

Matéria Condensada Mole

Aula 1

James Moraes de Almeida



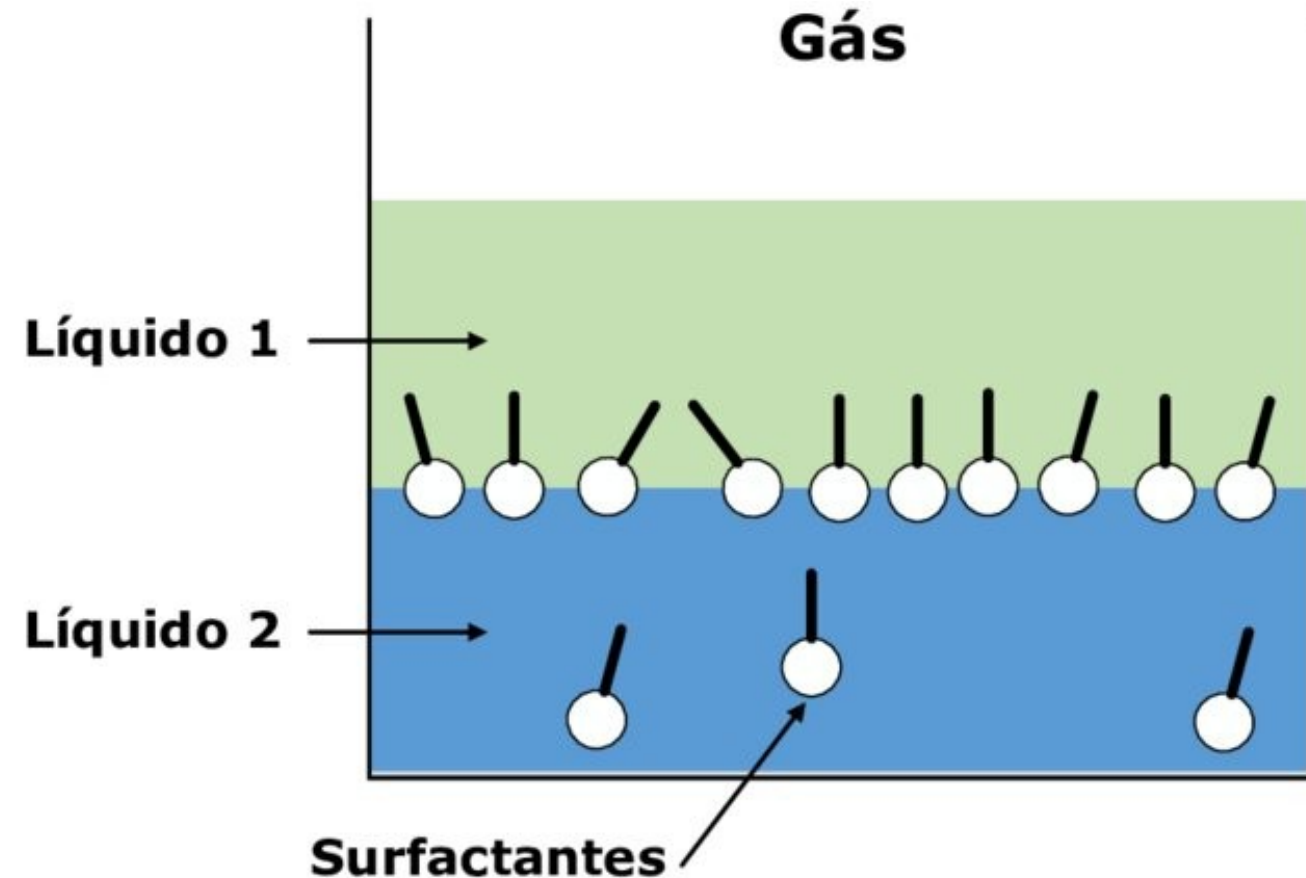
MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



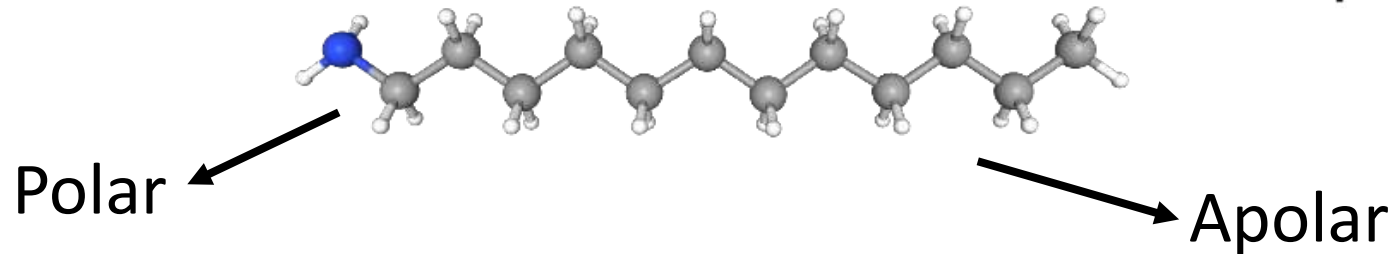
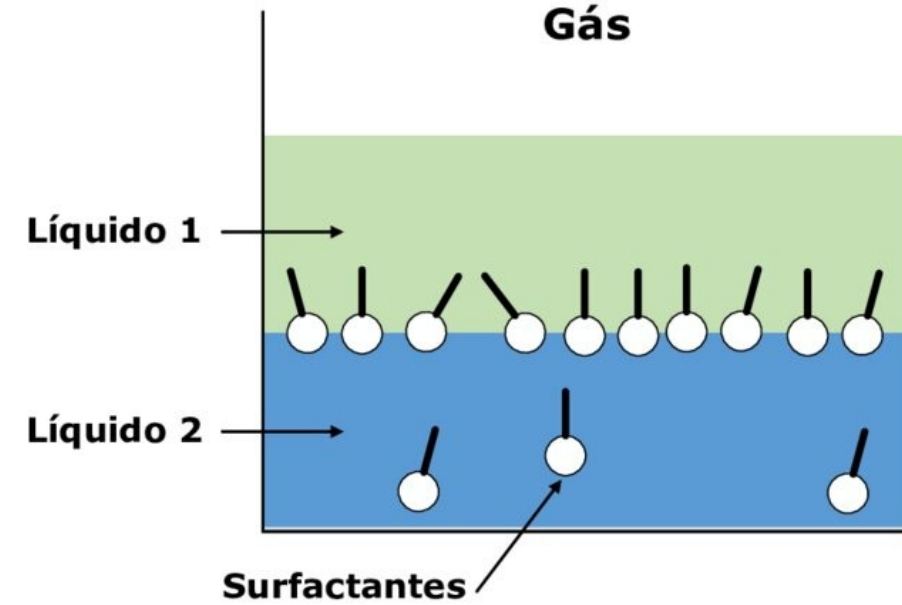
Surfactantes

- Agora sabemos o que é a tensão interfacial.
- Vamos voltar aos surfactantes.
 - Eles alteram a tensão interfacial.
 - Como?



Surfactantes

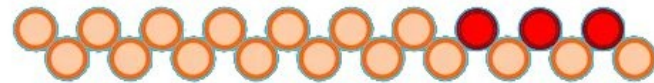
- Moléculas anfifílicas são surfactantes.



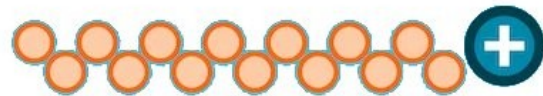
- Em interfaces de líquidos polar/apolar, os surfactantes migram para interface.
 - Minimiza a energia.
 - Até a saturação na interface.

Surfactantes

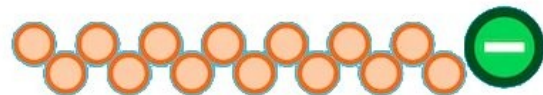
- Tipos de surfactantes.



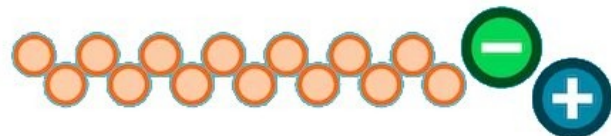
Non-ionic



Cationic



Anionic



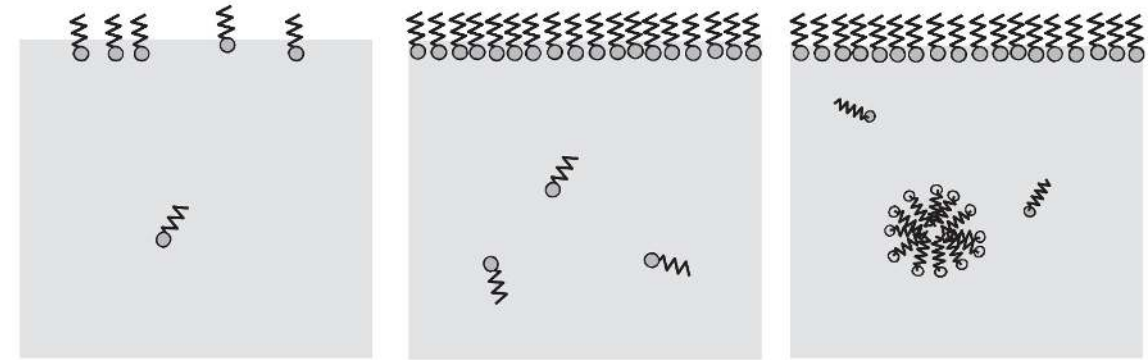
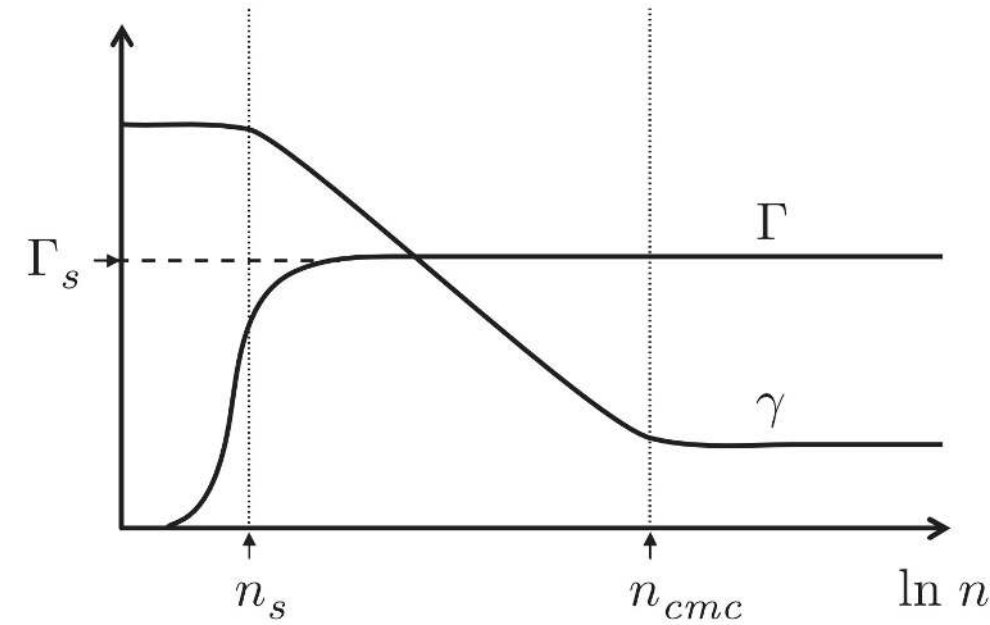
Amphoteric



<https://www.gantrade.com/blog/surfactants-for-emulsion-polymers>

Surfactantes

- Relação da concentração de surfactantes com a tensão interfacial.
- Estudos começam com Franklin (1773)
- Rendeu o prêmio Nobel a Langmuir.
 - Filmes de Langmuir-Blodgett.



Surfactantes

- Relação da concentração de surfactantes com a tensão interfacial.
 - A quantidade de surfactante na interface varia!
 - Como tratar isso?
 - Ensemble grande canônico!

Surfactantes

- Ensemble grande canônico!

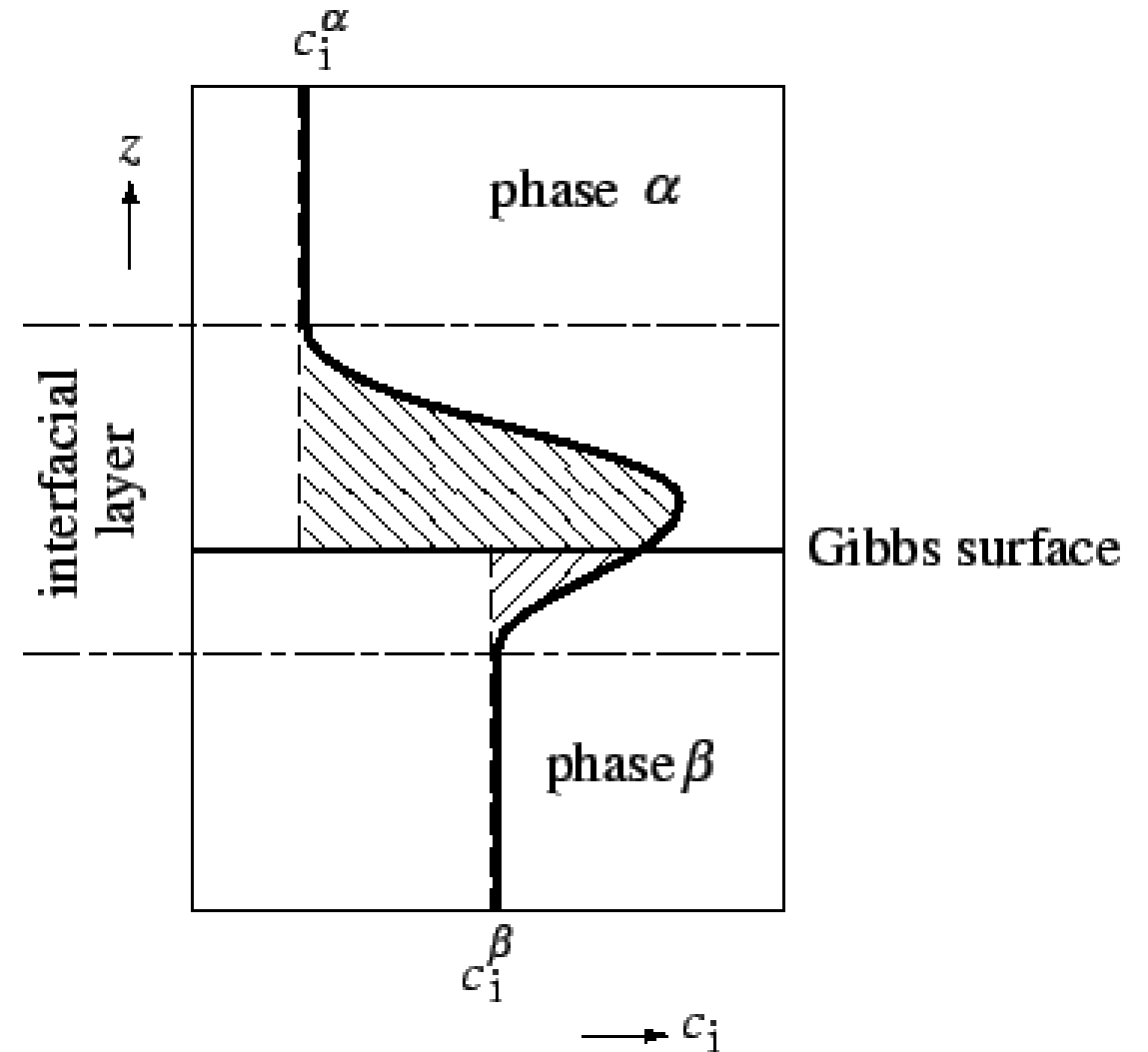
Importante, G é a energia livre grande canônica, não de Gibbs!

- $G(V, T, \mu_i) = F - N\mu$

- F é a energia livre de Helmholtz: $F = U - TS$
- μ é o potencial químico do surfactante.
- N é o número de moléculas de surfactante.
- Lousa (1)

Surfactantes

- Equação de Gibbs-Duhem.
- $VdP = SdT + Nd\mu$
- Para superfície ela fica:
 - $Ad\gamma = -S_A dT - N_A d\mu$
- Se T é constante:
 - $Ad\gamma = -N_A d\mu$
 - $\left(\frac{d\gamma}{d\mu}\right)_T = -\frac{N_A}{A} = -\Gamma$



Surfactantes

- O potencial químico varia com a concentração de surfactantes.
- Em uma solução diluída:
 - $\mu(T, n) = \mu_0(T) + k_B T \ln(n)$
 - Onde n é a densidade numérica de surfactante.
- A variação na tensão interfacial, com a mudança da concentração de surfactante será dada por:

Surfactantes

- O potencial químico varia com a concentração de surfactantes.
- Em uma solução diluída:
 - $\mu(T, n) = \mu_0(T) + k_B T \ln(n)$
 - Onde n é a densidade numérica de surfactante.
- A variação na tensão interfacial, com a mudança da concentração de surfactante será dada por:
 - $\left(\frac{\partial \gamma}{\partial n}\right)_T$

Surfactantes

- O potencial químico varia com a concentração de surfactantes.
- Em uma solução diluída:
 - $\mu(T, n) = \mu_0(T) + k_B T \ln(n)$
 - Onde n é a densidade numérica de surfactante.
- A variação na tensão interfacial, com a mudança da concentração de surfactante será dada por:

$$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial n}\right)_T = \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \mu}\right)_T \left(\frac{\partial \mu}{\partial n}\right)_T$$

$\searrow$

$$= -\Gamma$$

Surfactantes

- O potencial químico varia com a concentração de surfactantes.
- Em uma solução diluída:
 - $\mu(T, n) = \mu_0(T) + k_B T \ln(n)$
 - Onde n é a densidade numérica de surfactante.
- A variação na tensão interfacial, com a mudança da concentração de surfactante será dada por:

$$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial n}\right)_T = \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \mu}\right)_T \left(\frac{\partial \mu}{\partial n}\right)_T = -\Gamma \frac{\partial}{\partial n} (\mu_0 + k_B T \ln n)$$

$\searrow$
 $= -\Gamma$

Surfactantes

- O potencial químico varia com a concentração de surfactantes.
- Em uma solução diluída:
 - $\mu(T, n) = \mu_0(T) + k_B T \ln(n)$
 - Onde n é a densidade numérica de surfactante.
- A variação na tensão interfacial, com a mudança da concentração de surfactante será dada por:

$$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial n}\right)_T = \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \mu}\right)_T \left(\frac{\partial \mu}{\partial n}\right)_T = -\Gamma \frac{\partial}{\partial n} (\mu_0 + k_B T \ln n) = -\Gamma k_B T \frac{1}{n}$$

$\searrow$
 $= -\Gamma$

Surfactantes

- O potencial químico varia com a concentração de surfactantes.
- Em uma solução diluída:
 - $\mu(T, n) = \mu_0(T) + k_B T \ln(n)$
 - Onde n é a densidade numérica de surfactante.
- A variação na tensão interfacial, com a mudança da concentração de surfactante será dada por:

$$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial n}\right)_T = \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \mu}\right)_T \left(\frac{\partial \mu}{\partial n}\right)_T = -\Gamma \frac{\partial}{\partial n} (\mu_0 + k_B T \ln n) = -\Gamma k_B T \frac{1}{n} = -k_B T \frac{\Gamma}{n}$$

$\searrow$
 $= -\Gamma$

Surfactantes

- A variação na tensão interfacial, com a mudança da concentração de surfactante será dada por:
 - $\left(\frac{\partial \gamma}{\partial n}\right)_T = -k_B T \frac{\Gamma}{n}$
 - E como a concentração de excesso varia com n ?
 - Equação de Langmuir:
 - $\Gamma = \frac{n\Gamma_S}{n_S + n}$
 - Γ_c e n_c são constantes.

Surfactantes

- A variação na tensão interfacial, com a mudança da concentração de surfactante será dada por:

- $$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial n}\right)_T = -k_B T \frac{\Gamma}{n}$$

- $$\Gamma = \frac{n \Gamma_S}{n_S + n}$$

- Substituindo na primeira equação:

- $$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial n}\right)_T = -k_B T \frac{\frac{n \Gamma_S}{n_S + n}}{n}$$

Surfactantes

- A variação na tensão interfacial, com a mudança da concentração de surfactante será dada por:

- $$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial n}\right)_T = -k_B T \frac{\Gamma}{n}$$

- $$\Gamma = \frac{n \Gamma_S}{n_S + n}$$

- Substituindo na primeira equação:

- $$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial n}\right) = -k_B T \frac{\frac{n \Gamma_S}{n_S + n}}{n} = -k_B T \frac{\Gamma_S}{n_S + n}$$

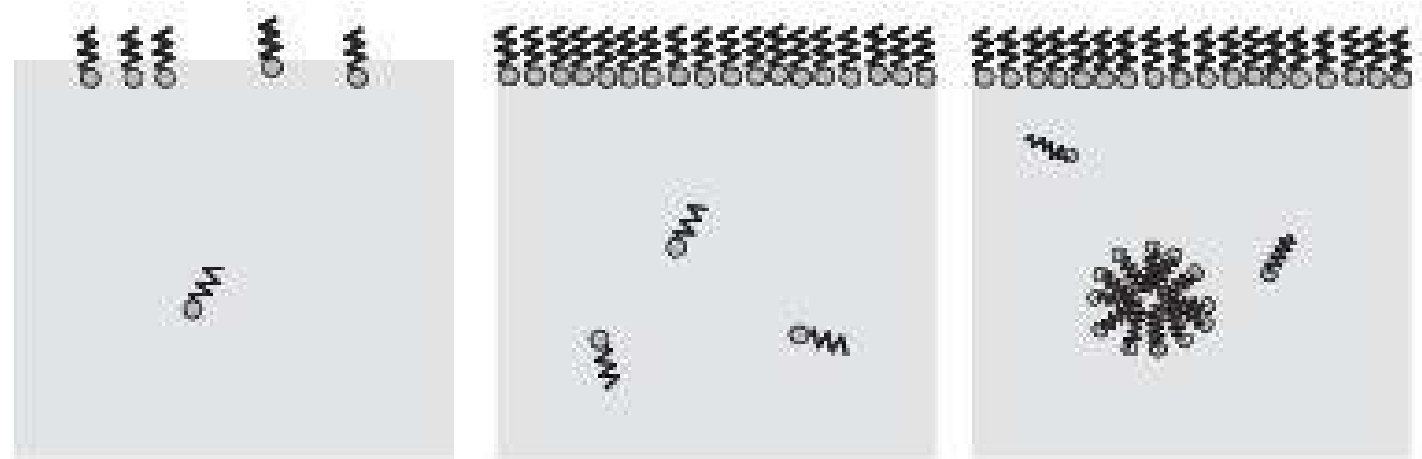
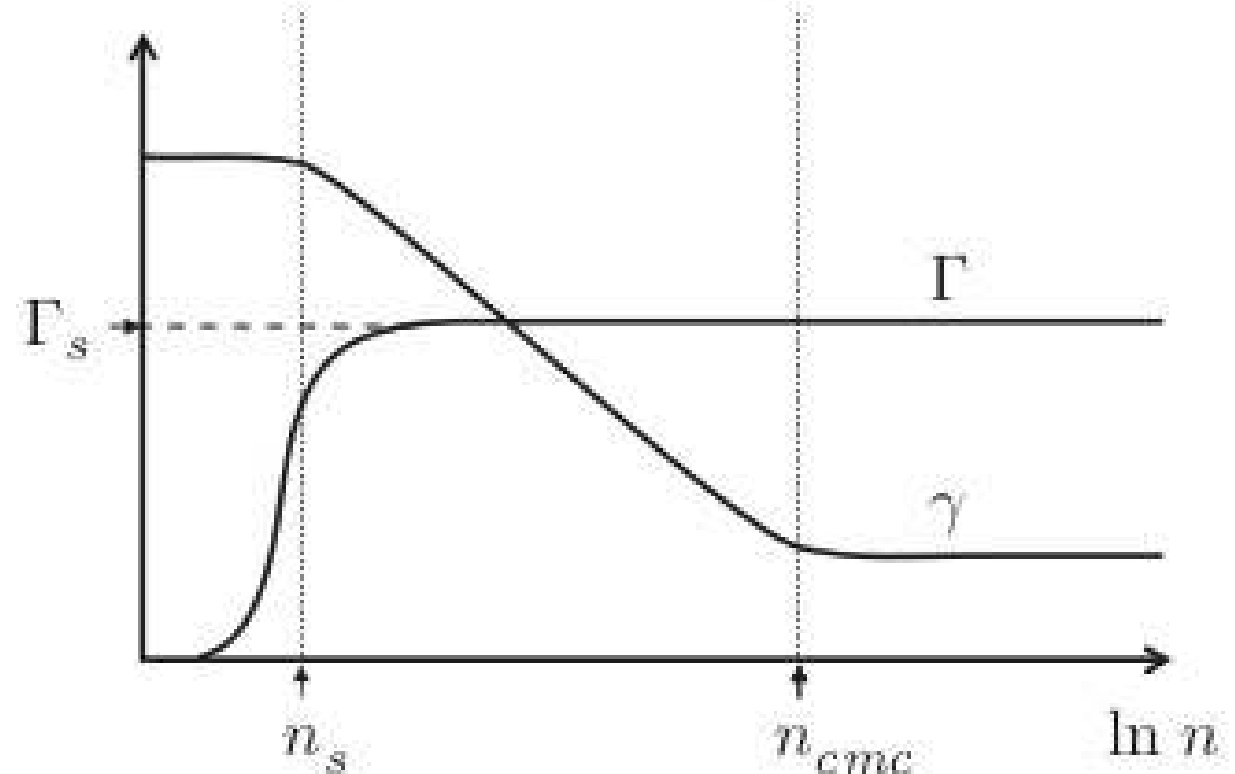
Surfactantes

- Temos que resolver:

- $$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial n}\right)_T = -k_B T \frac{\Gamma_S}{n_S + n}$$

- A solução é:

- $$\gamma = \gamma_0 - \Gamma_S k_B T \ln \left(1 + \frac{n}{n_S}\right)$$



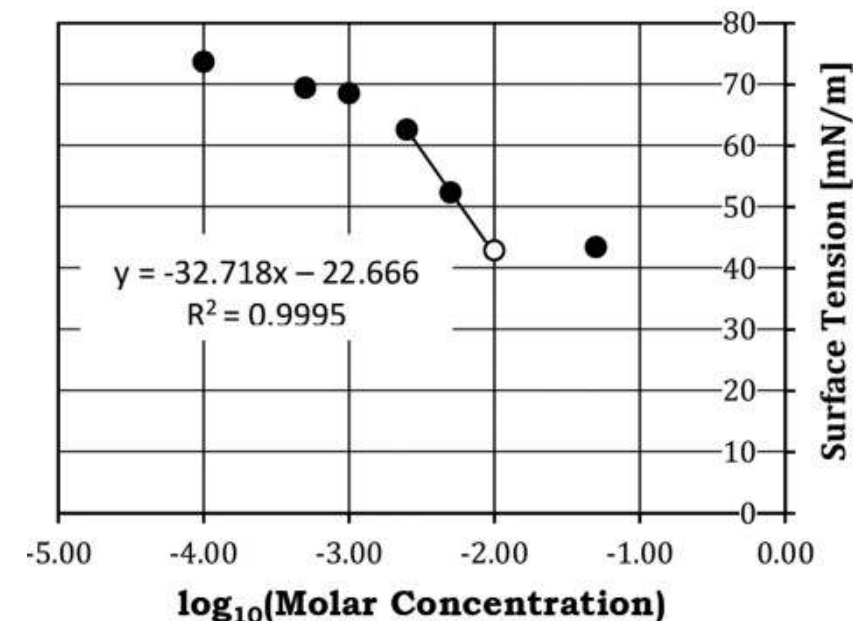
Surfactantes

- Relação da concentração de surfactantes com a tensão interfacial.

- $$\gamma = \gamma_0 - \Gamma_S k_B T \ln \left(1 + \frac{n}{n_S} \right)$$

Use of Simplified Surface Tension Measurements To Determine Surface Excess: An Undergraduate Experiment

Katherine N. Gascon, Steven J. Weinstein, and Michael G. Antoniadis* 



OBRIGADO

James Moraes de Almeida
james.almeida@ilum.cnpem.br

ilum.cnpem.br



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

