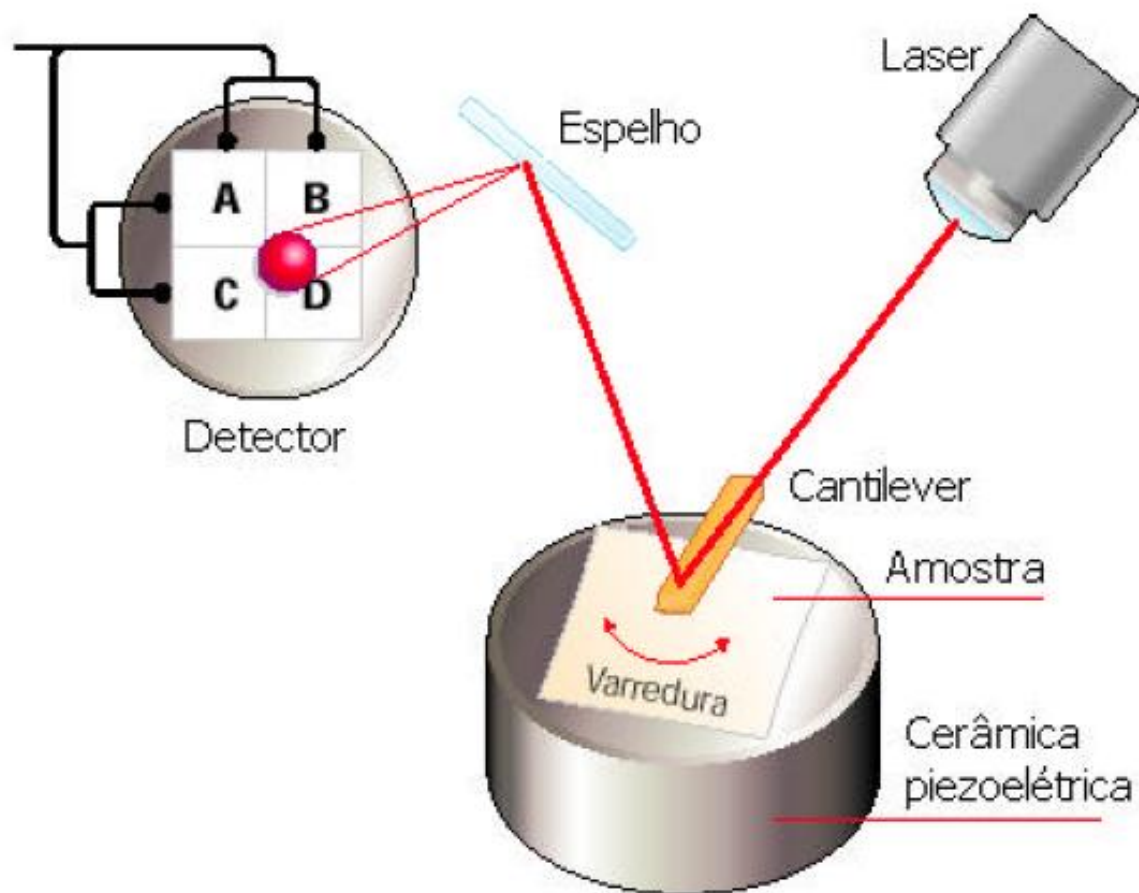


Figura 2: Esquema de um microscópio de força atômica.

Microscopia (AFM)

7.2.5.2. Forças a distâncias microscópicas

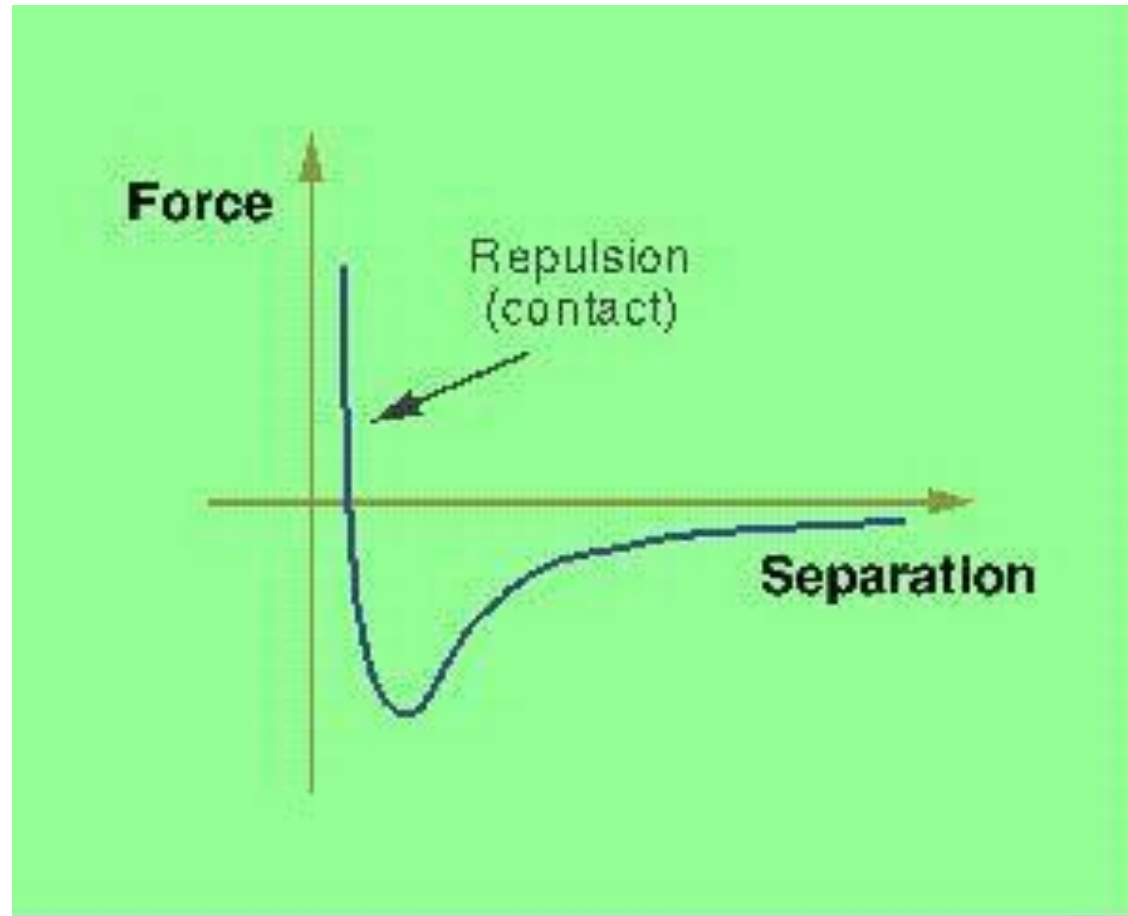


Figura.7.37. Força entre a ponteira e a amostra em função da distância entre elas.

Microscopia (AFM)

- As forças de van der Waals agindo entre dois átomos ou moléculas podem ser classificadas em forças de ***orientação***, de ***indução*** e de ***dispersão***.

Microscopia (AFM)

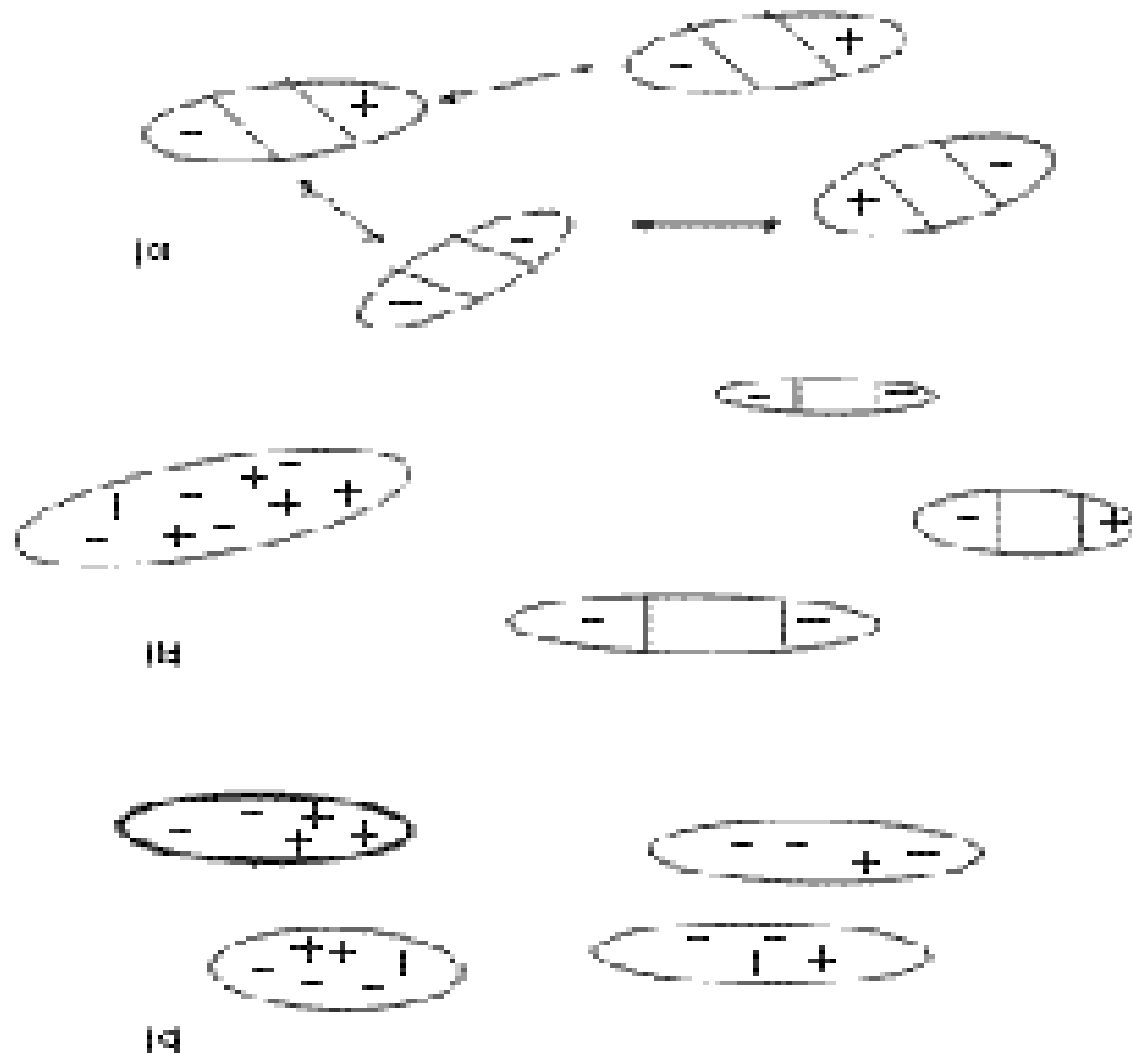


Figura.7.38. Forças de van der Waals. a) Forças de orientação; b) Forças de indução; c) Forças de dispersão.

7.2.5.3. Ponteira defletora (Mola plana ou “cantilever”)

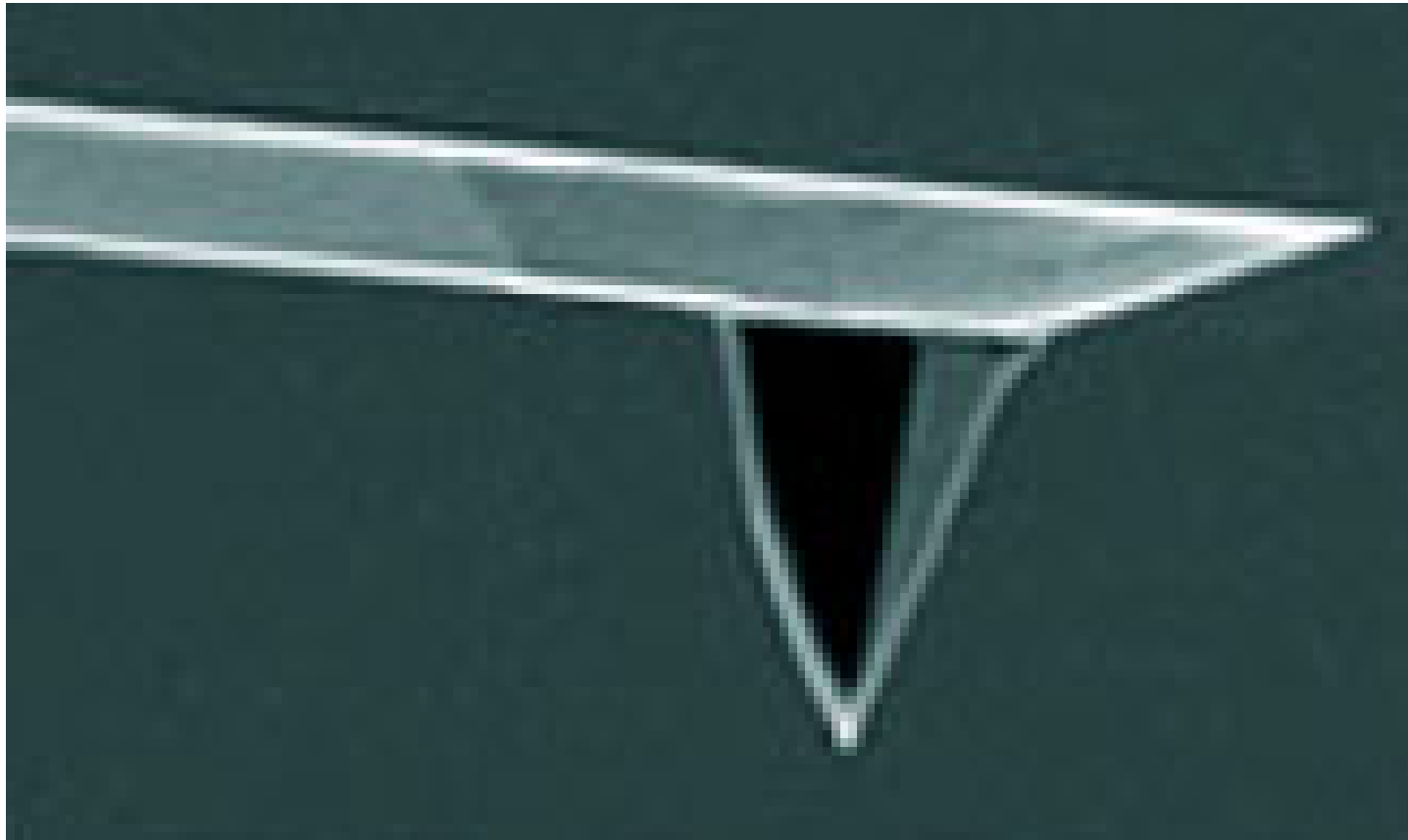


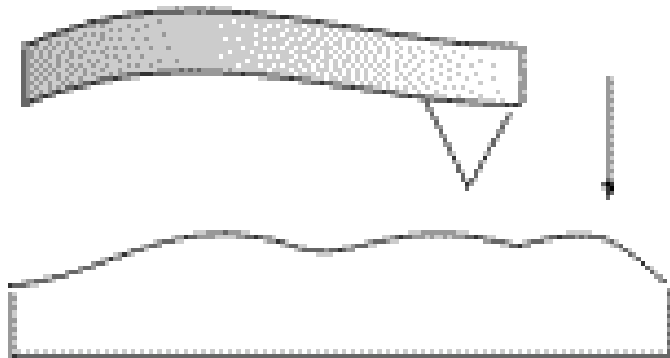
Figura 7.43. Imagem da ponteira defletora AFM.

Microscopia (AFM)

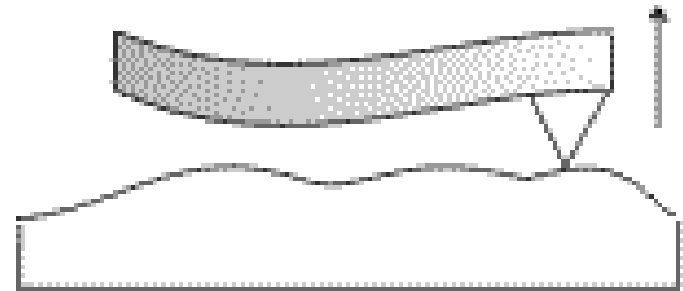
Princípios Básicos de Operação

- Existem atualmente dois modos básicos de operação dos equipamentos de microscopia de força atômica chamados de modo Estático (DC) e modo Dinâmico (AC).
- A técnica de AFM também pode ser classificada em 2 modos de força distintos: Contato e não-contato.

Microscopia (AFM)



Não contato



Contato

Figura.7.40. Deflexão da mola operando em não-contato e em contato

Microscopia (AFM)

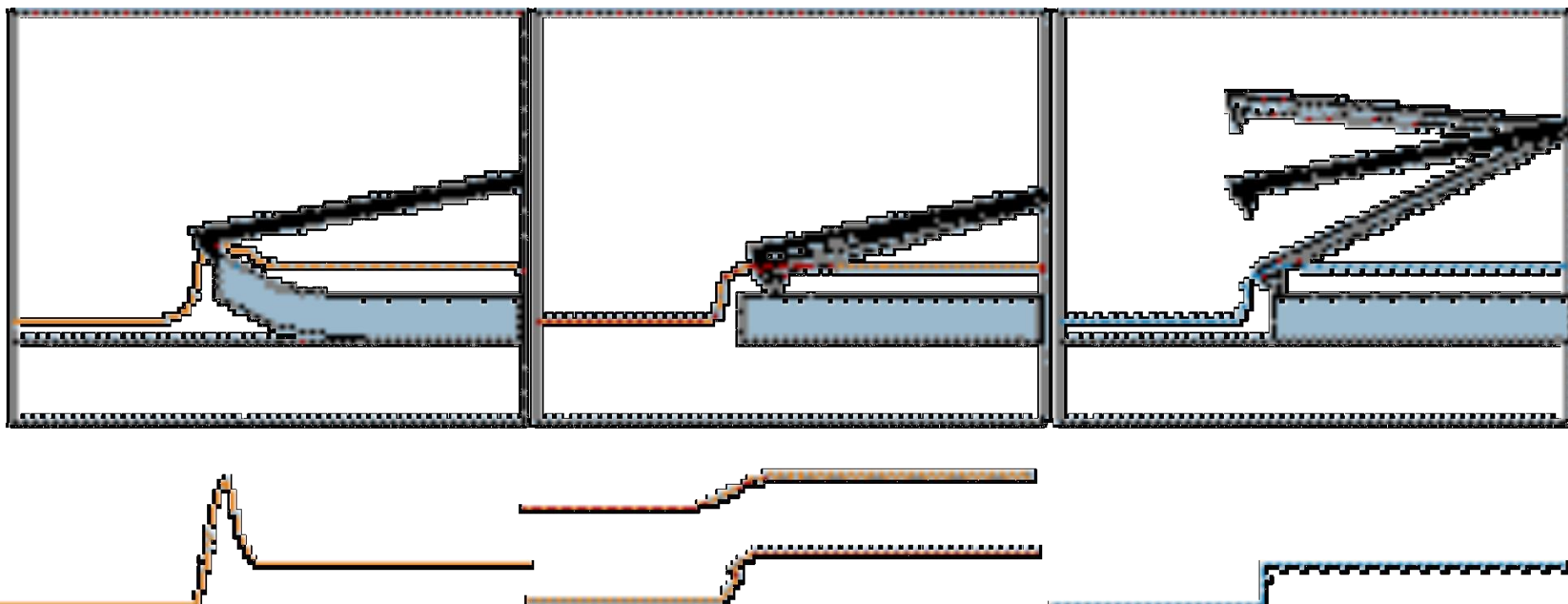


Figura.7.42. Diagrama dos modos de operação do AFM. (a) contato;(b) não-contato;(c) “tapping” ou dinâmico

- **a) Estático (DC)**
- A força atuando sobre a mola é obtida pela lei de Hook, como mostrado nas equações
- **$F = CB \cdot Zt$ (7.1); $CB = 3.E.I / L^3$ (7.2)**
- sendo que, para uma mola de forma retangular, **$I = b.d^3 / 12$ (7.3)**
- definindo os parâmetros, **CB**:constante de deformação da mola; **Zt**:deformação; **E**:módulo de Young; **I**:momento de inércia; **L**:comprimento do 'braço'; **b**:largura da mola; **d**:espessura.

- **b) Dinâmico ou “tapping” (AC)**

No modo chamado dinâmico, a mola oscila perto da sua frequência de ressonância.

Equação para o movimento do sistema:

- $(\partial^4 \Psi / \partial x^4) + \mu / E.I (\partial^2 \Psi / \partial x^2) = F(x,z) \quad (7.4)$

- $\Psi = Y(x)T(t); \quad (7.5)$

- $f_n = (kl)^2 / 2\sqrt{3}\pi (CB/m); \quad (7.6)$

- sendo, $\mu = m/l$: densidade linear de massa;
CB: constante de deformação da mola; **E**: módulo de Young; **I**: momento de inércia; **f_n**: enésima solução de frequência;

Microscopia (AFM)

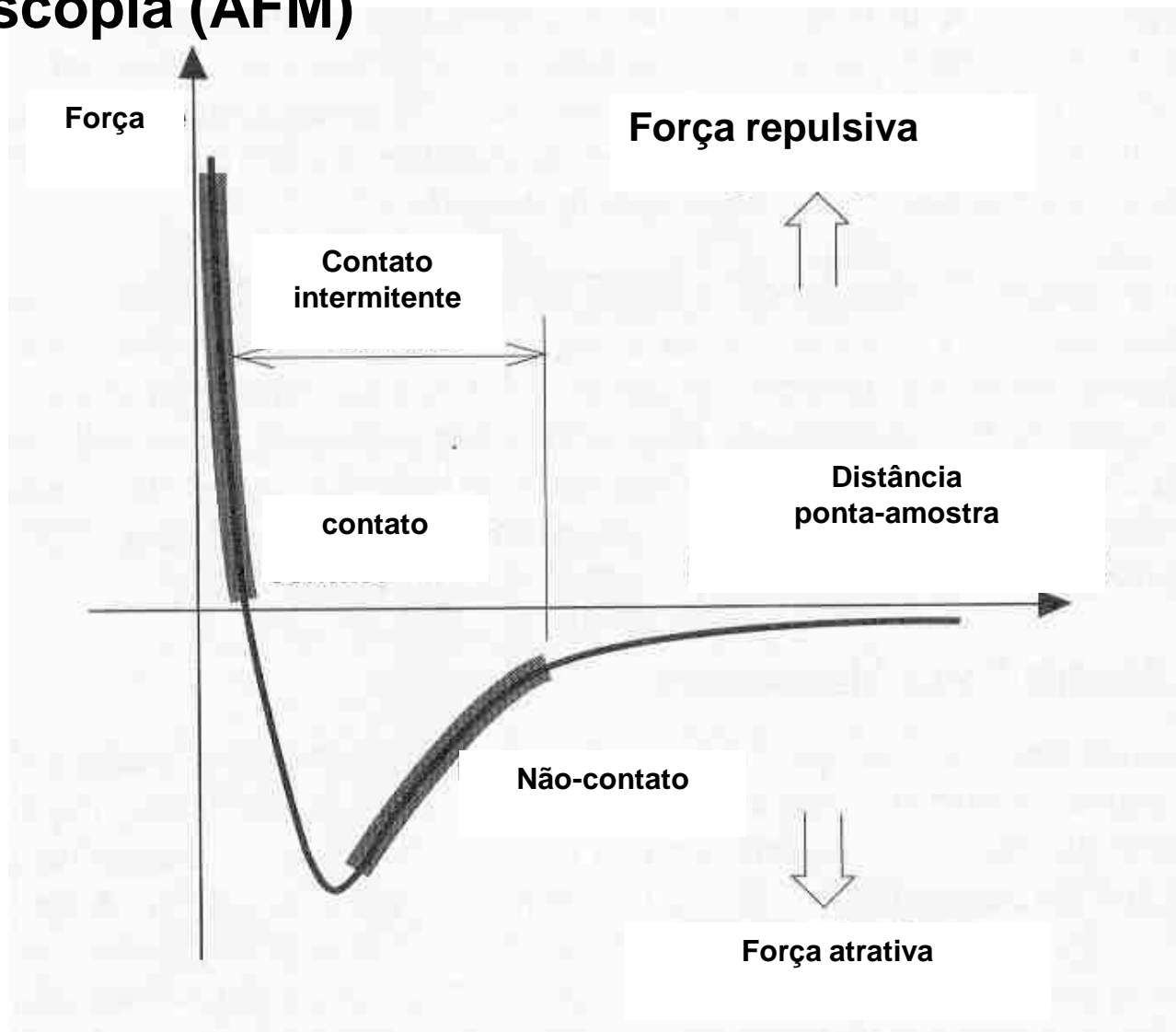
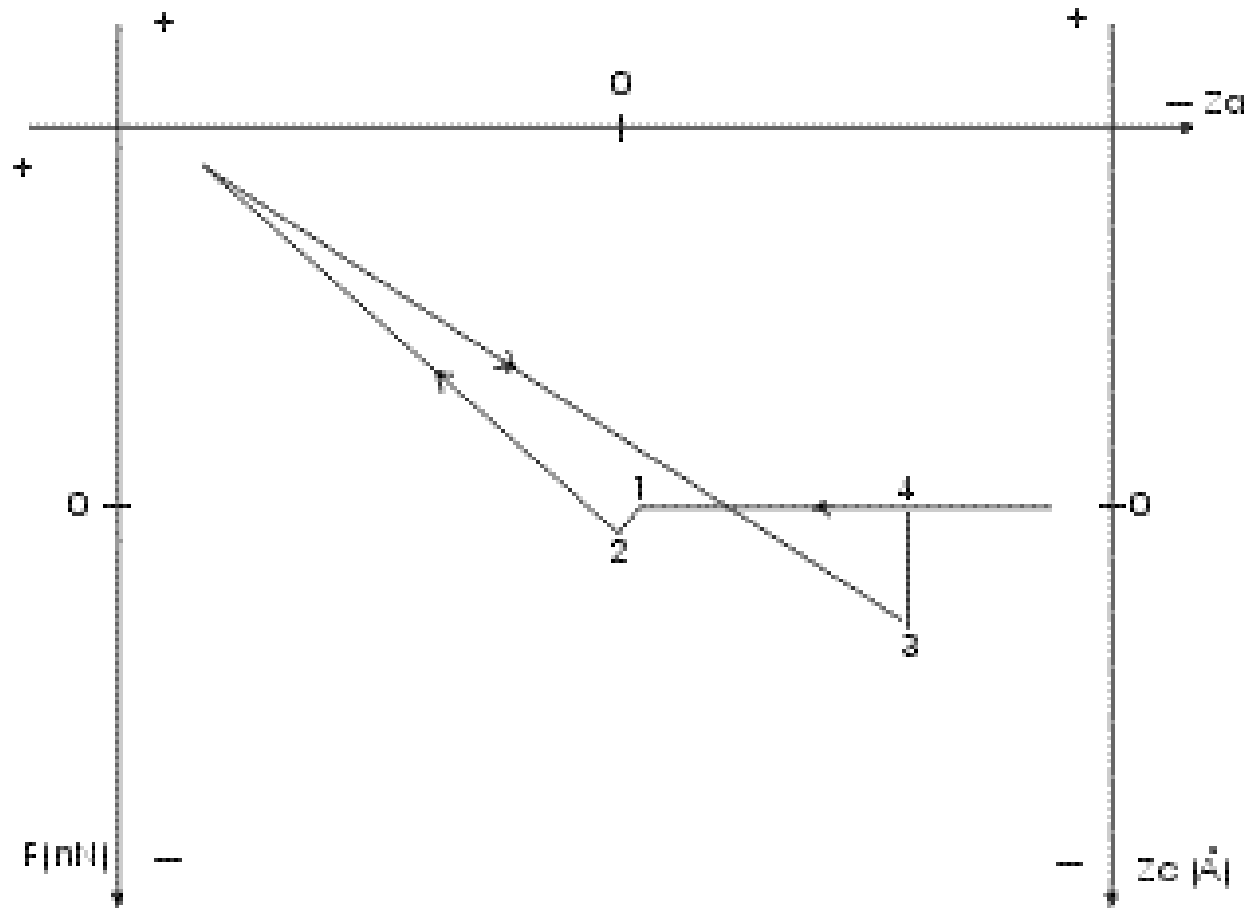
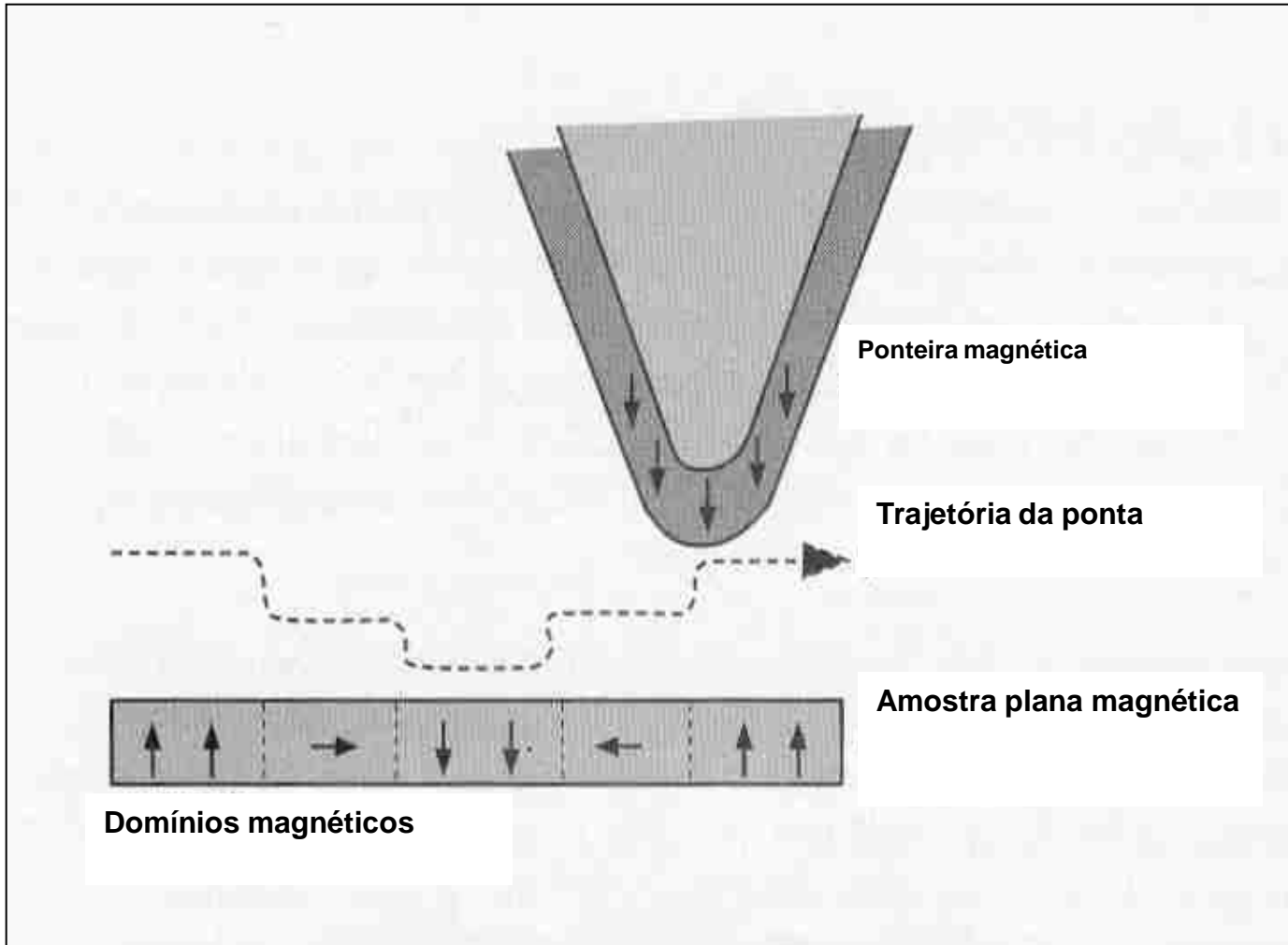


Figura 7.41. Regimes de operação.



Deflexão do *cantilever* em função do movimento vertical da amostra.

7.2.5.4.1. Microscopia de Força Magnética (MFM)



Microscopia de Força Magnética (MFM)

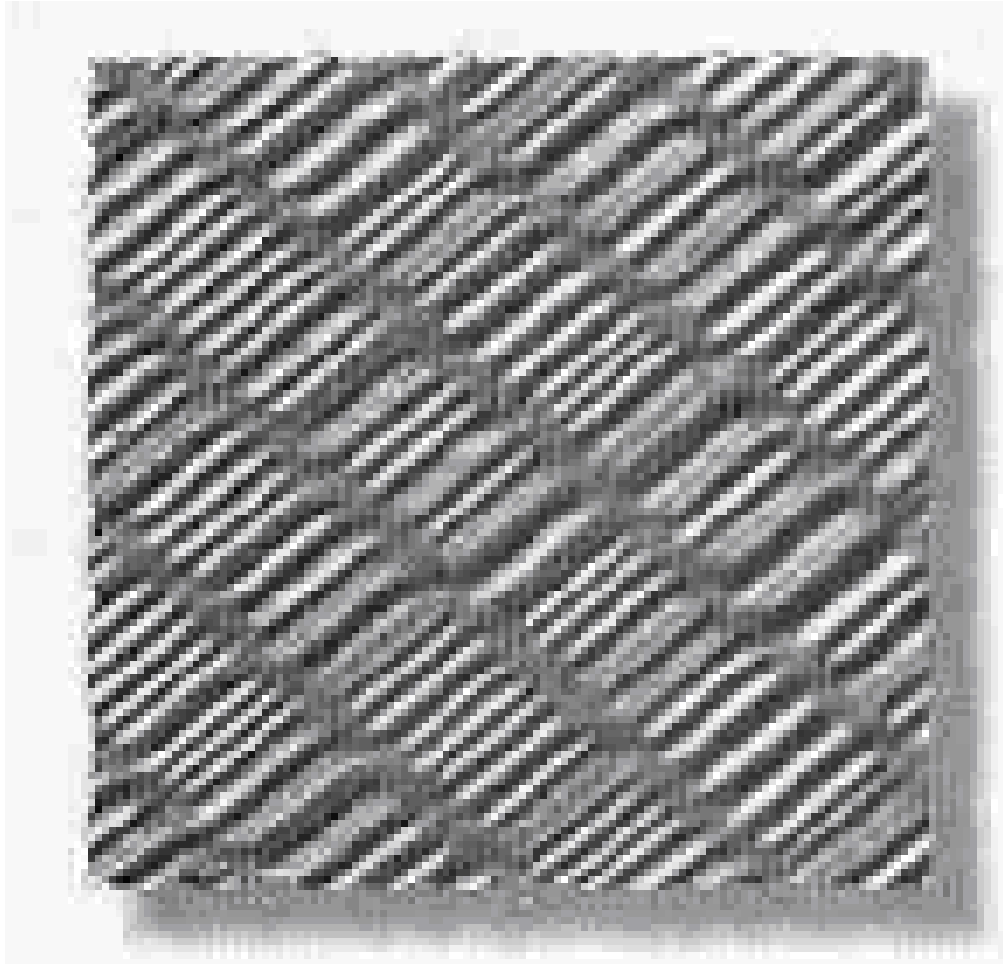


Figura 7.44. Exemplo de operação da MFM na obtenção de imagem de Disco Rígido (campo da imagem 30 mm)

7.2.5.4.2. Microscopia de Eletrostática (EFM)

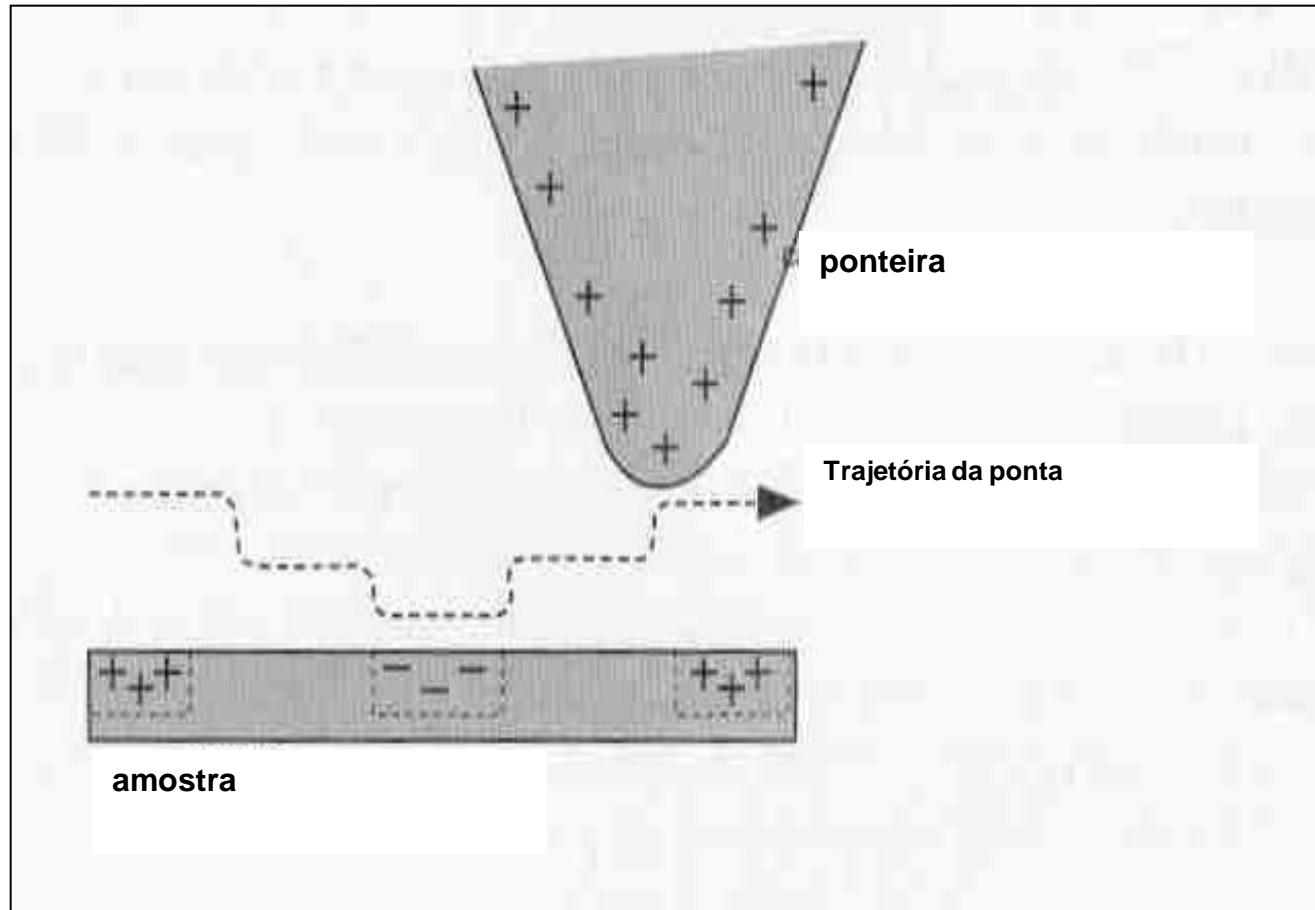


Diagrama ilustrativo da EFM.

7.2.5.4.3. Outras Técnicas Derivadas da Microscopia de Força Atômica

- Técnicas de caracterização derivadas das forças de origem atômicas:
 - microscopia de força capilar (CFM);
 - microscopia de força de fricção (FFM);
 - microscopia de varredura térmica (TSM);
 - outras técnicas derivadas

Artefatos da ponteira

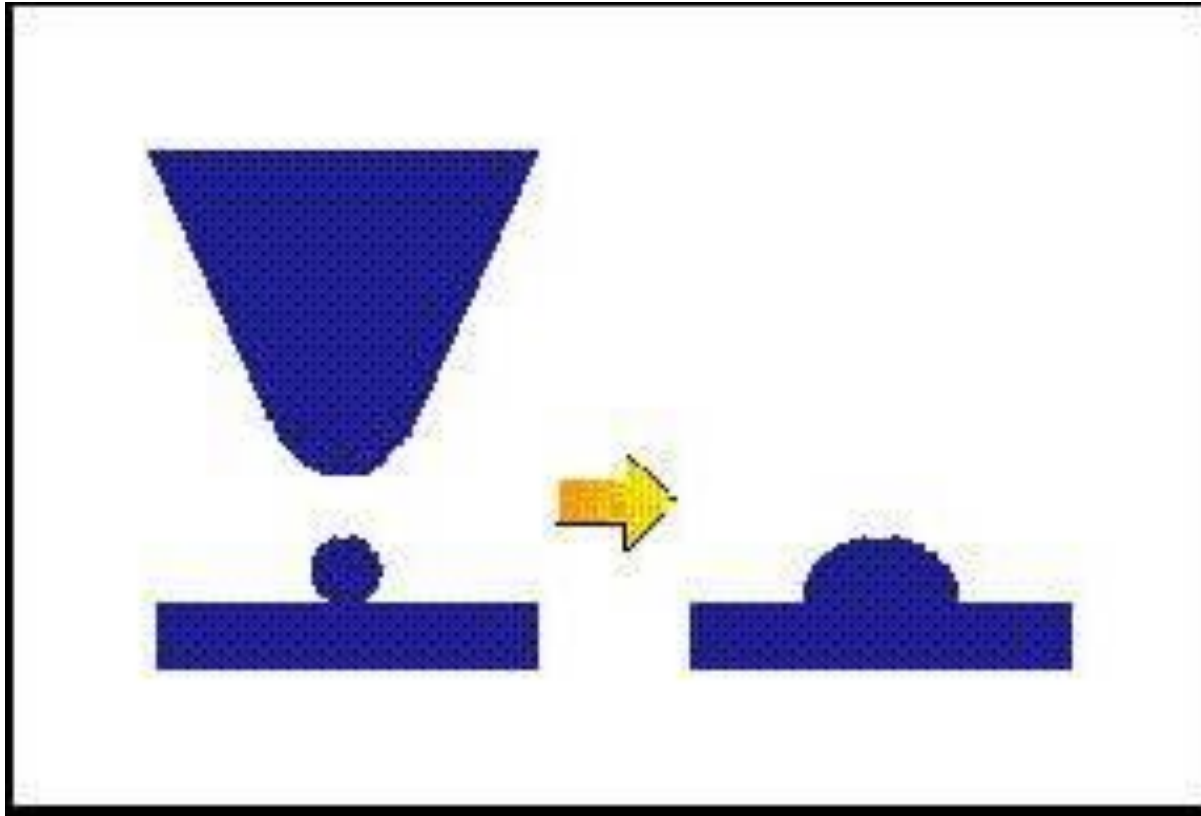


Figura7.46. Imagem dependente do feitio da ponteira.

Artefatos da ponteira

Amostra

Imagem

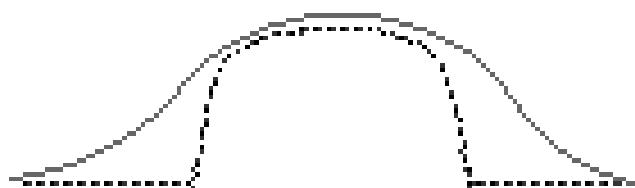
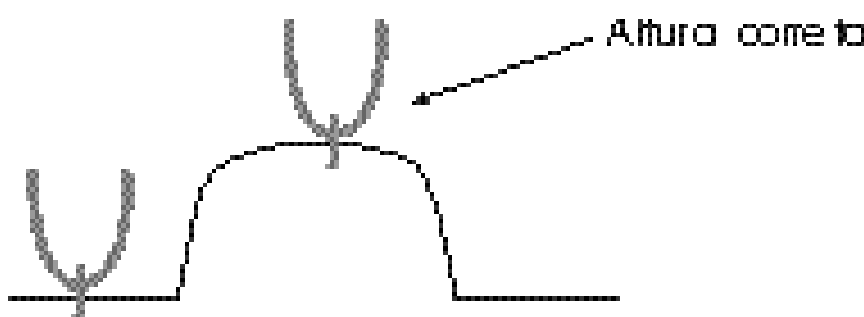


Imagem alargada pelo grande raio da ponteira.

Artefatos da ponteira

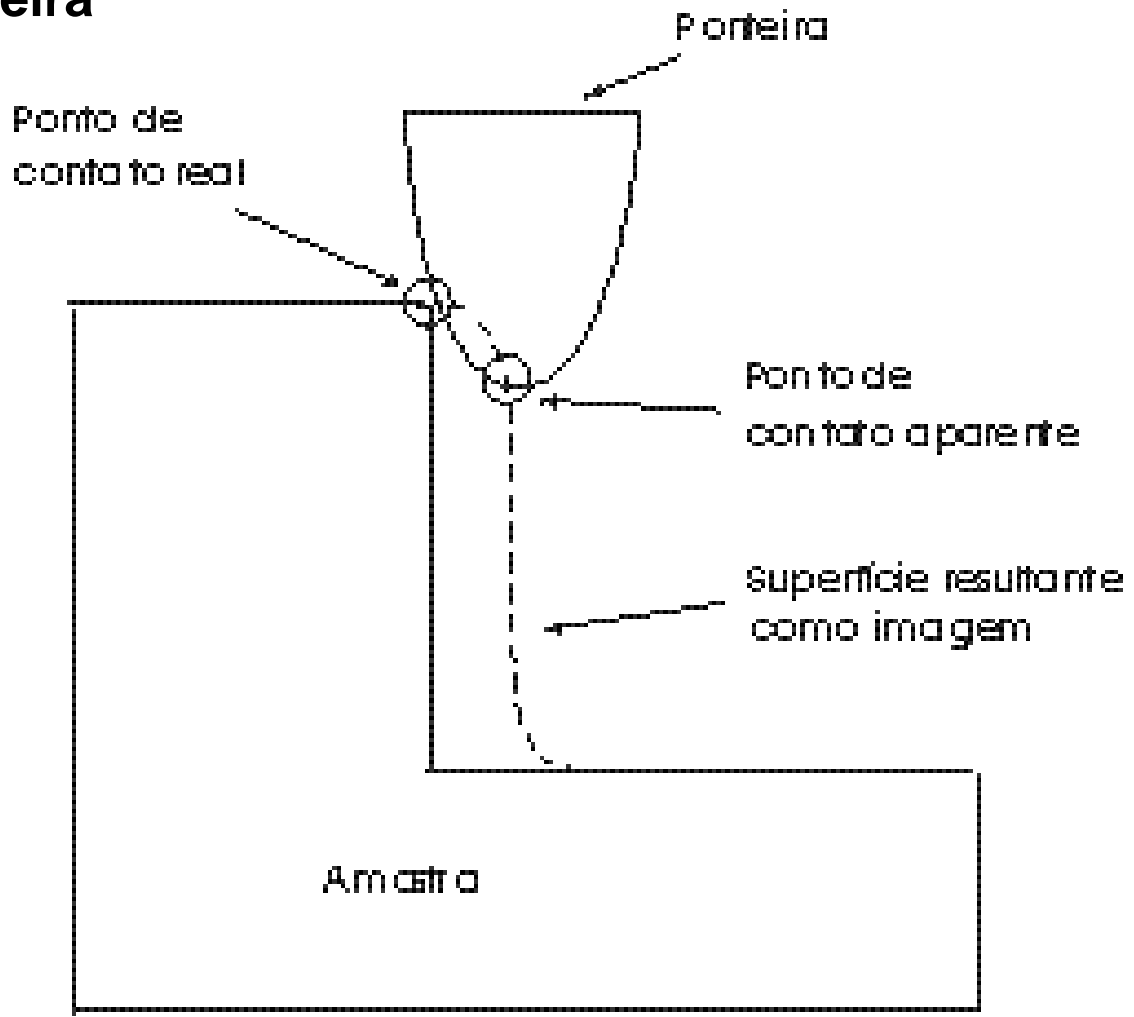
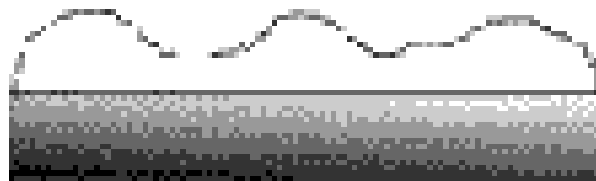
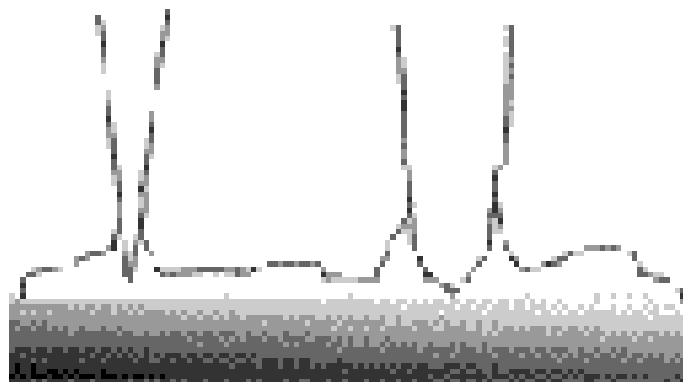


Figura 53: Imagem dependente do feitiço da ponteira.

Contaminações



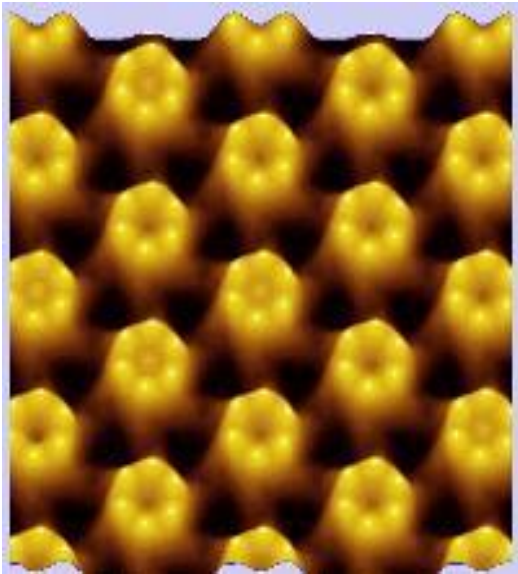
Camada de água e contaminantes



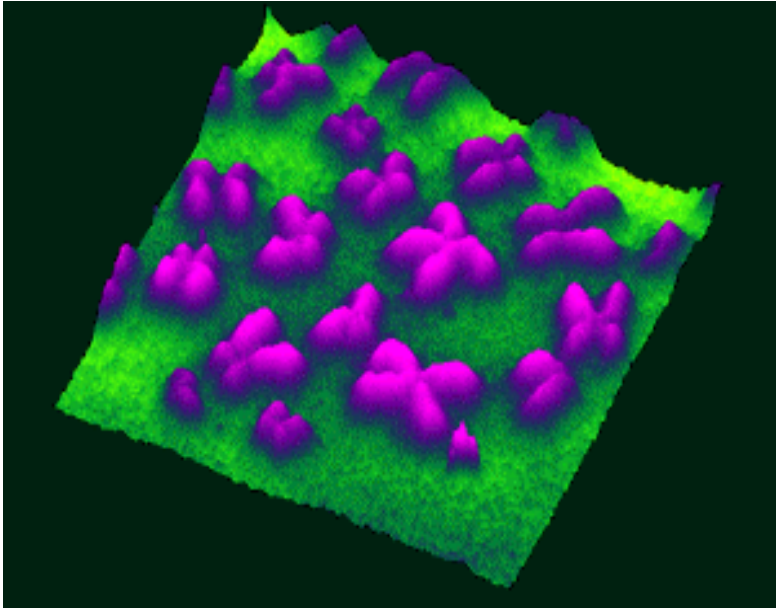
Interação da ponteira com camada de água e contaminantes

Figura.7.39. Contaminação sobre uma amostra e ponteiras dentro dela.

Aplicações de microscopia de força atômica



(a)



(b)

Figura.7.47. Imagens de Microscopia de Força atômica de (a) proteínas em superfície de mica e (b) cromossomos humanos.

Aplicações de microscopia de força atômica

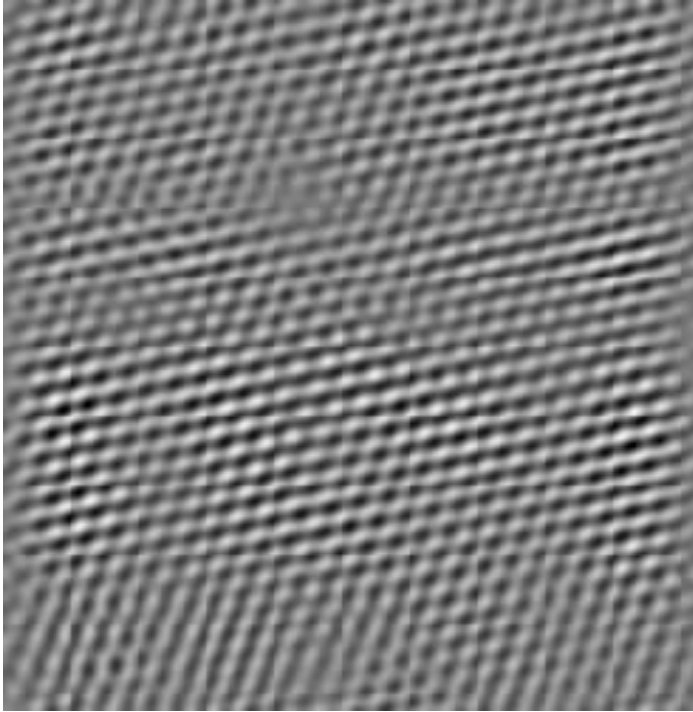


Figura.7.48. Planos cristalinos de mica atômica plana.
(225 Å x 225 Å)

Aplicações de microscopia de força atômica

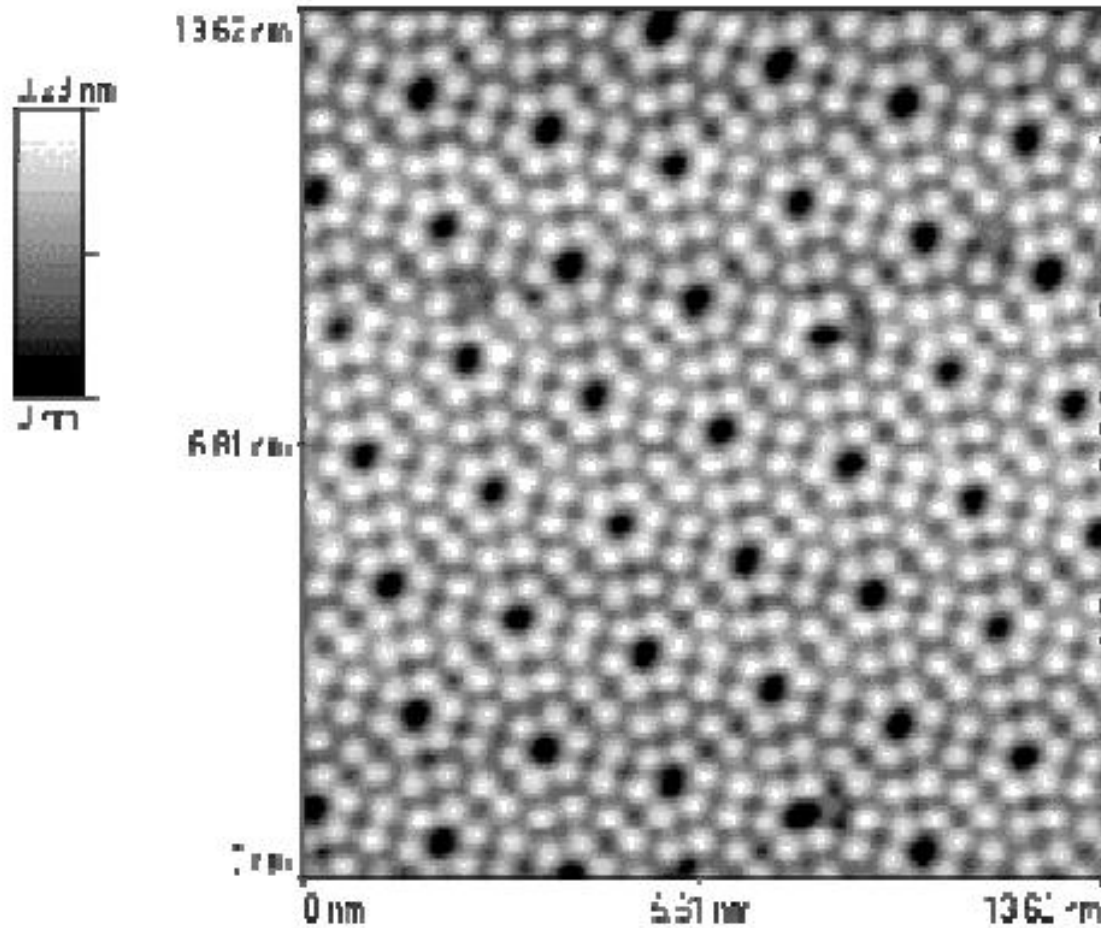


Figura 4: Imagem da estrutura atômica de um átomo de silício

Aplicações de microscopia de força atômica

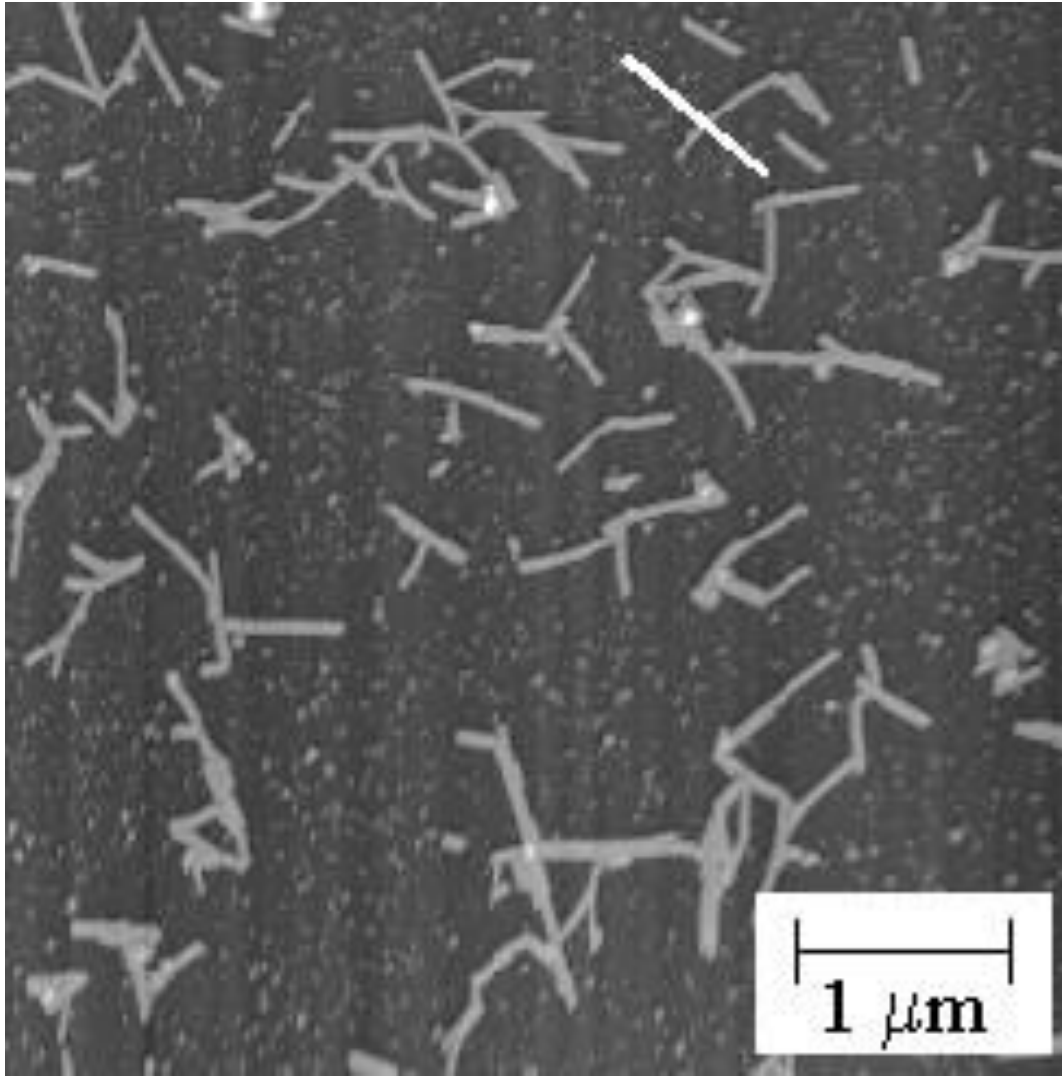


Figura.7.49. Imagem de vírus do mosaico do tabaco adsorvido em mica (“Tobacco Mosaic Virus - TMV ~ 180 Å”)

Aplicações de microscopia de força atômica

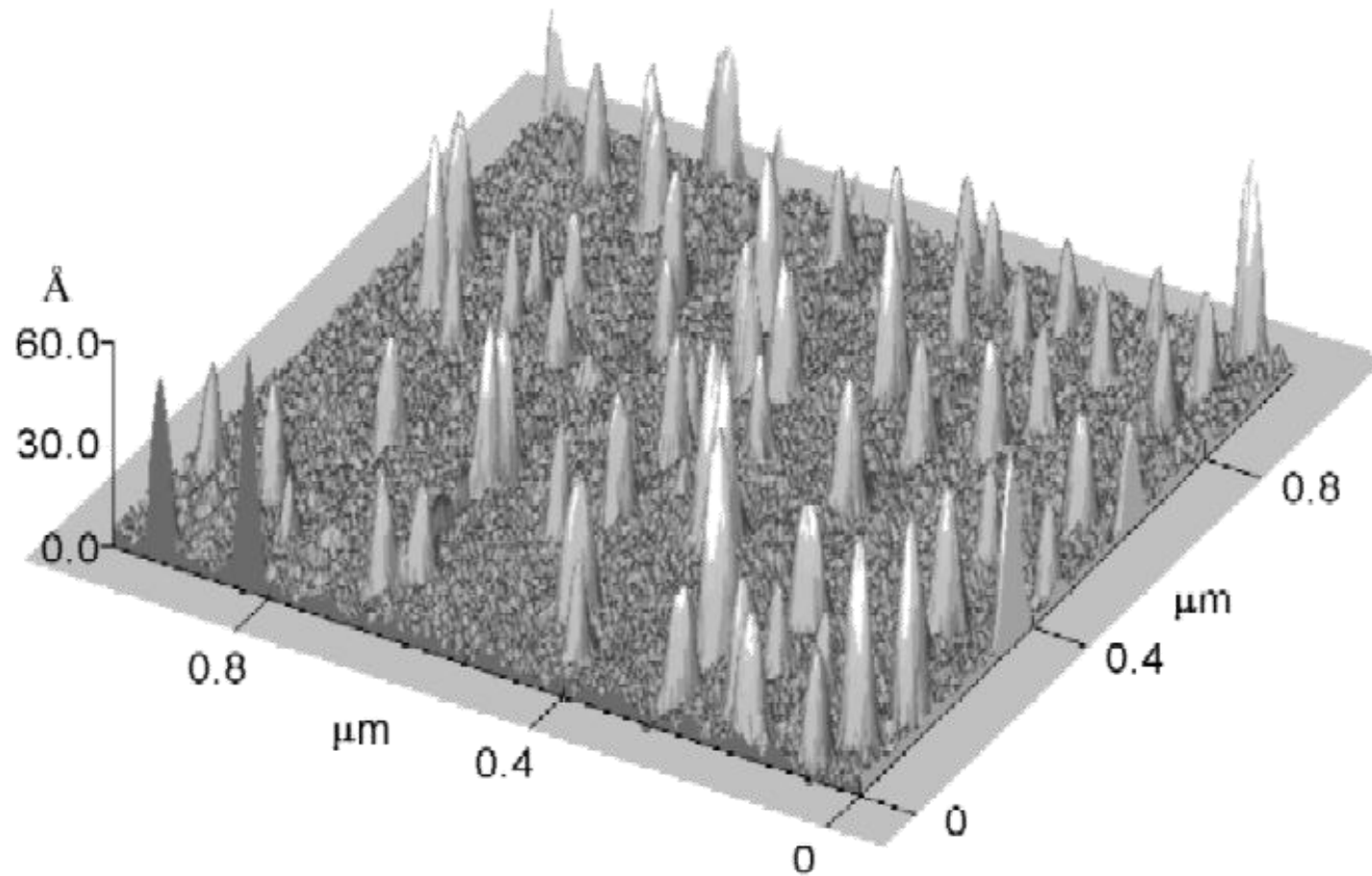


Figura.7.50. Imagem da macromolécula de Concanavalina-A adsorvida em mica.

Microscopia (AFM)

- As forças intermoleculares podem ser classificadas em três categorias:
- Forças de origem puramente eletrostáticas;
- Forças de polarização;
- Forças de natureza mecânica quântica;