

# Entropia e temperatura

8/01/2016

# Irreversibilidade e **entropia** em sistemas termodinâmicos

Equilíbrio **térmico** (igualando temperaturas)

Irreversibilidade:

- fluxo de **energia** do "quente" para o "frio"

**sistema físico para estudar:** sólido

**Modelos:**

- modelo de Einstein para o sólido

# Maximizando $\Omega_{tot}(E \text{ em } N_1 + N_2)$ ou igualando **temperaturas/densidades de energia**

modelo de Einstein: q quanta em N átomos

$$\Omega_1(q_1, N_1) = \frac{(q_1 + N_1 - 1)!}{q_1! (N_1 - 1)!}$$

$$N_1 = 4$$

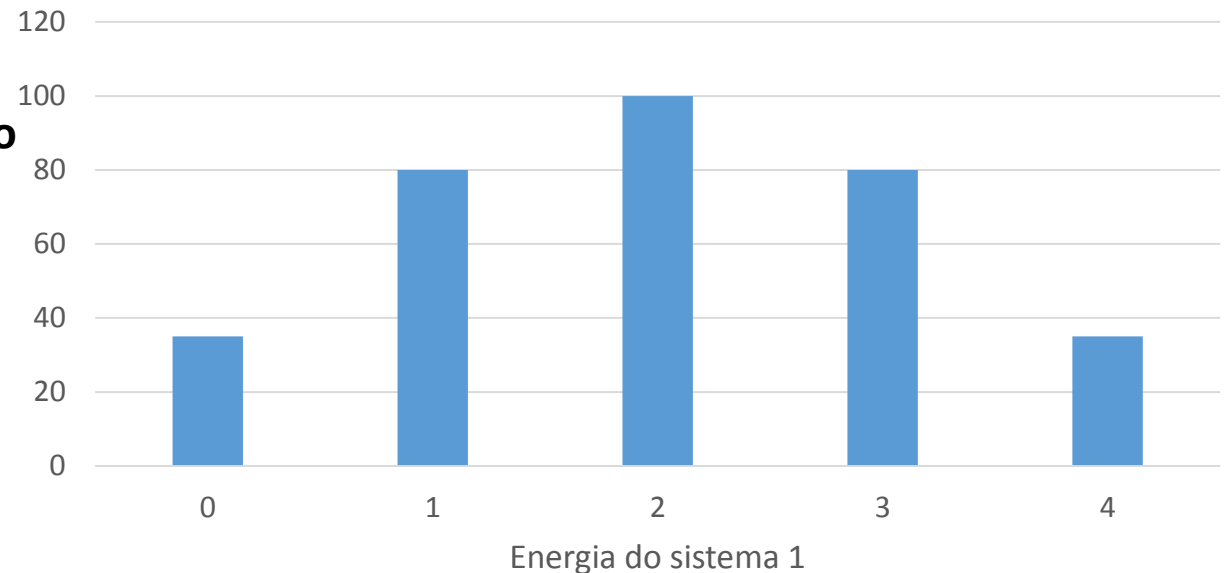
$$N_2 = 4$$

$$q = 4$$

número de estados microscópicos do sistema composto

Número de estados microscópicos do sistema composto

$q_1$	$\Omega_1$	$\Omega_2$	$\Omega_{tot} = \Omega_1 \Omega_2$
0	1	35	35
1	4	20	80
2	10	10	100
3	20	4	80
4	35	1	35



0

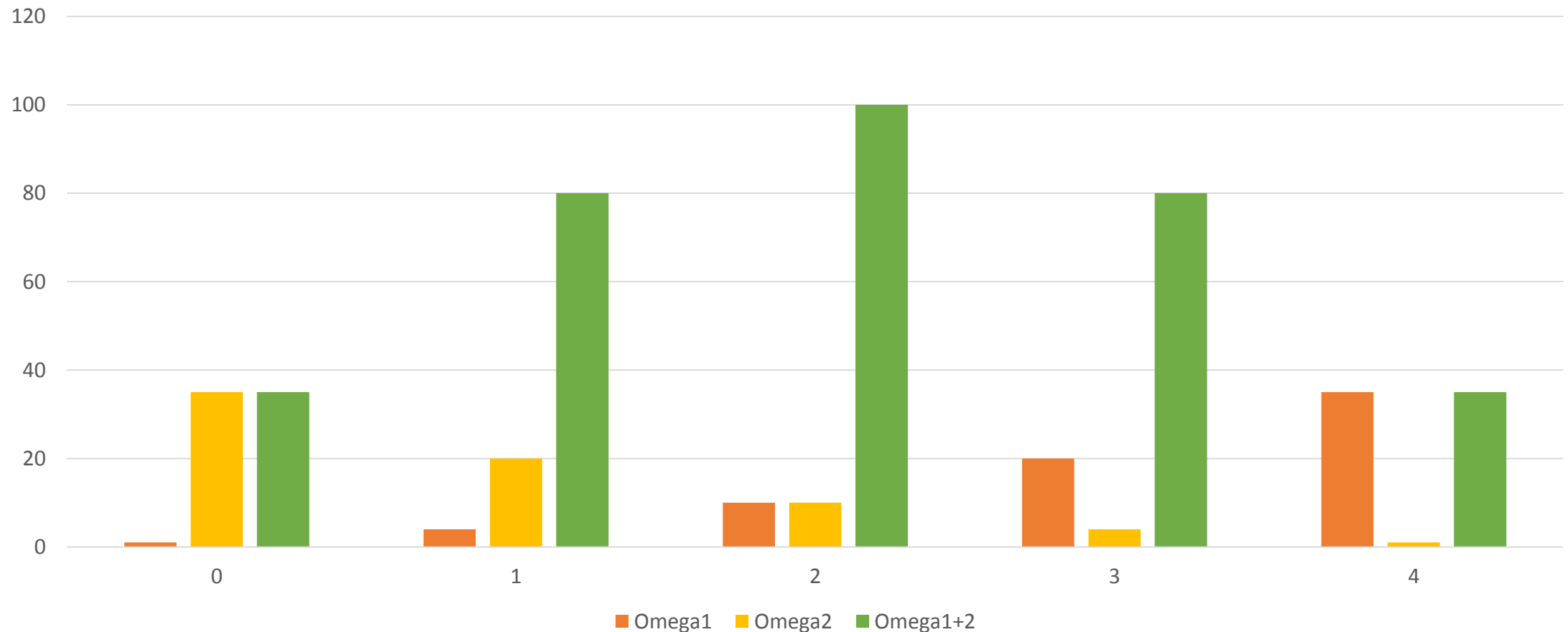
0.5

1

Densidade de energia do sistema 1

Cuidado! Entropia de 1 **aumenta**, entropia de 2 **diminui**,  
mas a entropia do conjunto **tem um máximo!**

Número de estados microscópicos X número de quanta no bloco 1

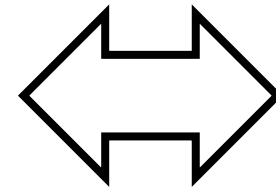


# Irreversibilidade e “desordem”

“desordem” -> número de estados microscópicos

**ENTROPIA** =  $\ln \{ \text{número de estados microscópicos} \}$

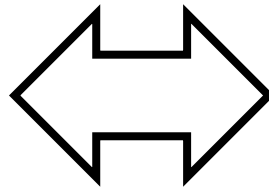
igualar **temperaturas** ou igualar **densidades de energia**



maximizar **entropia**  
de sistema **composto**

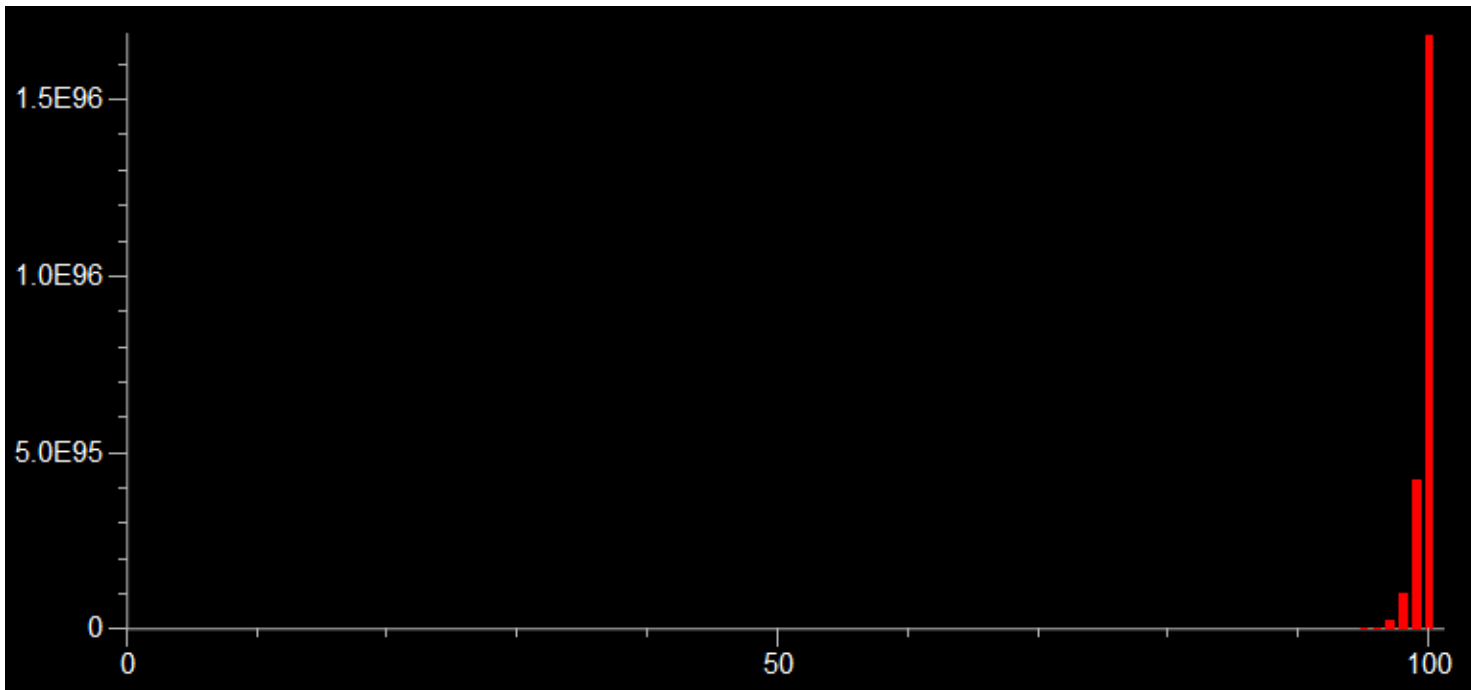
**Igualar**

$T$  ou  $\frac{E}{N}$



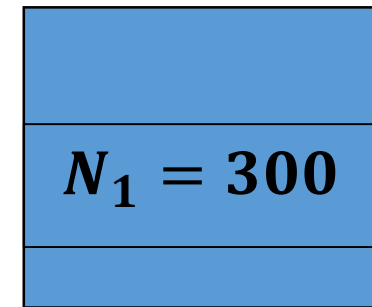
**Maximizar**

$S = \ln \{ \Omega_{total}(E_1 \text{ em } N_1) \}$



número de estados  
microscópicos

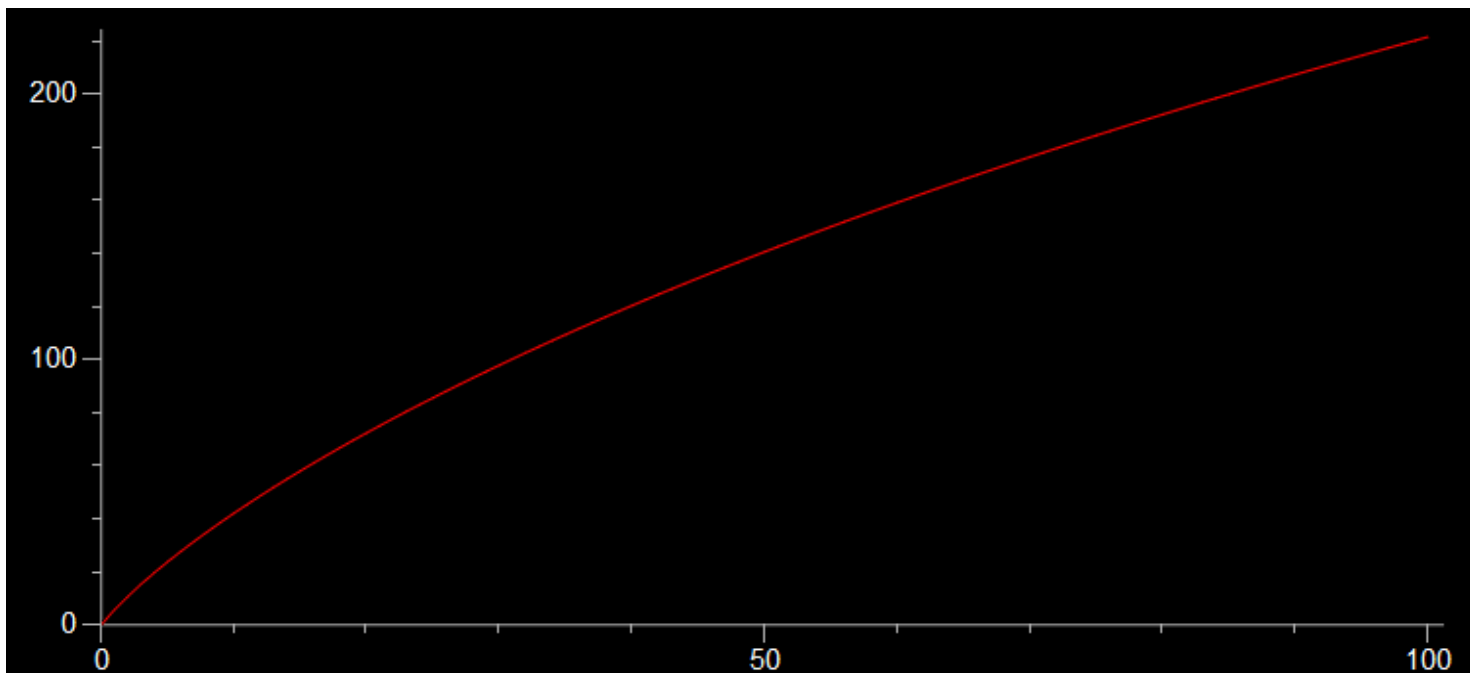
$$\Omega_1(q_1, N_1)$$



$$N_1 = 300$$

$$N_2 = 200$$

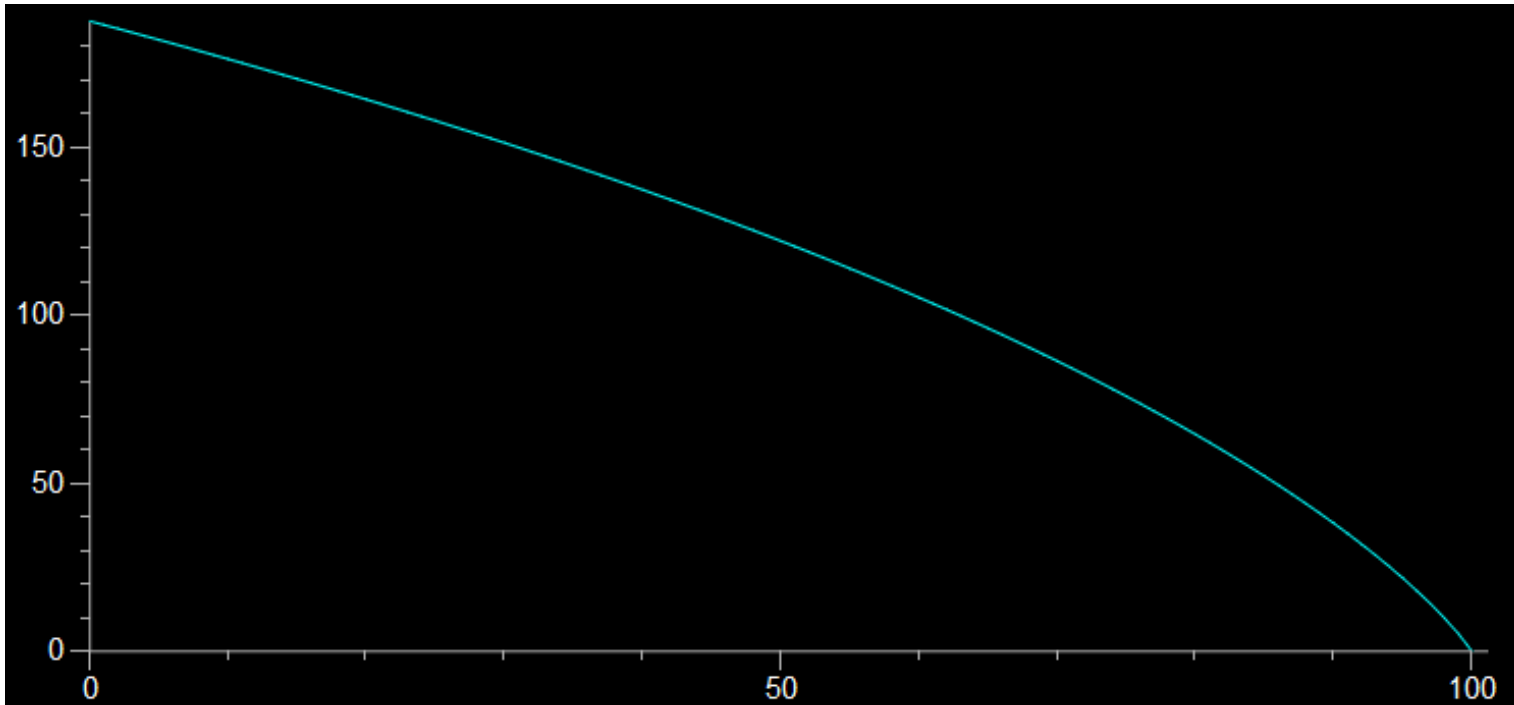
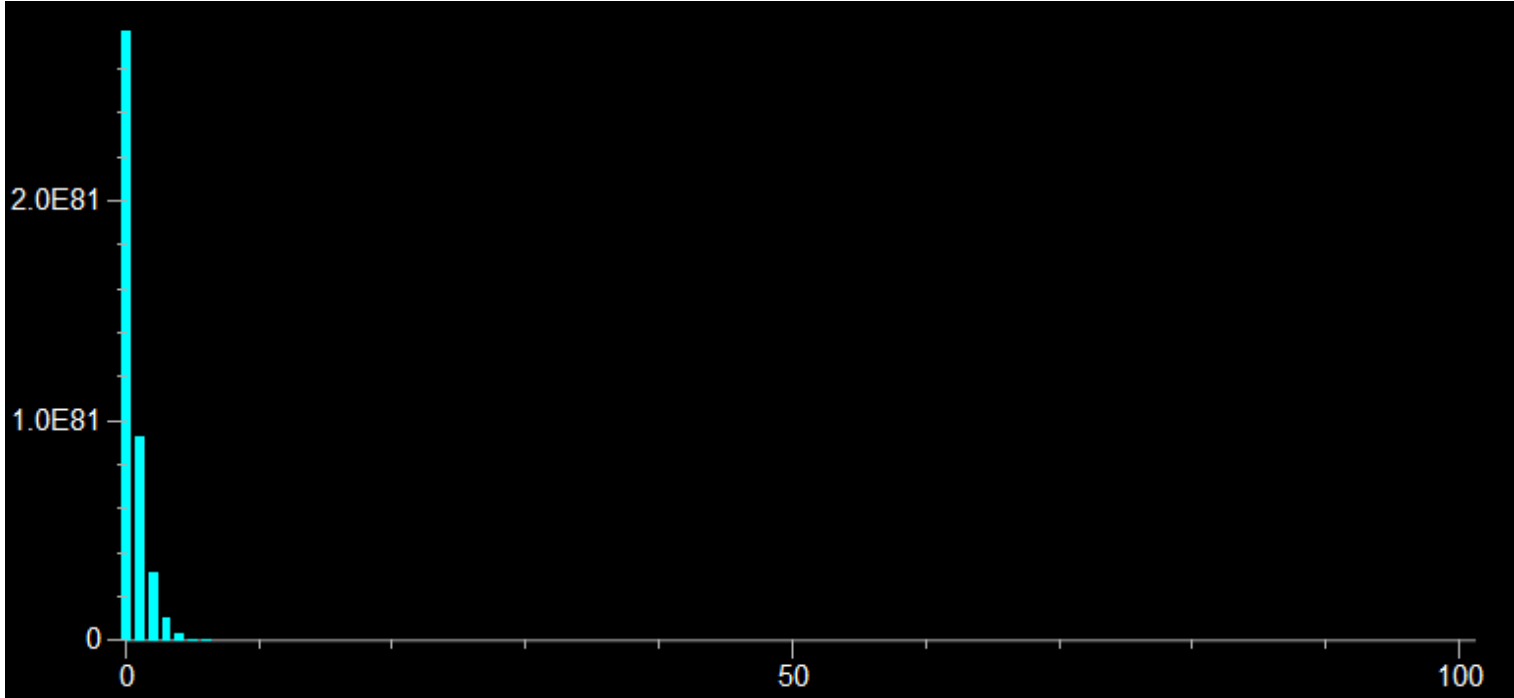
energía = 100 quanta



**entropía**

**ln** (número de estados  
microscópicos)

$$S_1(E_1, N_1) = \\ = \ln \{ \Omega_1(q_1, N_1) \}$$



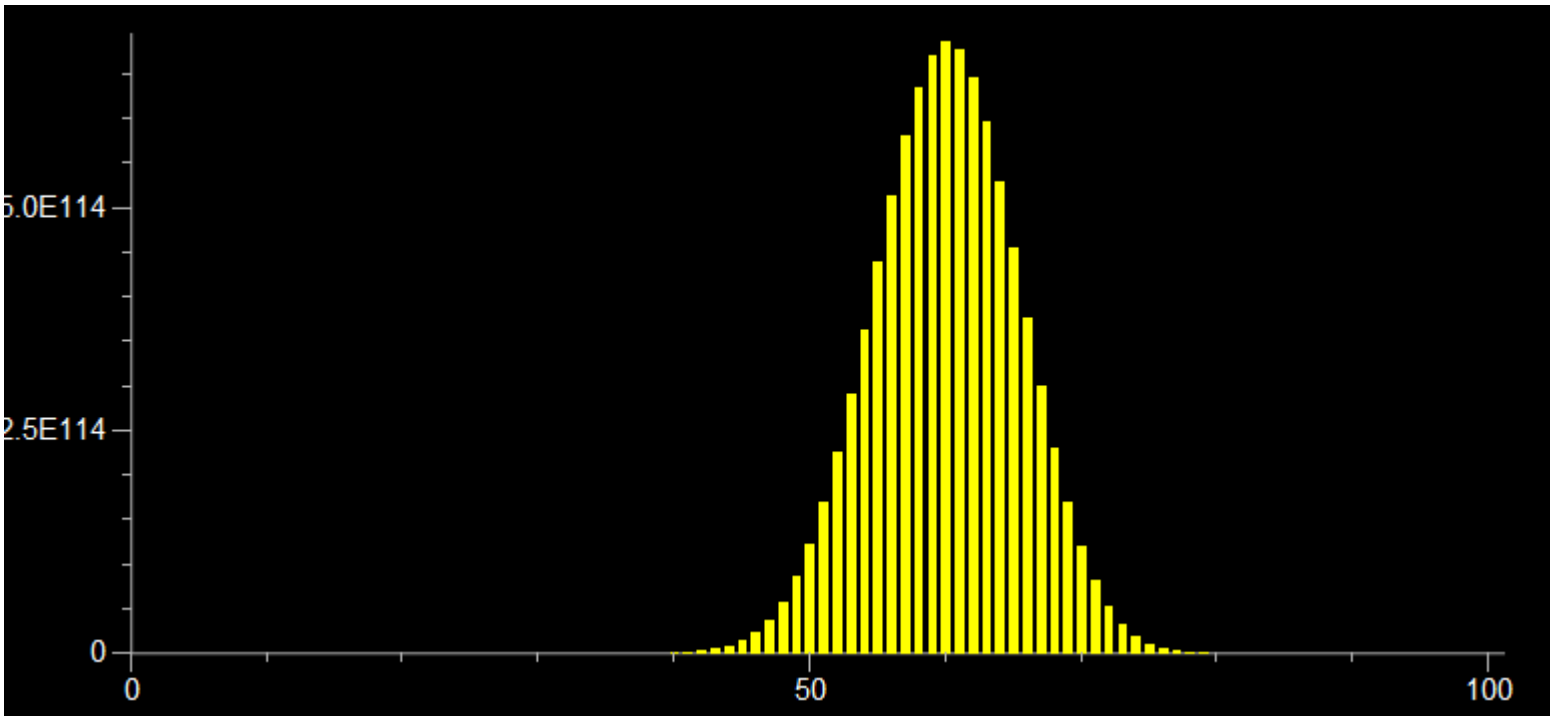
número de estados  
microscópicos  
 $\Omega_2(q_1, N_2)$

$N_1 = 300$

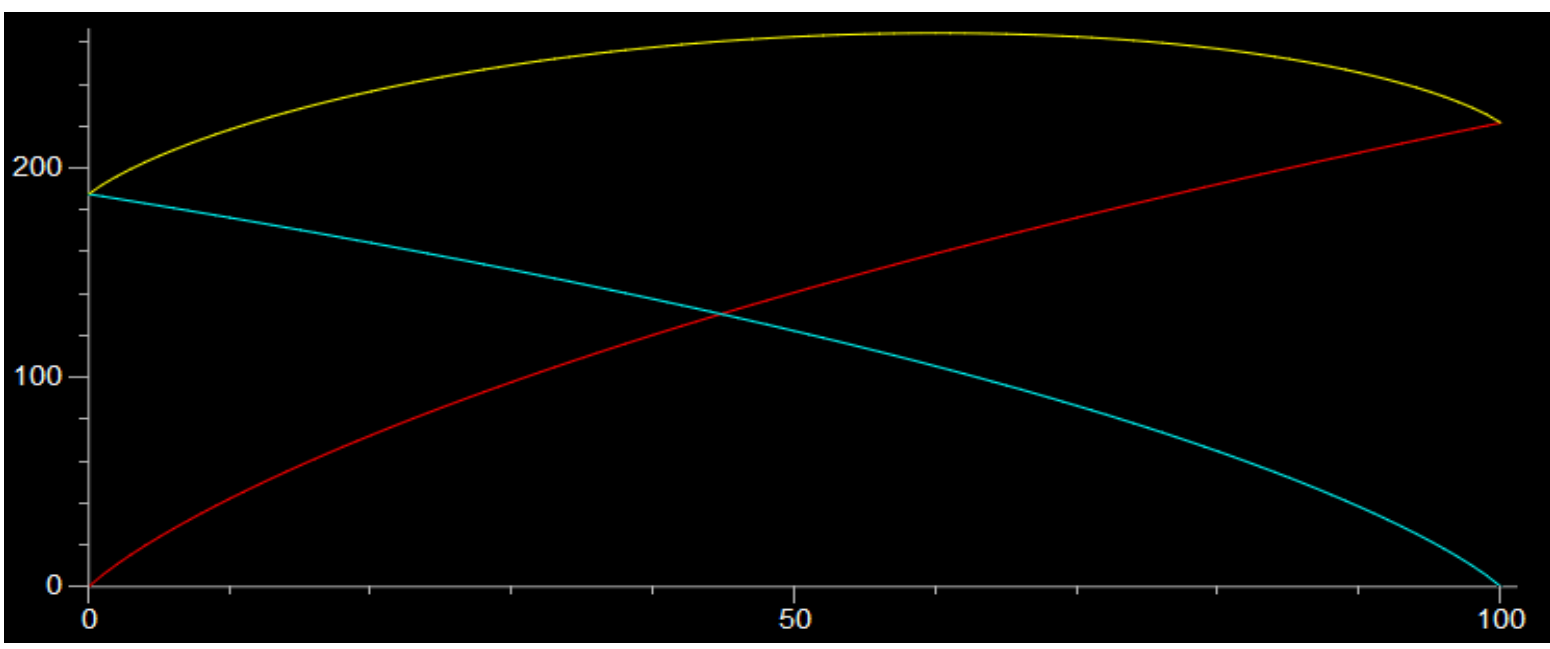
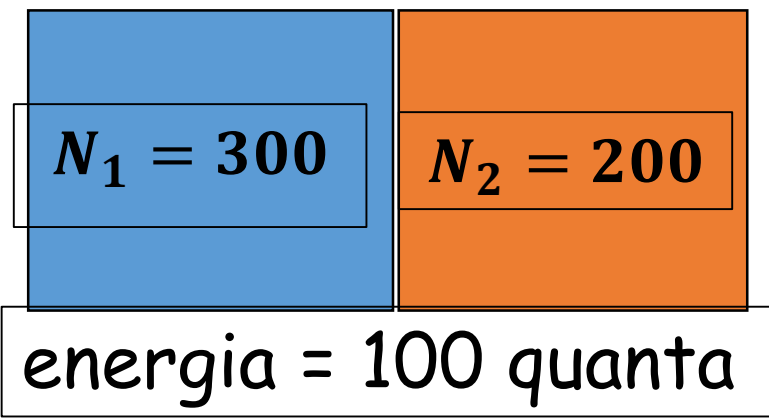
$N_2 = 200$

energía = 100 quanta

**entropía**  
ln (número de estados  
microscópicos)  
 $S_2(E_1, N_2) = \ln \{ \Omega_2(q_1, N_2) \}$



número de estados  
microscópicos  
 $\Omega_1(q_1, N_1)\Omega_2(q_1, N_2)$



**entropia**  
ln (número de estados  
microscópicos)  
 $S_2(E_1, N_2) = \ln \{\Omega_2(q_1, N_2)\}$



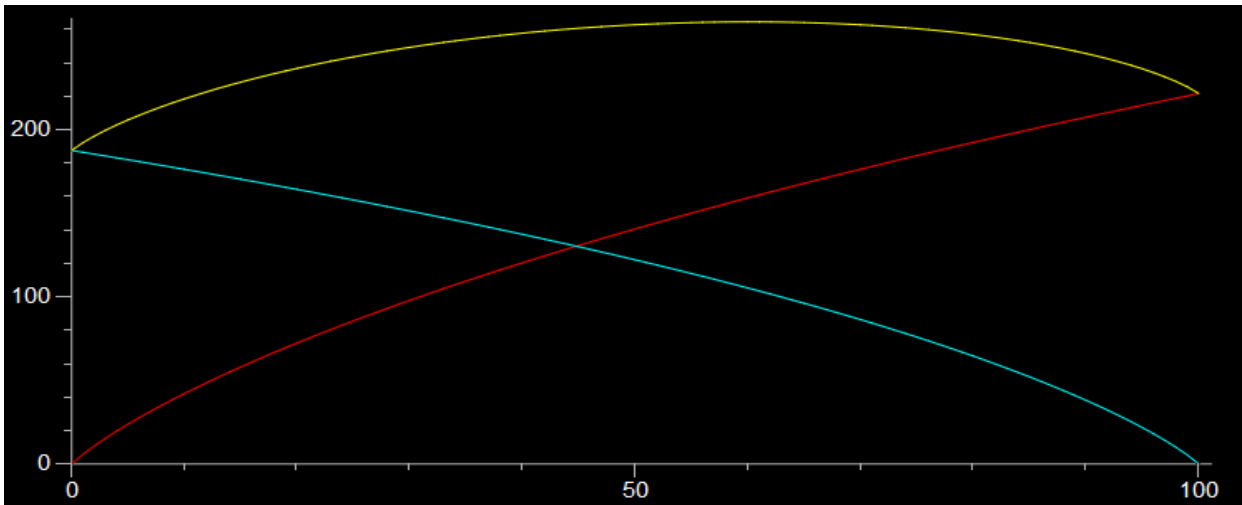
## *Definição*

Entropia de um sistema com energia ***E*** constante

$$S = k_B \ln \{ \Omega(E, N) \}$$

entropia=transformação (grego)- parece com energia

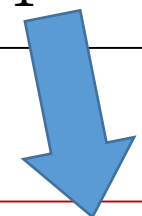
$$\frac{dS_{1+2}}{dE_1} = 0$$



Energia é constante:

$$E_1 + E_2 = E_{total} = constante$$

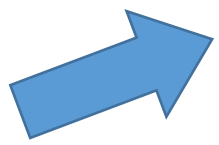
$$dE_1 = -dE_2$$



$$\frac{dS_{1+2}}{dE_1} = \frac{dS_1}{dE_1} - \frac{dS_2}{dE_2} = 0$$

Entropia é aditiva

$$\frac{dS_{1+2}}{dE_1} = \frac{dS_1 + dS_2}{dE_1} = \frac{dS_1}{dE_1} + \frac{dS_2}{dE_1} = 0$$



**Derivadas são iguais e temperaturas são iguais!**

$$\frac{1}{T_1} = \frac{dS_1}{dE_1} \quad \frac{1}{T_2} = \frac{dS_2}{dE_2}$$