



# **Estabilização**

## **1. Floculação**

## **2. Colóides**

### **2.1 Estrutura dos colóides**

#### **2.1.1 Estabilidade e floculação dos colóides**

##### **2.1.1.1 Colóides liófilos**

##### **2.1.1.2 Colóides liófilos**

10 de Março de 2011

Fernanda Cosme



# Floculação



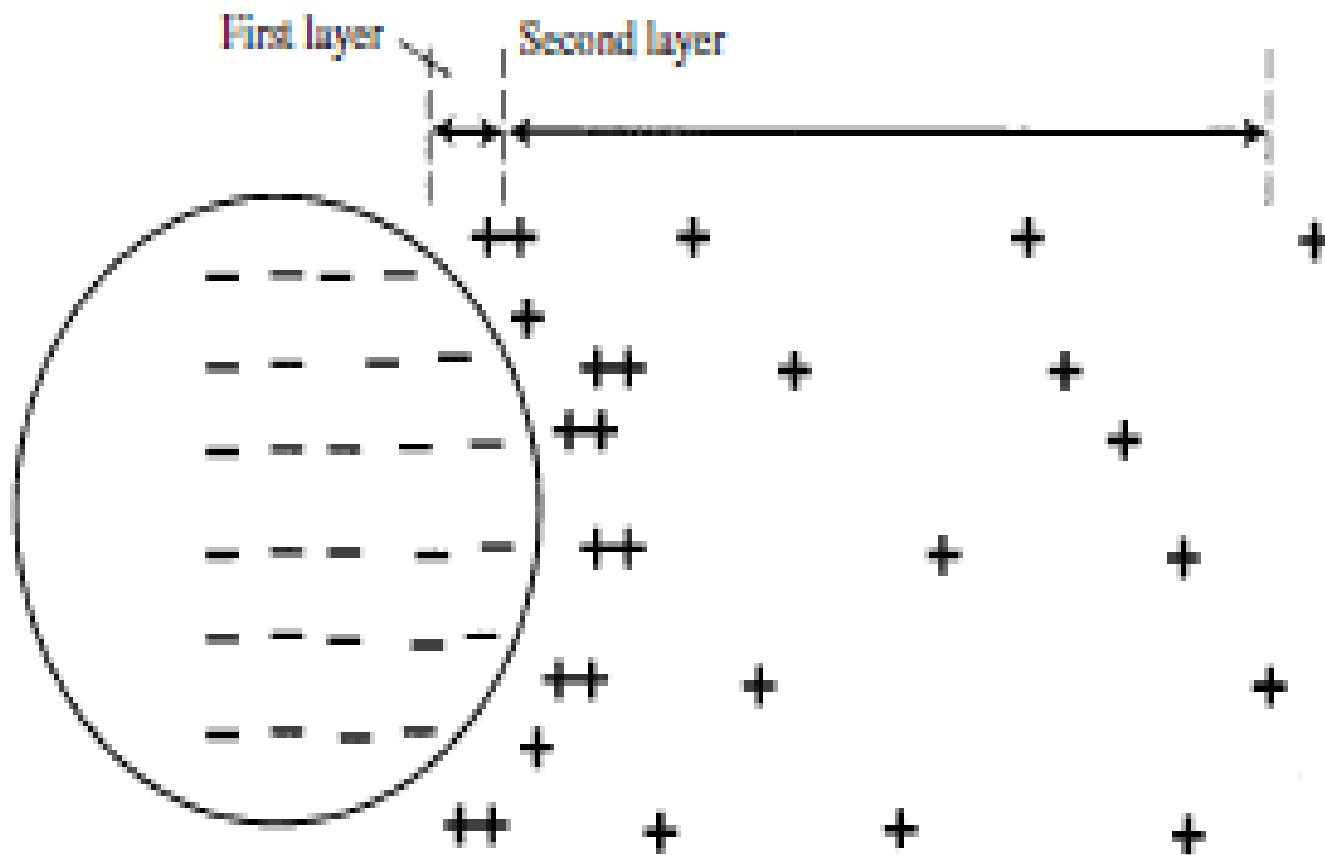
Processo pelo qual uma dispersão coloidal se converte numa suspensão

A **estabilidade das dispersões coloidais** está associada a fenómenos de repulsão electrostática, devido ao potencial eléctrico das partículas.

As forças electrostáticas são devidas à adsorção de catiões ou de aniões à superfície dos colóides. Esta adsorção origina uma camada eléctrica dupla à volta das partículas que impede a floculação dos colóides.

**A estabilidade das dispersões coloidais é tanto maior quanto maior for o potencial eléctrico das partículas colóidais :**

- Número de cargas negativas por unidade de superfície
- Grau de neutralização das cargas por iões de sinal contrário



. Distribution of charges in a 'double layer' around a charged colloidal particle (Saucier, 1993)



## **A floculação de uma dispersão colóidal pode também conseguir-se por:**

Diminuição da camada dupla difusa através do aumento:

- Da temperatura
- Da agitação
- Do aumento da concentração de electrólitos da solução

Além da natureza dos catiões de troca dominantes, a estabilidade das dispersões colóidais depende **da concentração de electrólitos, sais, ácidos ou base.**

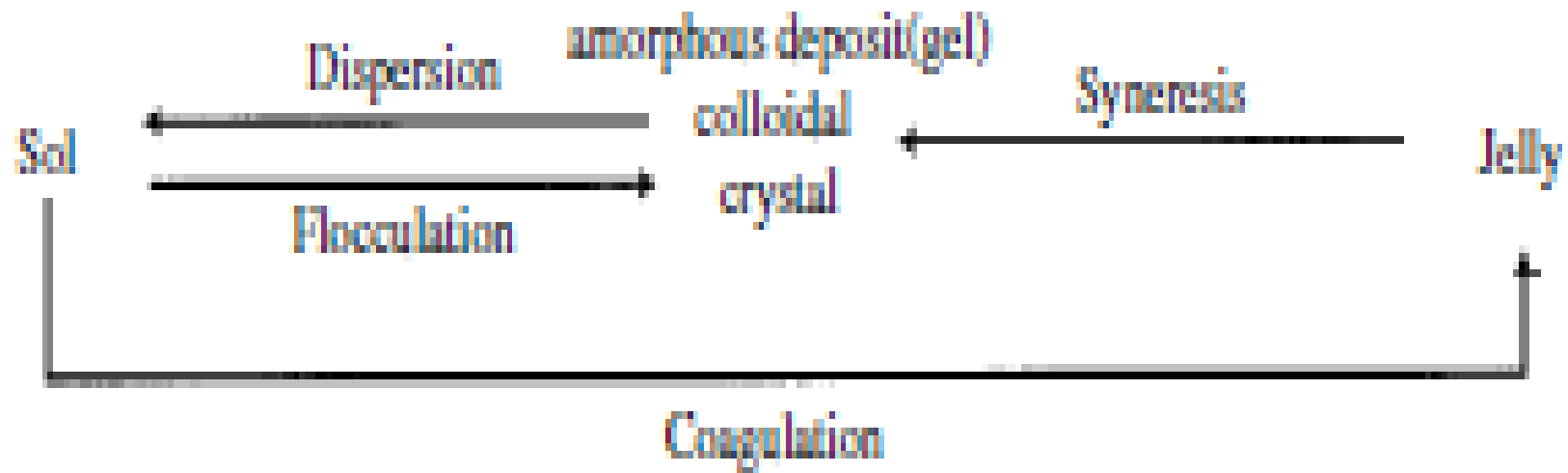
# Colóides

Classificação das dispersões de acordo com o diâmetro das partículas:

- Dispersões **moleculares** ou soluções ordinárias -  $< 0.002 \mu$
- Dispersões **coloidais** -  $0.002 - 0.1 \mu$
- Dispersões **grosseiras** ou **suspensões** -  $> 0.1 \mu$

	Particle size (nm; $10^{-6}$ mm)	Approximate number of atoms per particle	Particle properties
Ordinary solutions (or molecular dispersions)	$< 2$	$10^3$	Pass through filters and ultrafilters, are not visible under a microscope or ultramicroscope, are dispersed in the solution and dialyze, do not settle
Colloidal solutions (or dispersions)	2–1000	$10^3 - 10^9$	Pass through filters but not ultrafilters, visible under an ultramicroscope but not a microscope, disperse in the solution with some difficulty and dialyze very slowly, settle very slowly
Standard suspensions	$> 1000$	$> 10^9$	Do not pass through filters, visible under a microscope, disperse in the solution with great difficulty, do not dialyze, settle very rapidly

## Esquema de transformações coloidais





# Estrutura dos colóides

Relativamente à interacção com o solvente os colóides dividem-se em **liófbos** e **liófilos** .

Se o solvente for a água designam-se por **hidrófbos** e **hidrofílos**.

## Colóides liófbos:

Coloides metálicos (sulfato de cobre, fosfato ferrico, ferrocianeto de ferro e de potássio)

## Características:

- Precipitam com a adição de reduzida quantidade de sais
- Adsorvem pouco o solvente
- Formam depósitos pulverulentos



## Colóides liófilos:

Gomas, mucilagens, proteínas, matéria corante....

- Não precipitam sob a acção de sais
- Adsorvem muito o solvente
- Formam depósitos gelatinosos

Relativamente à natureza da carga eléctrica dividem-se em:

**-Electronegativos:**

**-Liófilos:** gomas, mucilagens, pectinas, taninos e antocianinas

**-Liófobos:** minerais

**-Electropositivos:**

**-Liófilos:** proteínas





# Estabilidade e flocculação dos colóides

## Colóides Liófilos

A flocculação dos colóides liófilos está ligada à sua instabilidade saída da fase líquida.

### **A estabilidade das soluções coloidais deve-se a:**

Carga eléctrica dos colóides que assegura a repulsão de partículas com o mesmo sinal. A carga eléctrica é devida à adsorção de  $H^+/OH^-$

**Pequena dimensão das partículas** – reduzida velocidade de precipitação



**Todas os factores que neutralizam a carga eléctrica das partículas, diminuem a estabilidade das soluções coloidais porque:**

- As forças de repulsão não compensam as forças de atracção
- O movimento browniano conduz à aglomeração das partículas – maior velocidade de precipitação
- À medida que a aglomeração aumenta a difusão da luz pela solução colóidal é maior turvação maior à vista desarmada.

### **Colóides liófilos**

A estabilidade destes colóides depende não só da carga eléctrica das partículas.

Um colóide pode ser neutro e formar um sol muito estável.

A adsorção do solvente (**hidratação dos colóides**) é um factor de estabilidade para haver floculação é necessário anular a carga eléctrica e desidratar os colóides

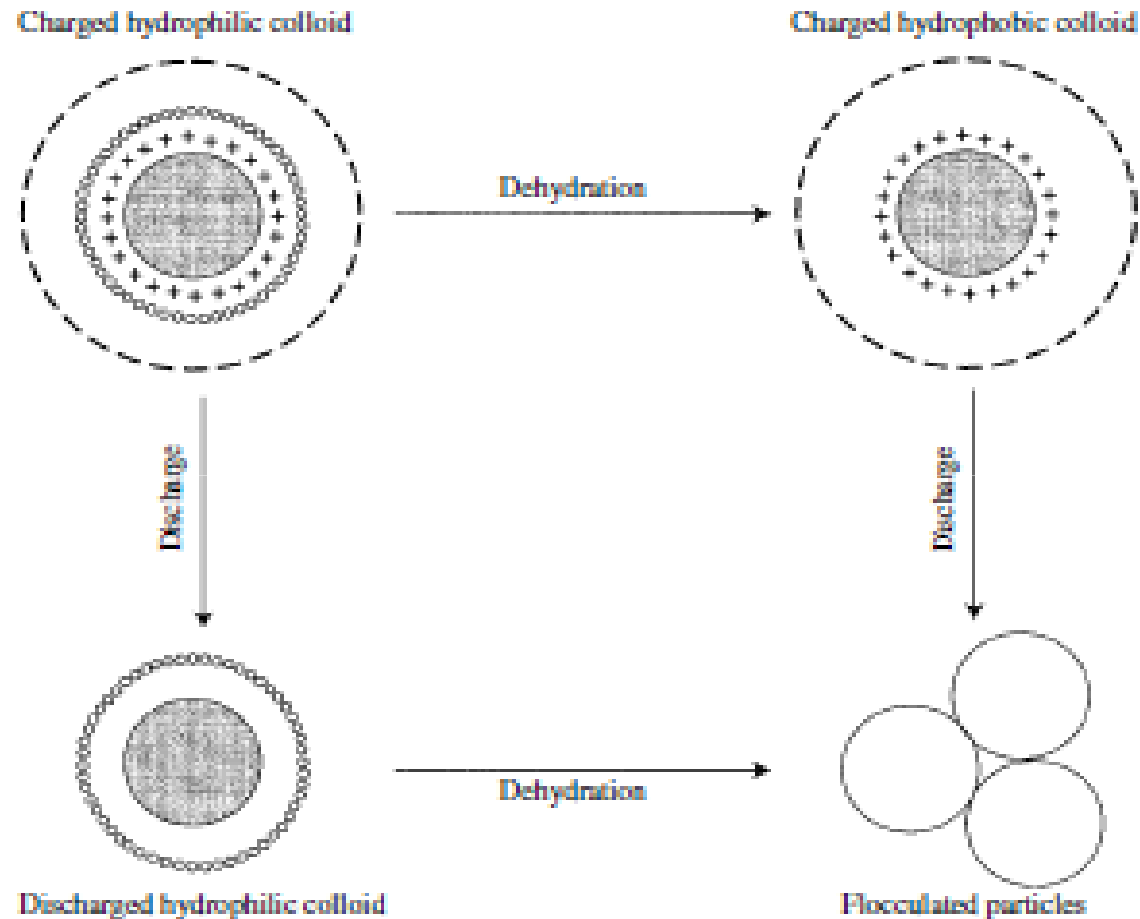


Fig. 9.4. Diagram of the flocculation of a hydrophilic colloid by elimination of the two stability factors: electrical charge and hydration (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1976)

Processo de desidratação: álcool, taninos e aquecimento  
Para haver floculação é necessário a presença de sais



## Colóides protectores

Um **colóide hidrófilo estável** pode provocar a estabilidade de um **colóide hidrófobo instável**.

Principais colóides protectores – Gomas

Estes colóides actuam por envolvimento dos colóides hidrófobos.

Exemplo: as casses férricas e cupricas são evitadas pela presença de goma arábica.

A acção dos colóides protectores pode ter consequências desfavoráveis por impedirem a clarificação natural e a acção das colas.

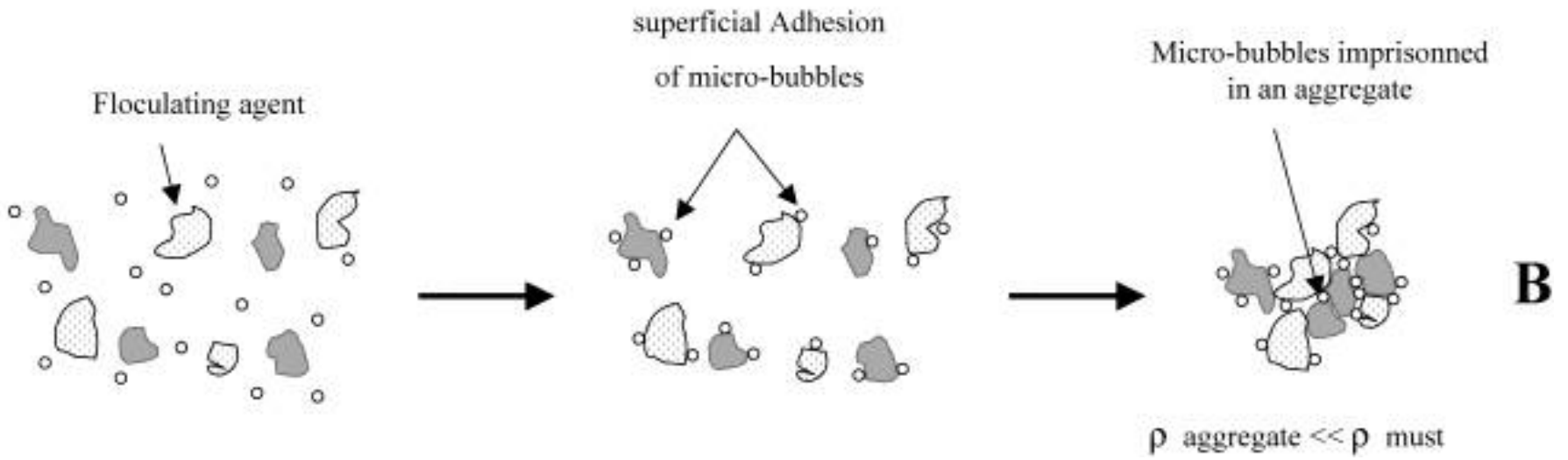
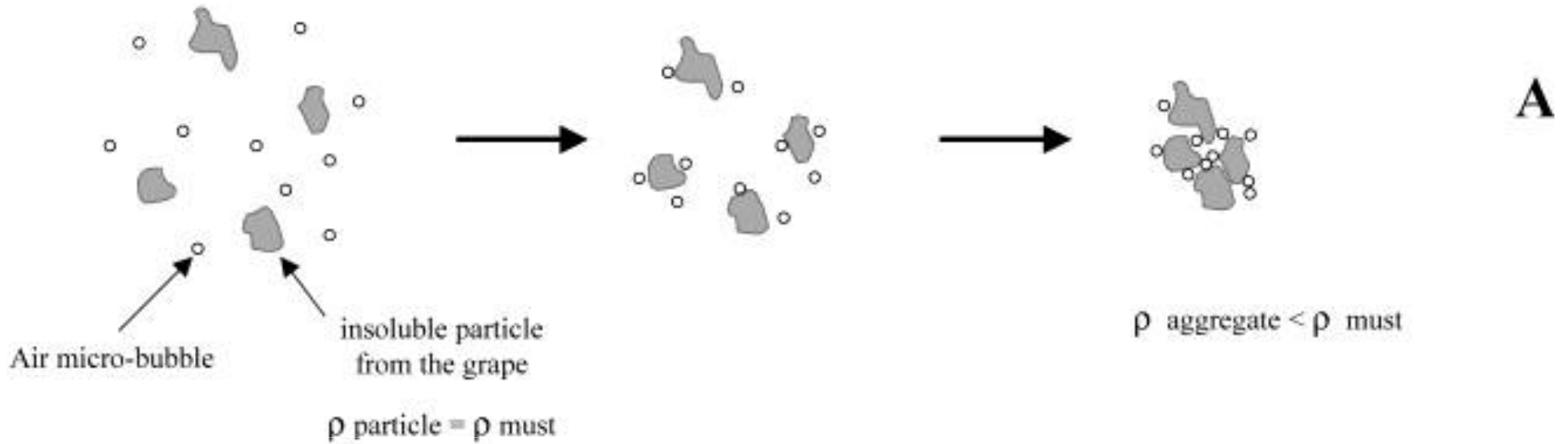
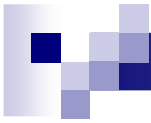


# Flotação (Flutuação)

O uso de **bolhas de ar** para fazer flutuar pequenas partículas suspensas é conhecido com **flotação ou flutuação**.

Por este processo, as bolhas de ar aderentes à superfície das partículas, **alterando a sua densidade aparente** e fazendo-as **emergir à superfície**, onde são separadas.

A tendência para uma partícula substituir a **interface sólido-líquido**, numa solução aquosa, pela **interface sólido-gás** denomina-se de **hidrofobicidade**. Se uma **superfície está completamente molhada em água**, esta é **hidrofílica** e **não é fácil de separar por flotação**.





# Flotação (Flutuação)

A **flutuação** é um processo de **separação sólido-líquido** no qual microbolhas de gás em movimento ascensional se fixam sobre algumas partículas sólidas tornando-as assim mais leves que o líquido.

## Teoria da flutuação

A flutuação é uma **sedimentação influenciada** de partículas sólidas provocada pela fixação de bolhas de gás a essas partículas.

De acordo com a formula de **Stokes** a velocidade de sedimentação está orientada para cima, originando a flutuação.



# Flutuação

## Optimização das condições de flutuação

- Diminuição da viscosidade – ex pela adição de enzimas pectinolíticas
- Maximização do diâmetro - pela adição de coadjuvantes

Líquido a clarificar + coadjuvante – vão para um **saturador** (depósito) onde a dissolução do gás se dá à temperatura constante.

## O uso de coadjuvante depende exclusivamente de :

- Objectivo técnico – nível de limpidez e da estabilidade desejável
- Características do líquido
- Propriedades do coadjuvante em si





# Flutuação

## Objectivos do uso de coadjuvantes:

- Criação de floculos capazes de englobar ou aderir ao gás de flutuação
- Aumentar a velocidade e a eficácia de separação
- Obtenção do efeito clarificante desejável

## Lei de Henry ( $P_a = H_a X_a$ ), em que,

$P_a$  – pressão parcial

$X_a$  – dado volume de gás que se dissolve

$H_a$  – coeficiente de proporcionalidade, constante da lei de Henry



# Flutuação

Volume mínimo de gás ( $V_g$ )

$$V_g = (\rho_p - \rho_f) \cdot m_p / (\rho_f - \rho_g) \cdot \rho_p$$

$m_p$  – massa da partícula a flutuar

$\rho_g$  – massa volúmica do gás

Pressão = 4-5 bar

O processo de adesão das microbolhas de gás às partículas é **tanto maior quanto maior for o ângulo de contacto**



# Flutuação

A medida deste ângulo ( $\theta$ ) formado pela superfície do sólido e da bolha de gás **depende do poder molhante de um sólido por um líquido**

Se  $\theta = 0$  - sólido totalmente envolvido pelo líquido sendo a aderência sólido gás impossível

Se  $\theta = 180$  – partícula a separar de natureza hidrofóbica, neste caso o poder molhante do líquido pelo sólido será impossível, sendo o contacto sólido gás óptimo (na prática)  $\theta$  máximo é de  $110^\circ$

## **Associação de microbolhas faz-se por:**

- adesão superficial
- fixação do gás ao interior da estrutura do floculo

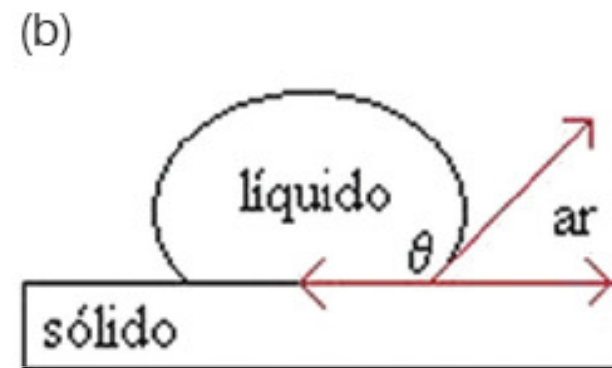
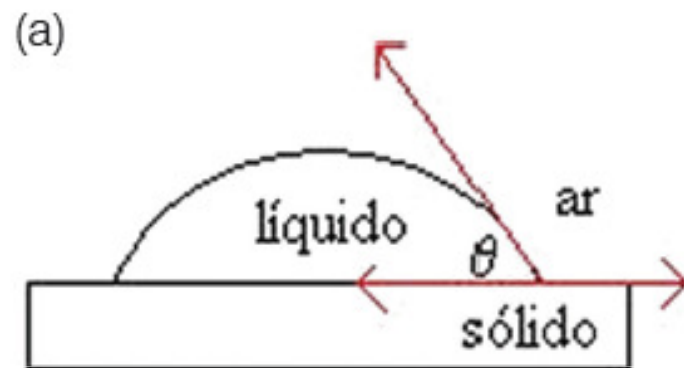
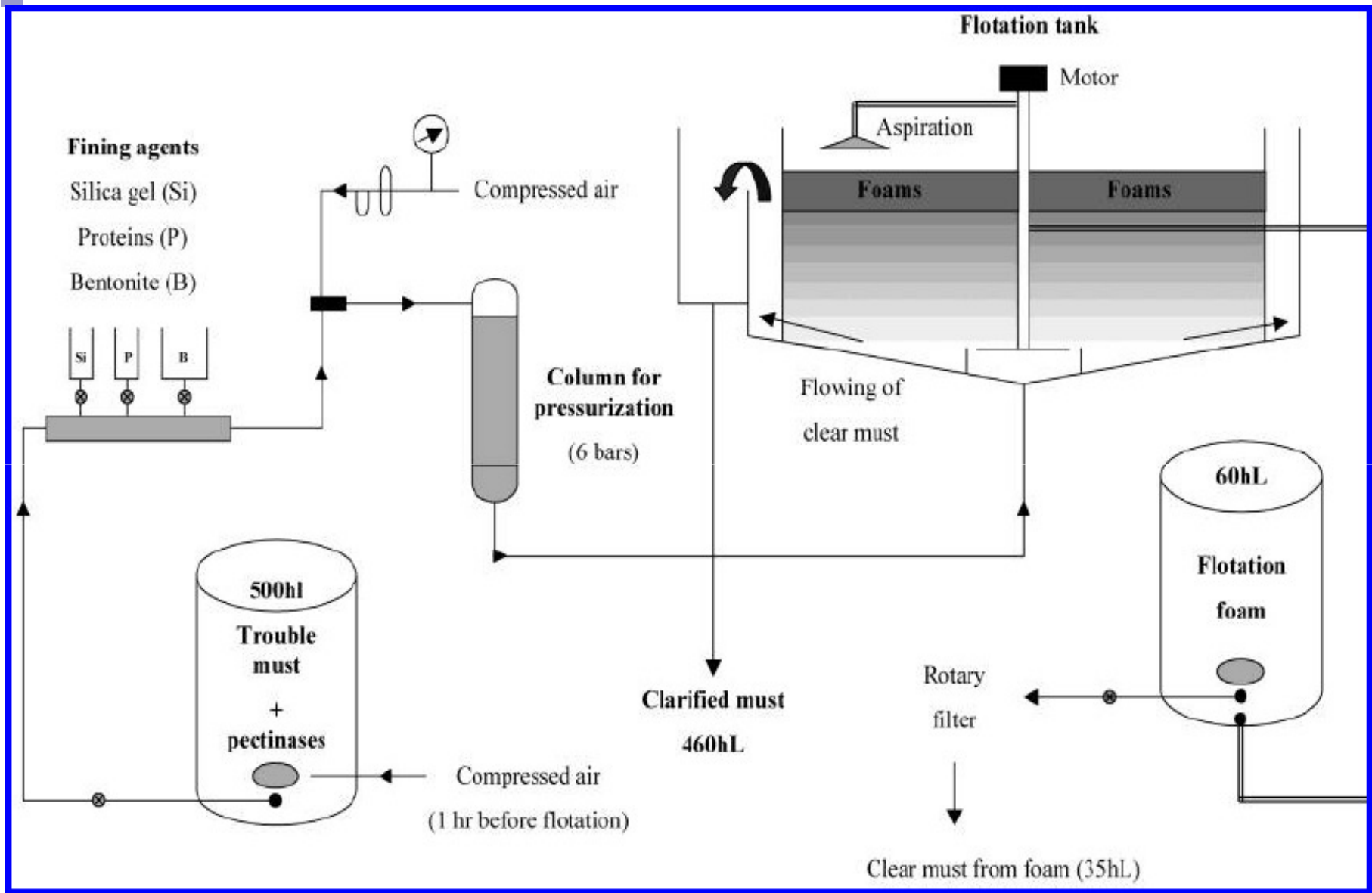
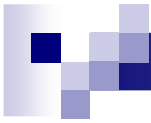


Figura 2: Superfícies hidrofílicas (a) apresentam ângulo de contato menores que  $90^\circ$ , enquanto superfícies hidrofóbicas (b) apresentam ângulos maiores que  $90^\circ$ .



Industrial flotation system.





# Sistemas de flutuação

Os depósitos de flutuação diferem entre si em:

- Forma – rectangular ou circular
- Modo de evolução do fluxo hidrodinâmico – longitudinal ou radial
- Sistema de eliminação dos sólidos flutuados – evacuação ou aspiração



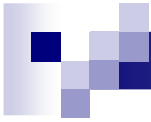
# Flutuação

## A flutuação envolve as etapas

- aeração,
- floculação
- separação de fases

**Etapa de aeração**, onde é efectuada a adição de microbolhas de ar que se vão unir às partículas a serem separadas do meio, tornando-as menos densas que o líquido e, portanto, dadas à flutuação.






O **tamanho e quantidade de bolhas de ar** são fundamentais para o bom funcionamento do processo.

**Bolhas muito grandes** causam turbulência no meio, impedindo o contacto dessas com as partículas.

De forma ideal, as bolhas de ar e as partículas devem ter tamanhos semelhantes , variando entre **10 e 200 micra**.

\* **Abaixo de 10 micra** a flutuação é muito lenta e, pela hidrodinâmica do líquido, o contacto entre bolhas e partículas é mais difícil.

\* **Acima de 200 micra**, as bolhas são grandes e causam turbulência no líquido.



**Uma etapa complementar de floculação** é necessária para agrupar as partículas (ou microflocos) com as bolhas de ar, formando grandes flocos (macroflocos) de baixa densidade.

O aumento do diâmetro da partícula pode ser obtido com a adição de um **agente floculante**, que provoca a aglomeração de várias partículas em um floco.

A **separação das fases** é realizada num tanque flutuador, onde as partículas ou flocos menos densos que o líquido encontram condições favoráveis para se deslocar em relação ao líquido, acumulando na superfície como uma densa espuma (lodo) que é removida por raspadores mecânicos de superfície.



# Flutuação

## Vantagens da flutuação

- Clarificação de elevada quantidade de liquido em tempo breve
- Equipamento de grande simplicidade construtiva e operativa
- Borras facilmente filtráveis sobre vácuo
- Possibilidade de laborar em continuo
- Controlo do grau de limpidez
- Custo reduzido de
  - Mão de obra
  - Energia