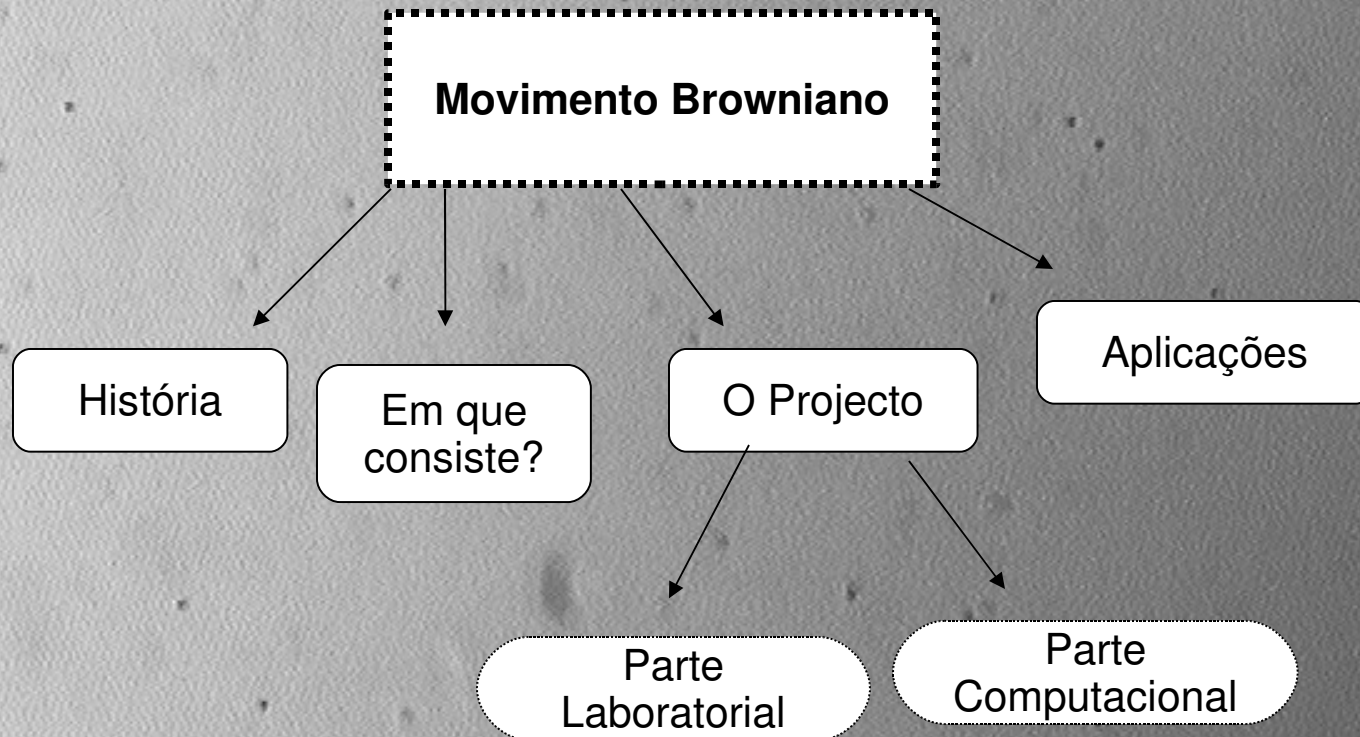


Movimento Browniano

Monitor: Miguel Costa

**Bruna Quintas
Catarina Ribeiro
João Oliveira
José Teixeira
Luís Ferreira
Mariana Trincão**

Introdução



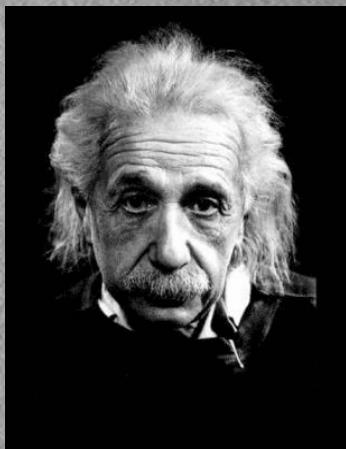
História

- O movimento Browniano foi observado pela primeira vez por Robert Brown em 1827 após ter verificado o movimento aleatório de pequenas partículas na água;
- Em 1900, Louis Bachelier observou que o mercado de ações tinha um aspecto visual muito semelhante ao movimento browniano a uma dimensão
- Em 1905, Einstein explicou o fenómeno baseando-se na teoria molecular segundo a qual as pequenas partículas se movem devido às colisões com as moléculas de água que estão em constante movimento

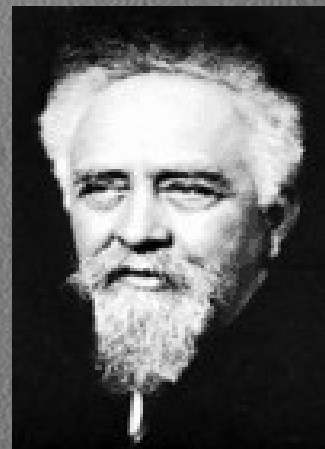
• Perrin realizou um conjunto de experiências que comprovaram as investigações de Einstein permitindo medir o número de Avogadro e provar a hipótese atômica, valendo-lhe o Prémio Nobel da Física em 1926.



R. Brown



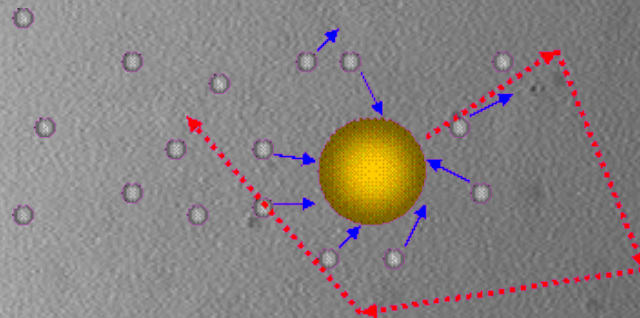
Einstein



Perrin

Em que consiste?

- O movimento browniano é causado pelos choques das moléculas do fluido. Estes choques, como são muitos e independentes, provocam o movimento aleatório das partículas.
- Quando a luz incide em lugares muito secos também se pode observar este movimento nas macropartículas que estão em suspensão no ar.
- Este fenómeno depende da viscosidade da água, da temperatura e do raio das partículas.



O Projecto

O nosso projecto divide-se em duas partes:

- A parte laboratorial
- A parte computacional

Parte laboratorial

Na parte laboratorial observou-se o movimento browniano, assim como Brown, em micro-esferas de latex ao microscópio óptico e realizaram-se alguns filmes.



Parte laboratorial

Em 1905, Albert Einstein explicou correctamente o movimento browniano assumindo que a matéria é constituída por moléculas.

A equação de Einstein apresenta-se conforme a expressão:

$$\langle R^2 \rangle = \frac{4k_B T}{6\pi\eta r} t$$

$\langle R^2 \rangle$ -> Deslocamento quadrático médio

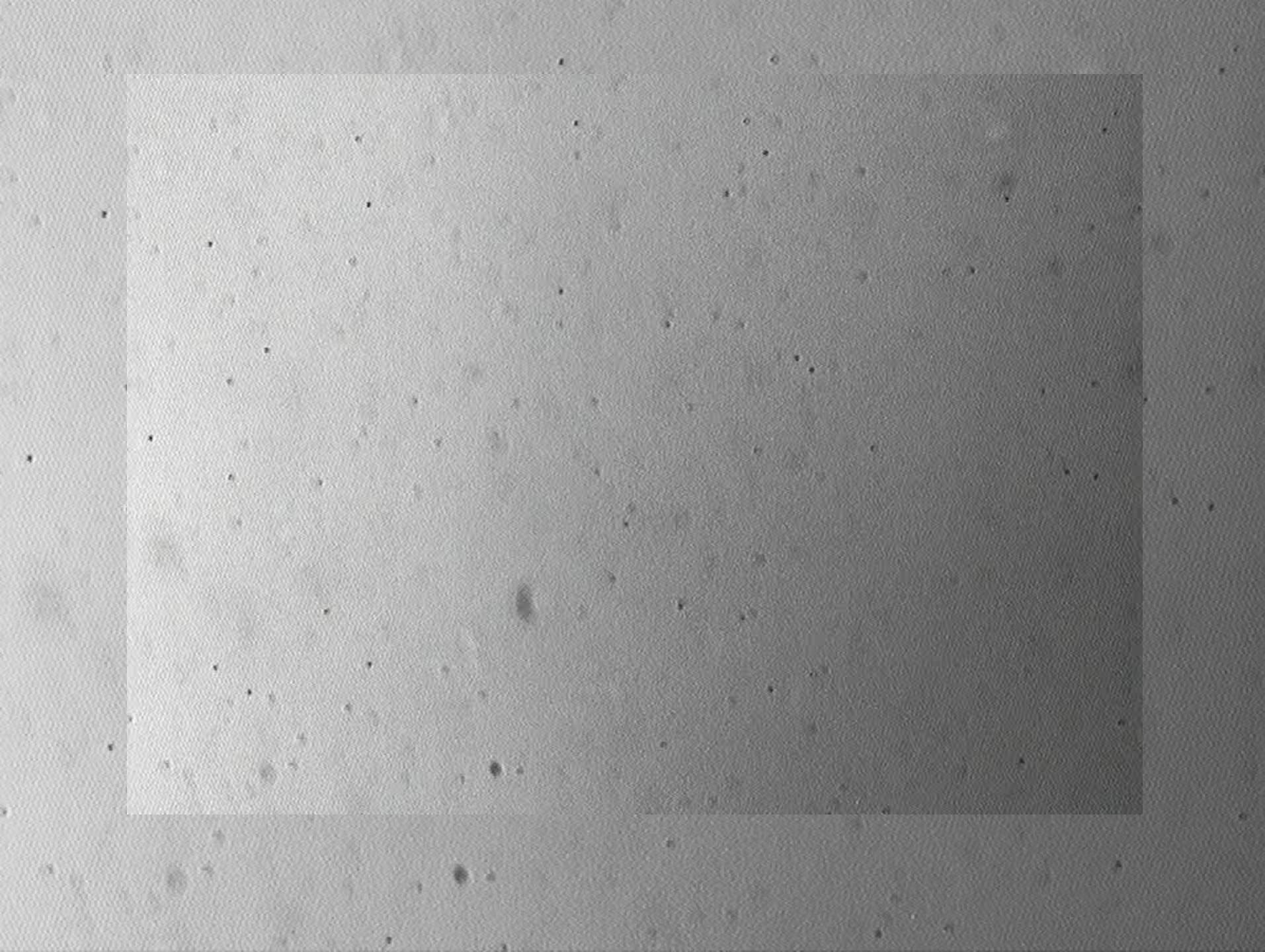
k_B -> Constante de Boltzmann

T -> Temperatura

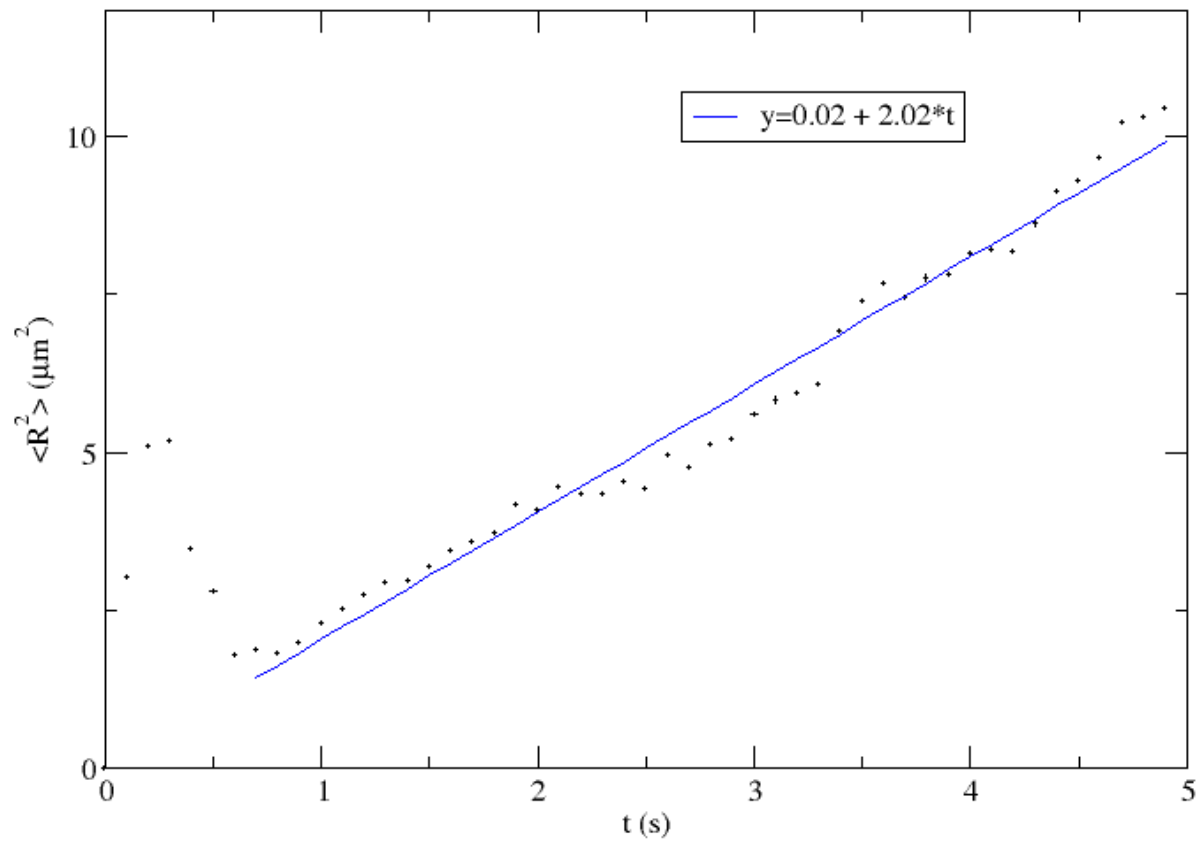
η -> Viscosidade da água

r -> Raio das partículas

t -> Tempo



Parte Laboratorial



Parte Laboratorial

$$m = 2,02 \mu\text{m}^2 \text{s}^{-1} \quad \eta = 891 \mu\text{Pa}\cdot\text{s} \quad T = 297,55\text{K}$$

$$k = \frac{6\pi\eta r}{4T} 2,02 \quad \Leftrightarrow \quad k = \frac{6\pi 891 \times 0,5}{4 \times 297,55} 2,02$$

$m = 2,02 \mu\text{m}$

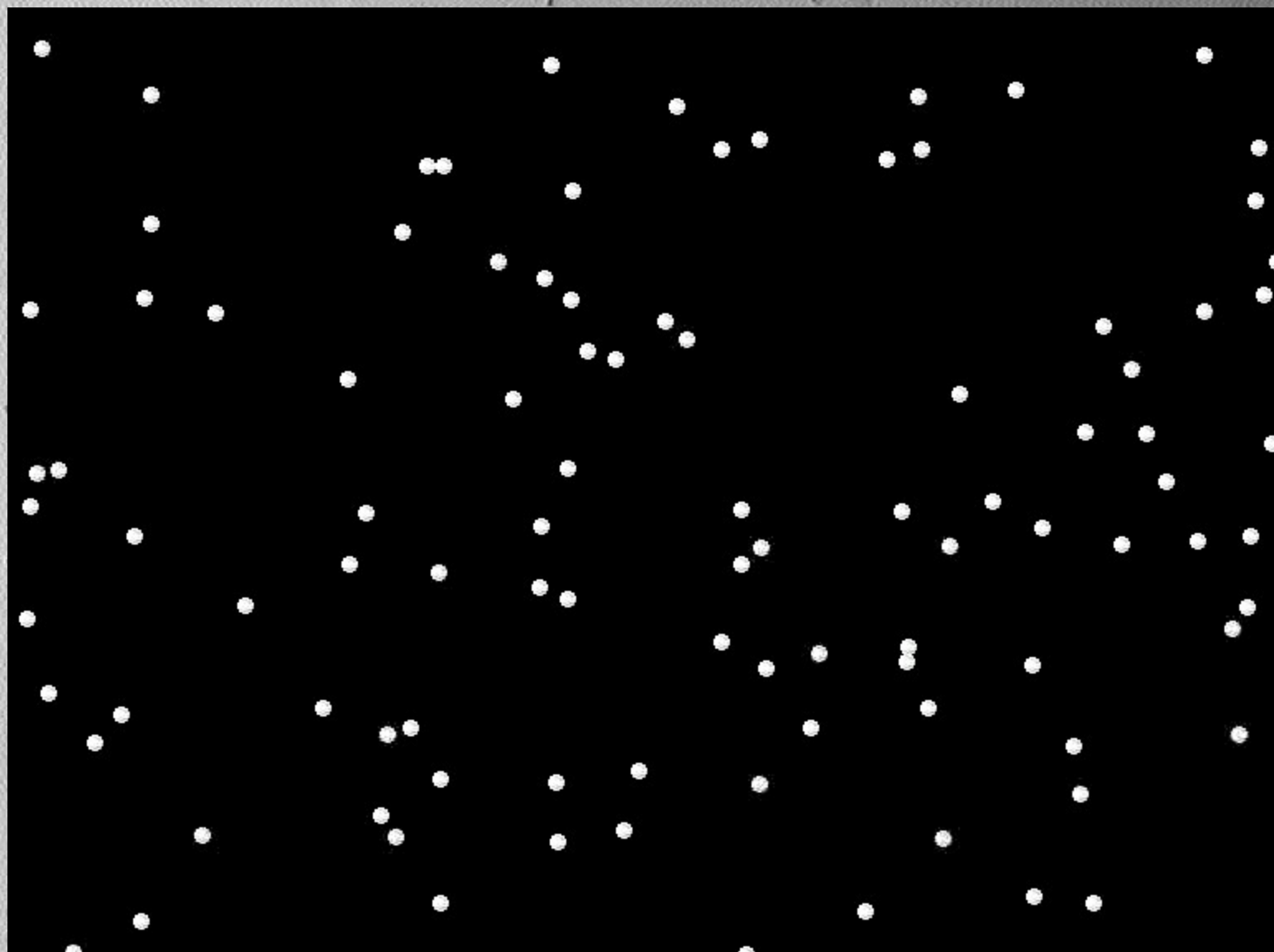
$$k = 14,25 \mu\text{m}^3 \cdot \mu\text{Pa}\cdot\text{K}^{-1} \quad \Leftrightarrow \quad k = 1,425 \times 10^{-23} \text{m}^3 \cdot \text{Pa}\cdot\text{K}^{-1}$$

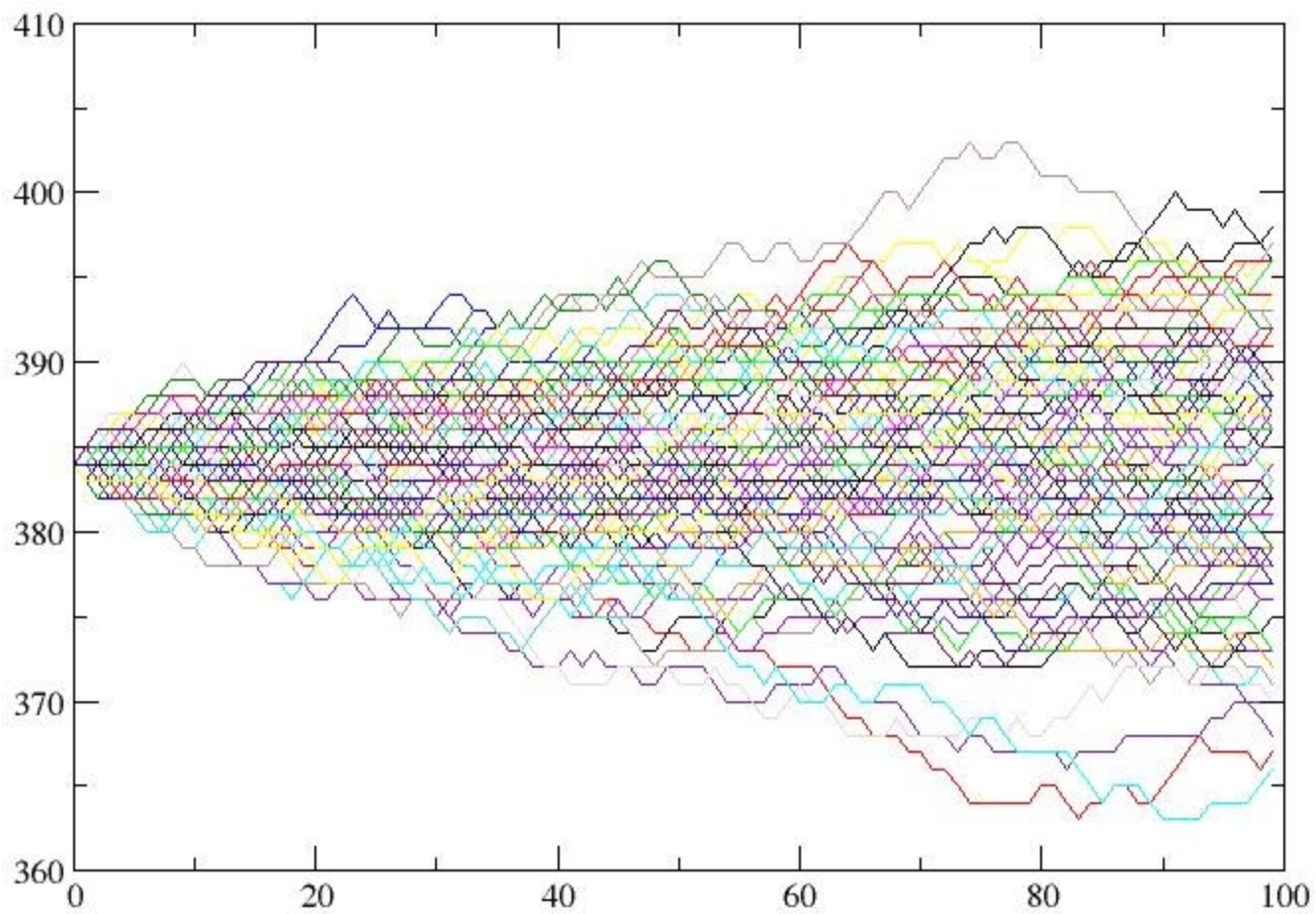
$$\text{Erro relativo: } = \frac{1,43 - 1,38}{1,38} = 0,036 = 3,6\%$$

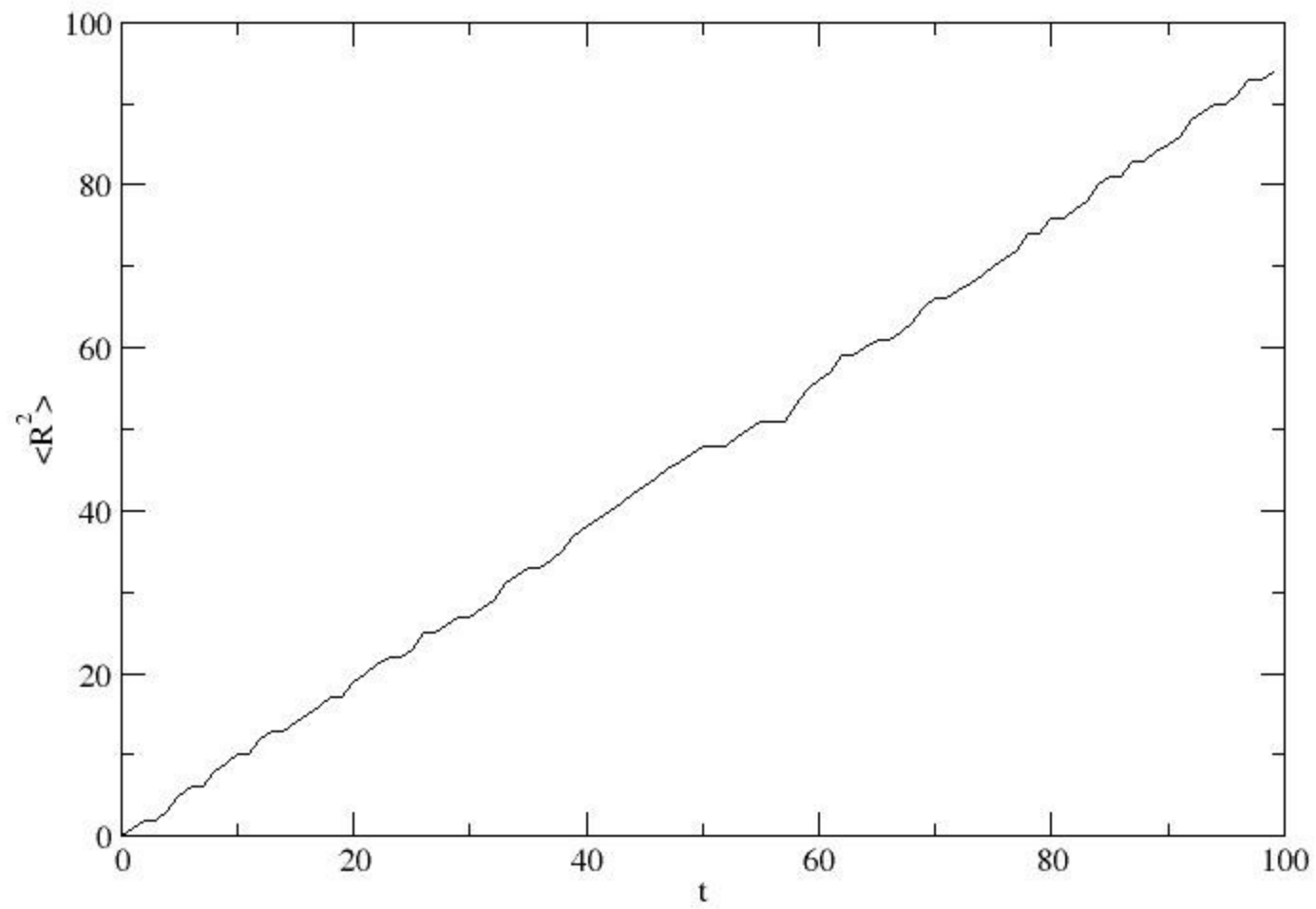
Parte computacional

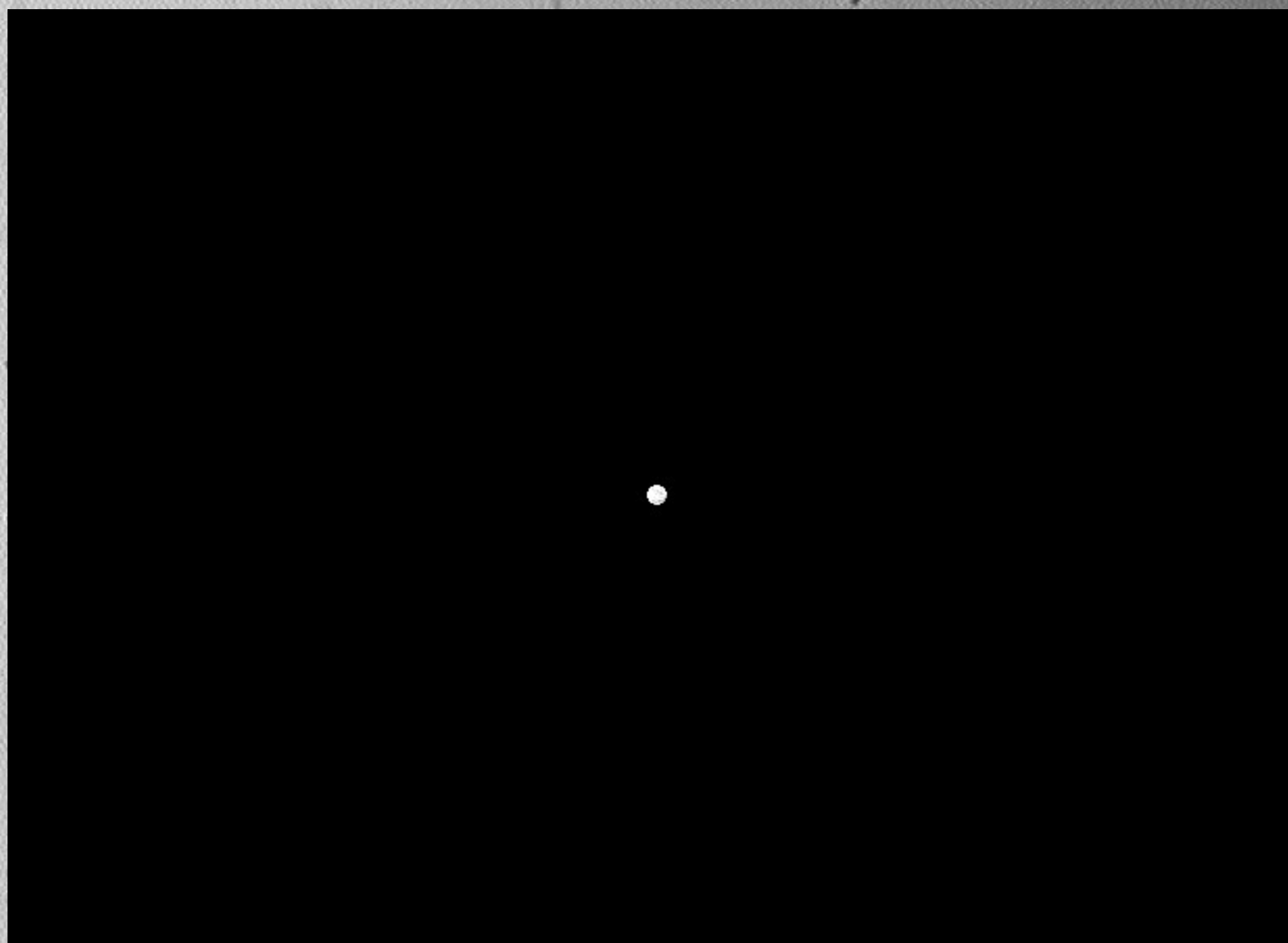
Para experienciar a aleatoriedade relativa ao Movimento Browniano, começamos por lançar uma moeda ao ar, recolhendo os respectivos resultados sob a forma binária $(-1,1)$, isto é, permitindo um descolamento de uma unidade no eixo do YY por unidade de tempo (XX) .

Utilizando o computador, criámos um programa em Python, de forma a conseguir ilustrar o que se tinha observado ao microscópio. Este programa simulava “passeios” aleatórios. A análise dos gráficos correspondentes aos passeios permite concluir que o desvio quadrático médio é proporcional ao número de passos.









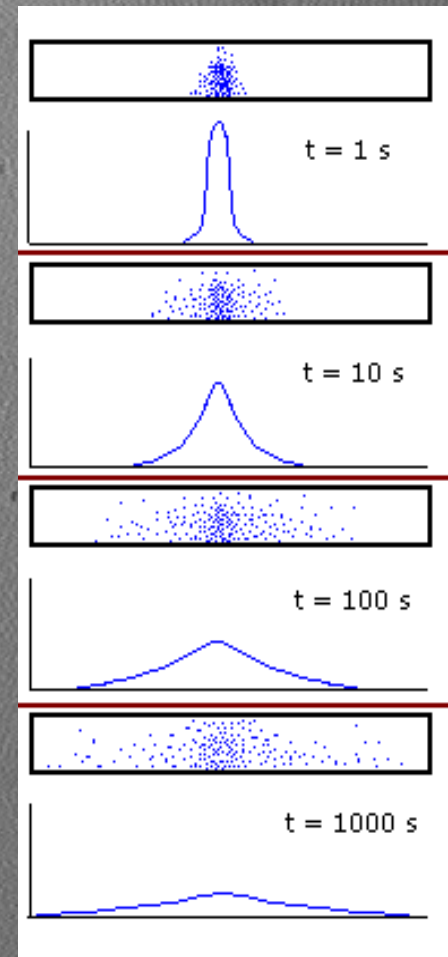
Aplicações

O Movimento Browniano têm dado grande contributo para outras áreas do conhecimento, nomeadamente:

- Imagionologia**
- Biologia**
- Economia.**

Na Economia, Fisher Black, Myron Scholes (P. Nobel da Economia em 1995) e Robert C. Merton (Nobel da Economia em 1995) conseguiram aplicar os cálculos matemáticos de Einstein sobre o movimento Browniano à ferramenta económica Opção, essencialmente no cálculo do preço justo.

Outro fenómeno intimamente ligado ao Movimento Browniano, é a difusão, fenómeno típico das movimentações transmembranares dos seres vivos.



Conclusão

A realização deste trabalho foi útil na medida em que alargamos o nosso saber relativo a este tema.

Tomamos conhecimento das várias aplicações do movimento browniano na vida real, nomeadamente na economia e na biologia.

Foi para nós um prazer elaborar este projecto pois contactámos com novas experiências.

Fim