

O movimento Browniano

Observação, Análise e Simulação

O Grupo



João Alves / Pedro Castro / Daniel Ferreira / Nuno Álvares / Bárbara Azevedo

Responsável - Prof. Lopes Dos Santos

Monitor – Miguel Costa Dias

História e Introdução

- O movimento Browniano é o nome dado ao movimento aleatório de partículas num líquido ou gás como consequência dos choques das moléculas do meio nas partículas

História e Introdução

- Robert Brown, em 1827, observou no microscópio pequenos grãos de pólen suspensos em água. Percebeu também que isso acontecia igualmente com partículas inorgânicas.
- Em 1905, Albert Einstein, usando a teoria cinética dos gases, explicou quantitativamente os movimentos observados por Brown.
- Jean Perrin realizou um conjunto de experiências que se revelaram uma comprovação fiel das investigações feitas por Einstein, e que lhe permitiram medir o número de Avogadro. Este trabalho valeu-lhe um prêmio Nobel em 1926.

Objectivos do trabalho

- Observar e gravar o comportamento das micro-esferas em suspensão, utilizando um microscópio ligado a uma placa de captura de vídeo.
- Interpretar o resultado obtido das observações previamente realizadas.
- Simular o movimento das partículas com um programa realizado em *Python*.

Objectivos do trabalho

Medir, usando as gravações, o deslocamento quadrático médio das micro-esferas em função do tempo. Este processo permitiu-nos medir a constante de Boltzmann utilizando a célebre equação de Einstein:

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

$\langle R^2 \rangle$ – Deslocamento quadrático médio

k_B – Constante de Boltzmann

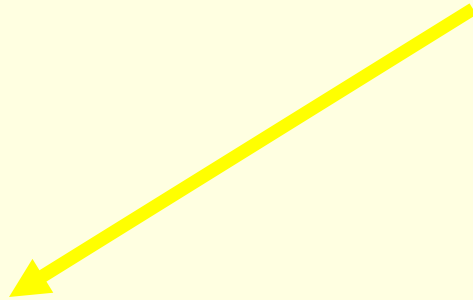
T – Temperatura

η – Viscosidade da água

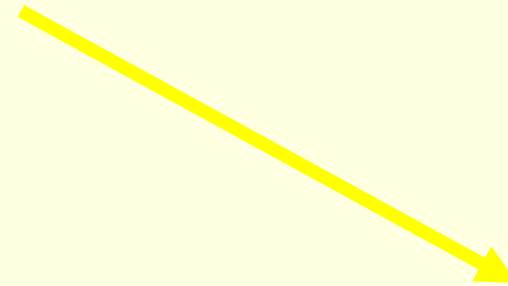
r – Raio das partículas

t – Tempo

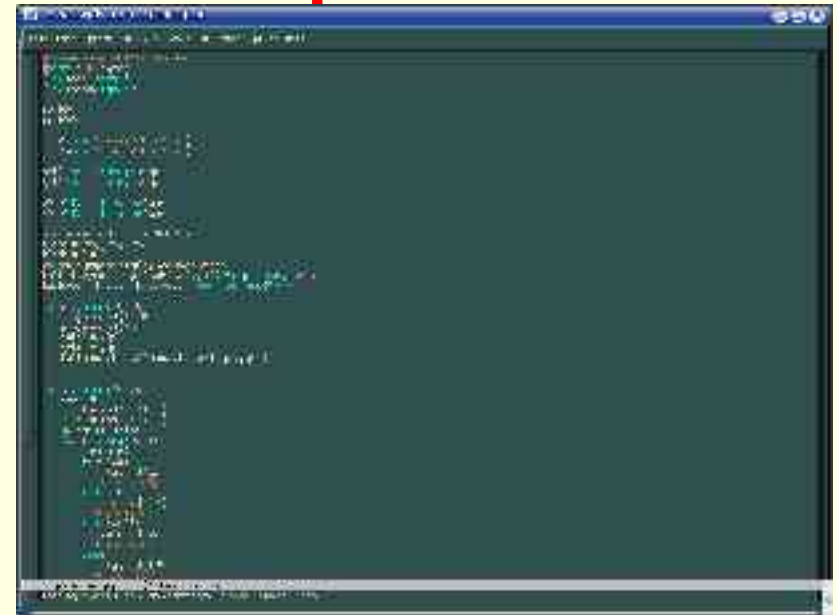
Procedimientos



Laboratoriais



Computacionais



Laboratoriais

Observação do movimento das micro-esferas

- Utilizando o microscópio, observamos e capturamos em vídeo o movimento Browniano realizado, neste caso, por micro-esferas de látex em suspensão.

Laboratoriais

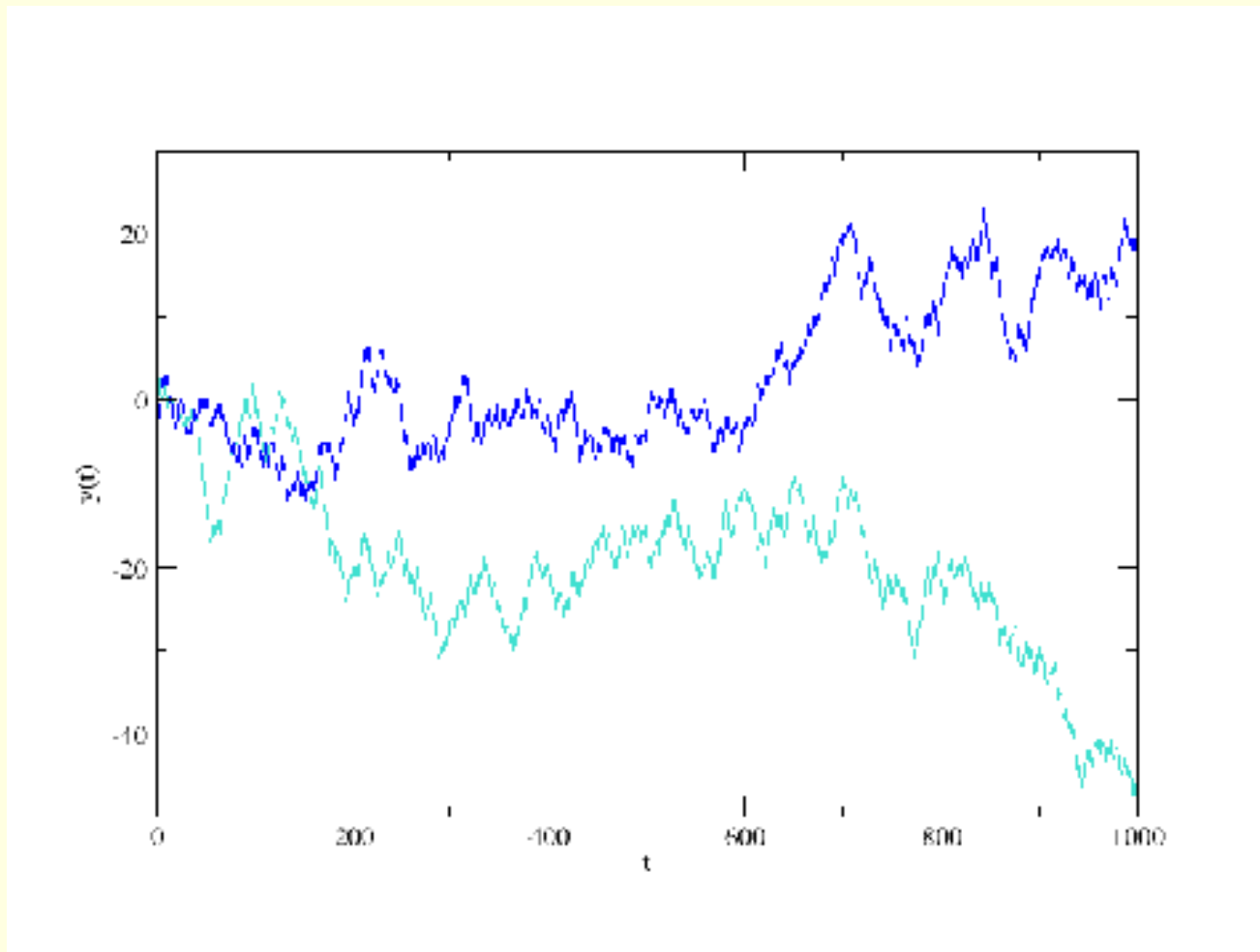


Computacionais

- Em Python, escrevemos um programa que simulava um passeio aleatório, inicialmente a uma e posteriormente a duas dimensões. Este programa movia hipotéticas partículas aleatoriamente, ou conforme uma probabilidade por nós definida, permitindo-nos depois visualizar este movimento e verificar, através dos dados registados pelo programa, que o desvio quadrático médio é proporcional ao número de passos.

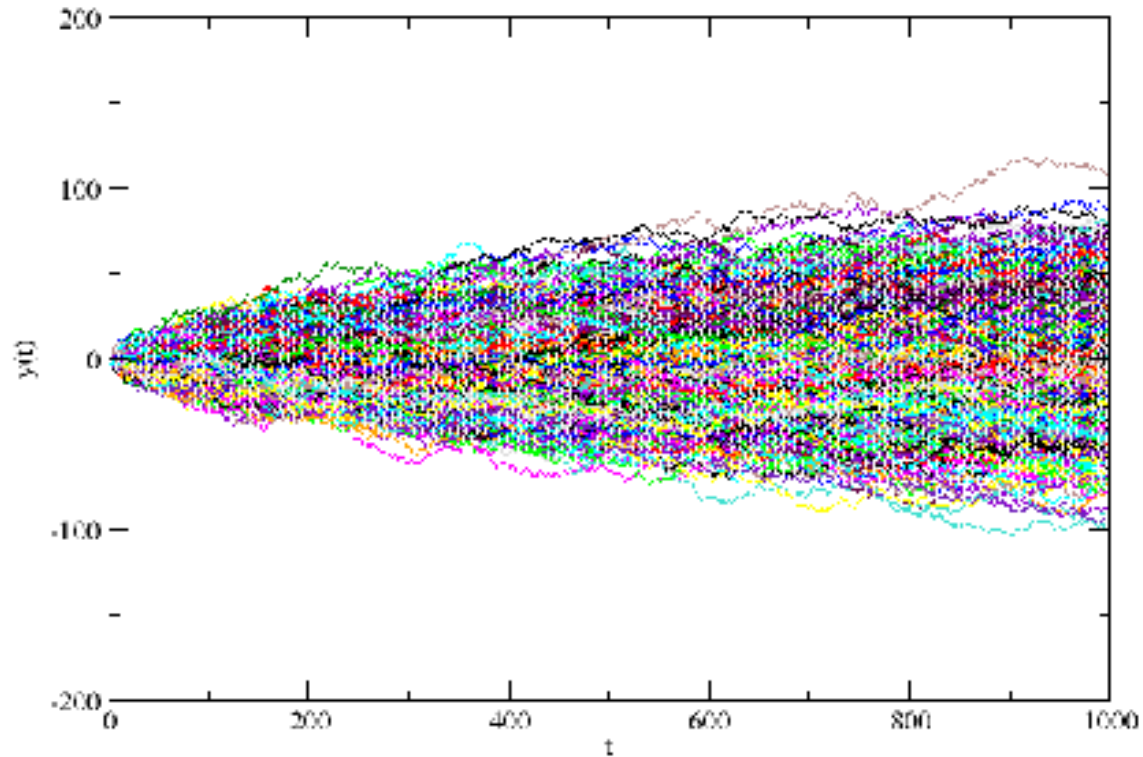
Computacionais

Gráfico de 2 partículas a uma dimensão



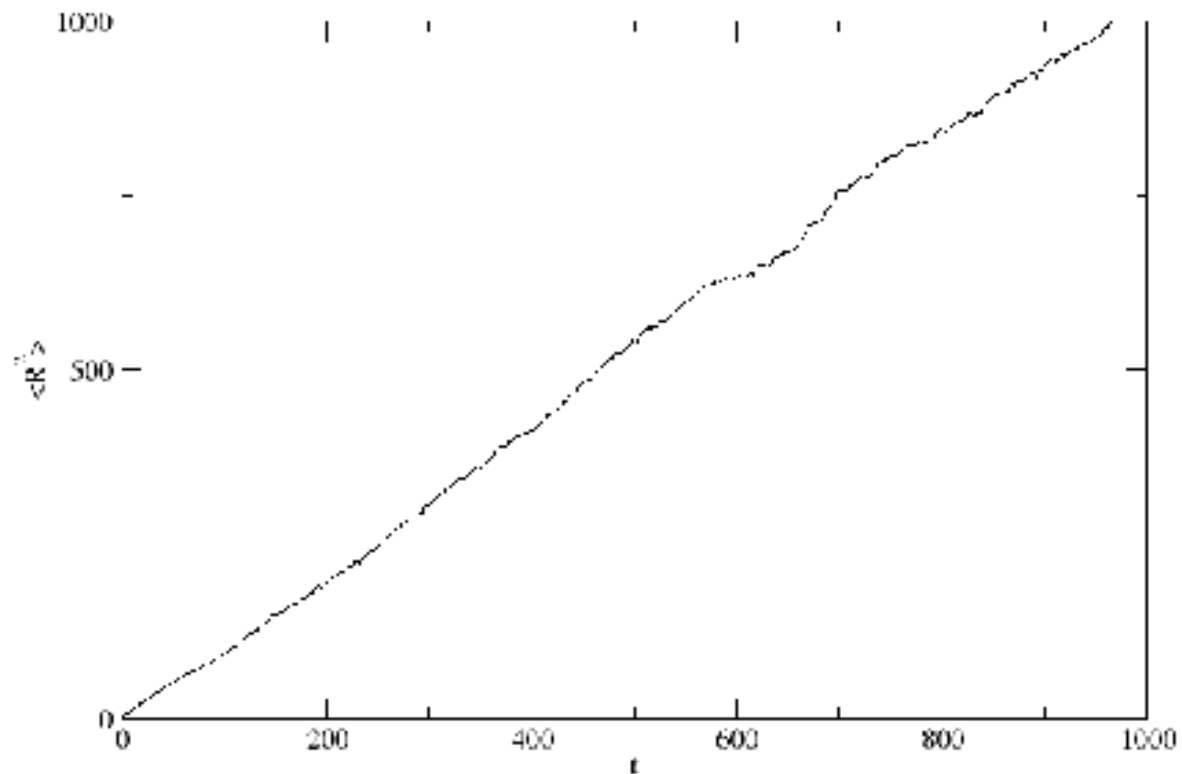
Computacionais

Gráfico de 1000 partículas a 1 dimensão



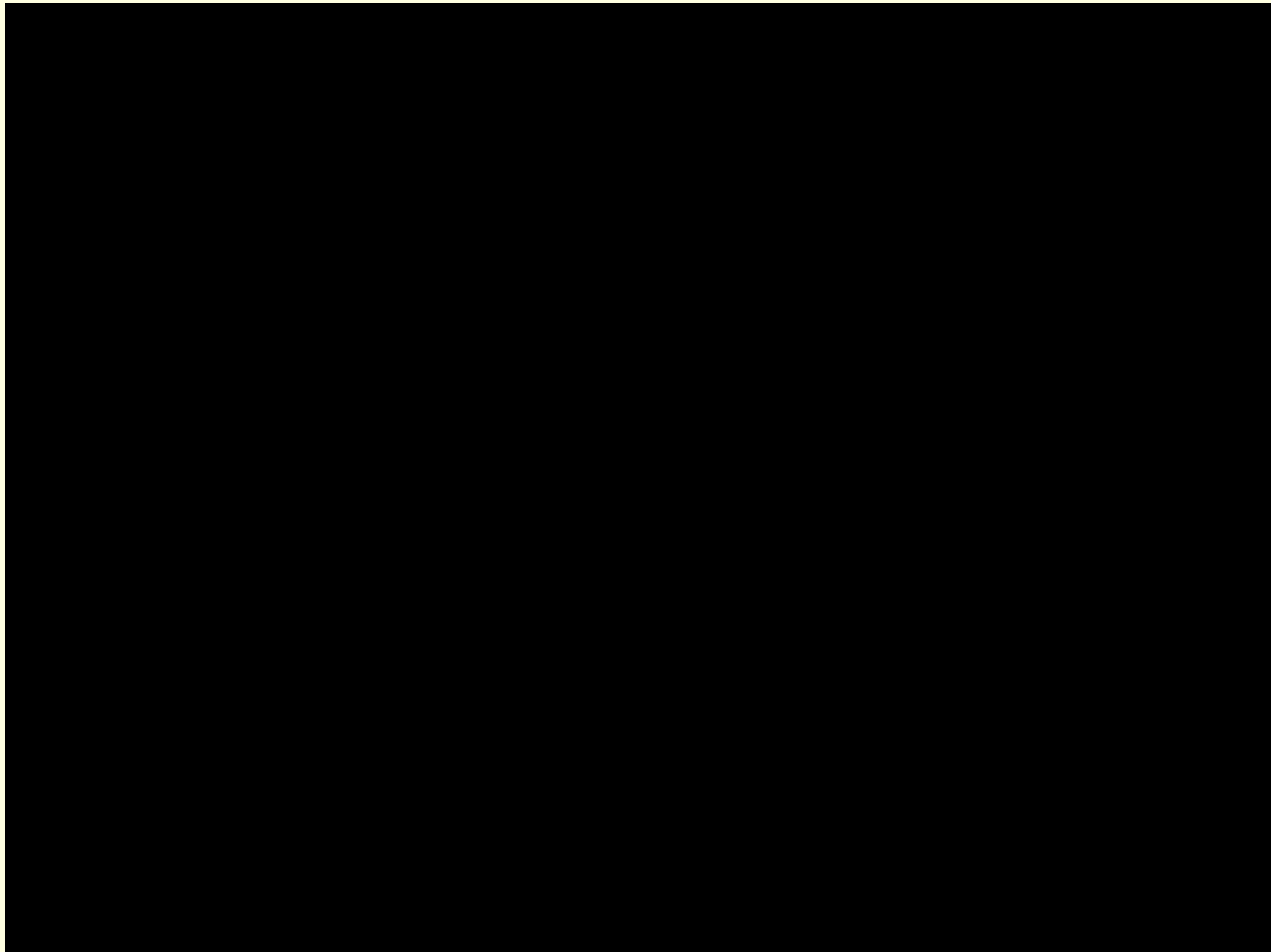
Computacionais

Desvio quadrático médio em função do nº de passos



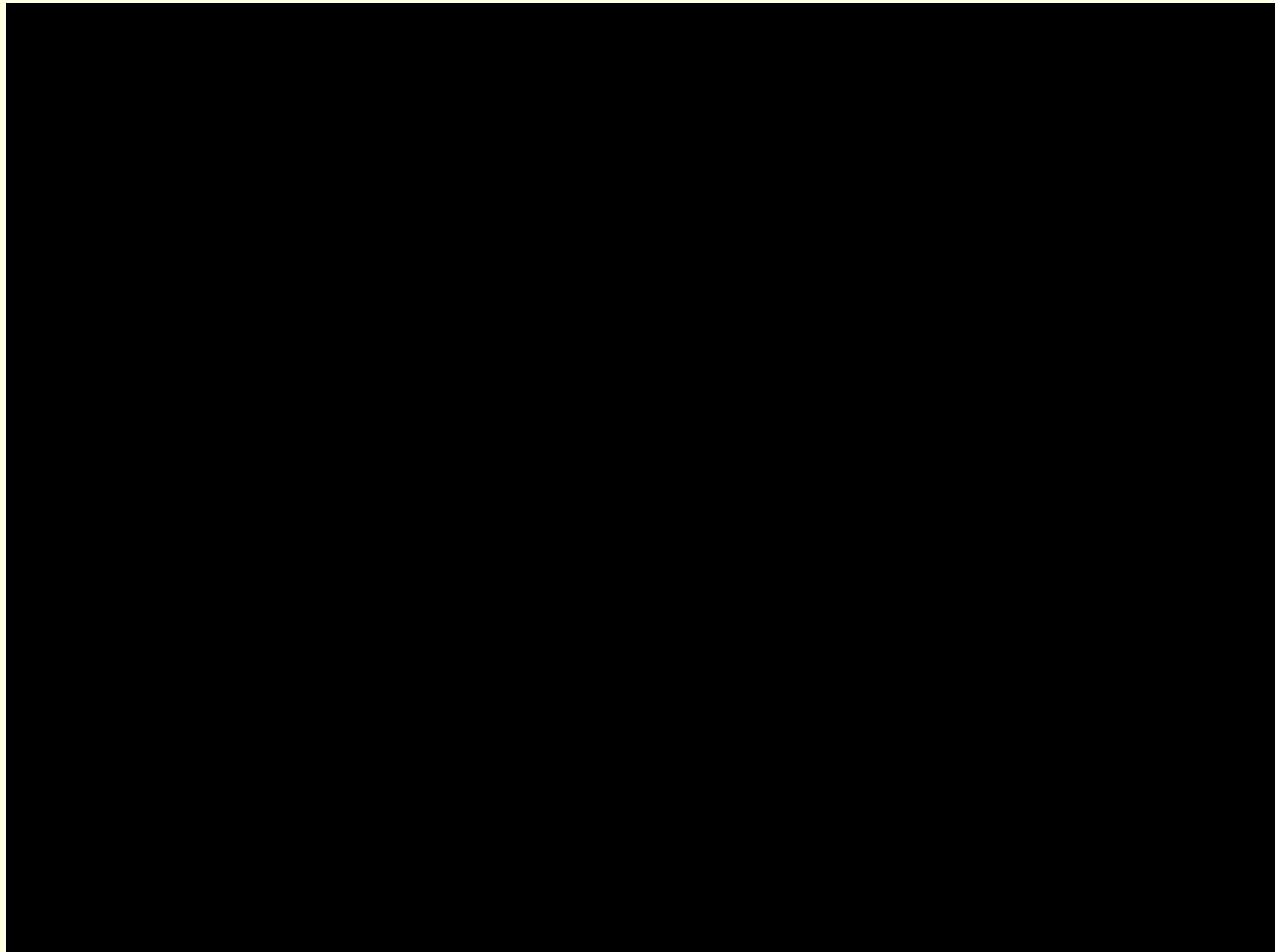
Computacionais

1 partícula



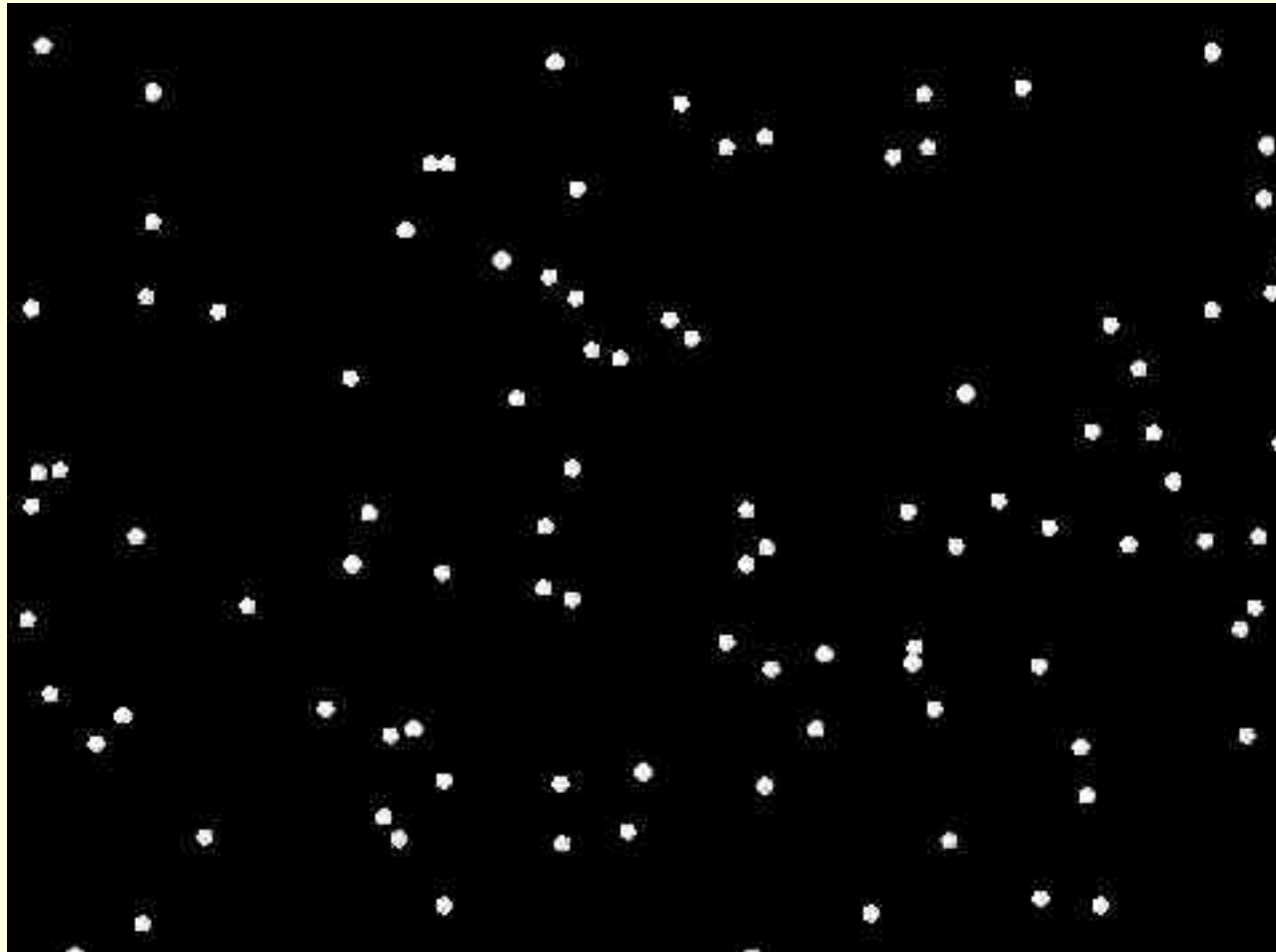
Computacionais

1 partícula de 1000 em 1000 passos



Computacionais

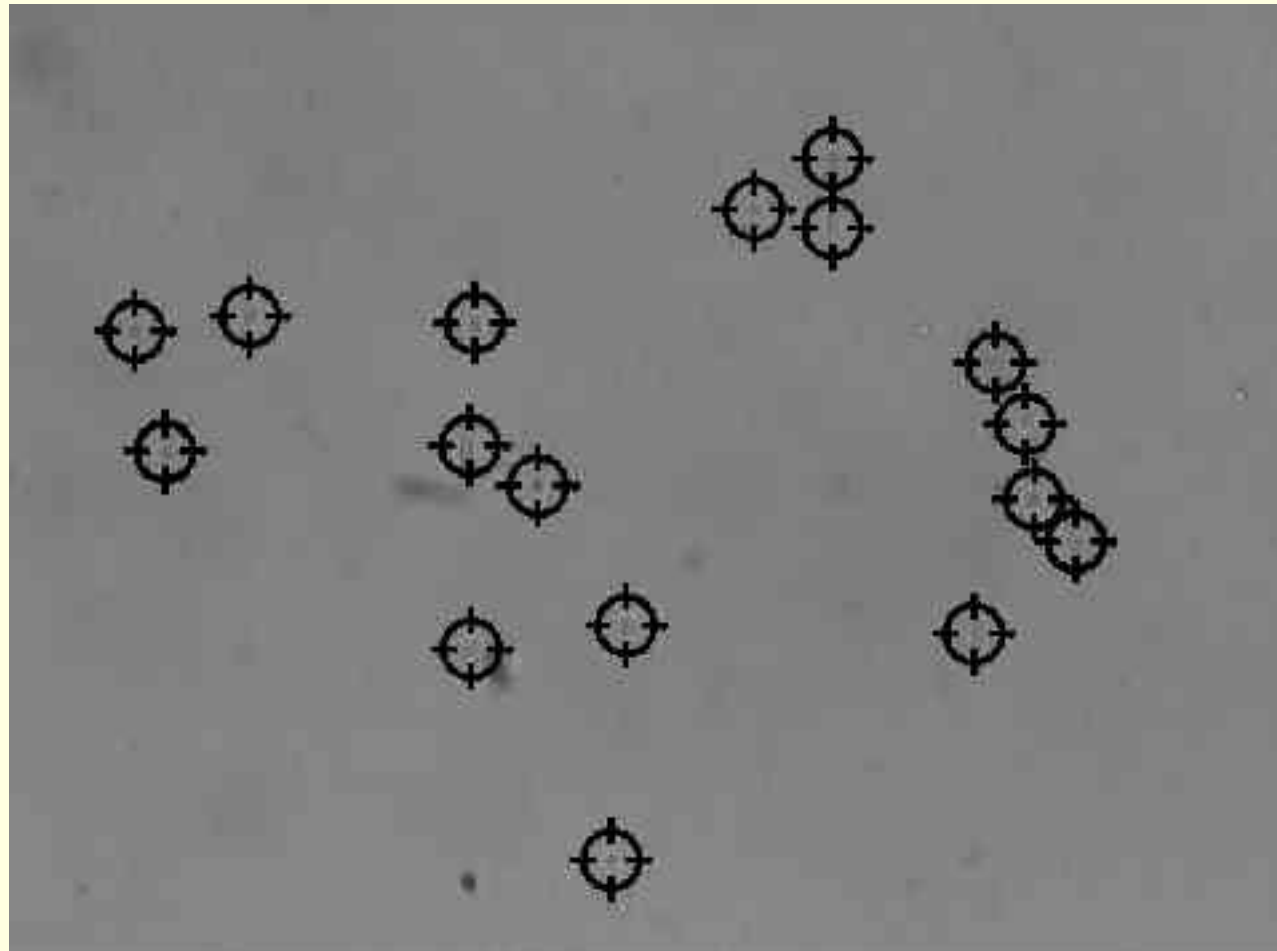
Muitas partículas



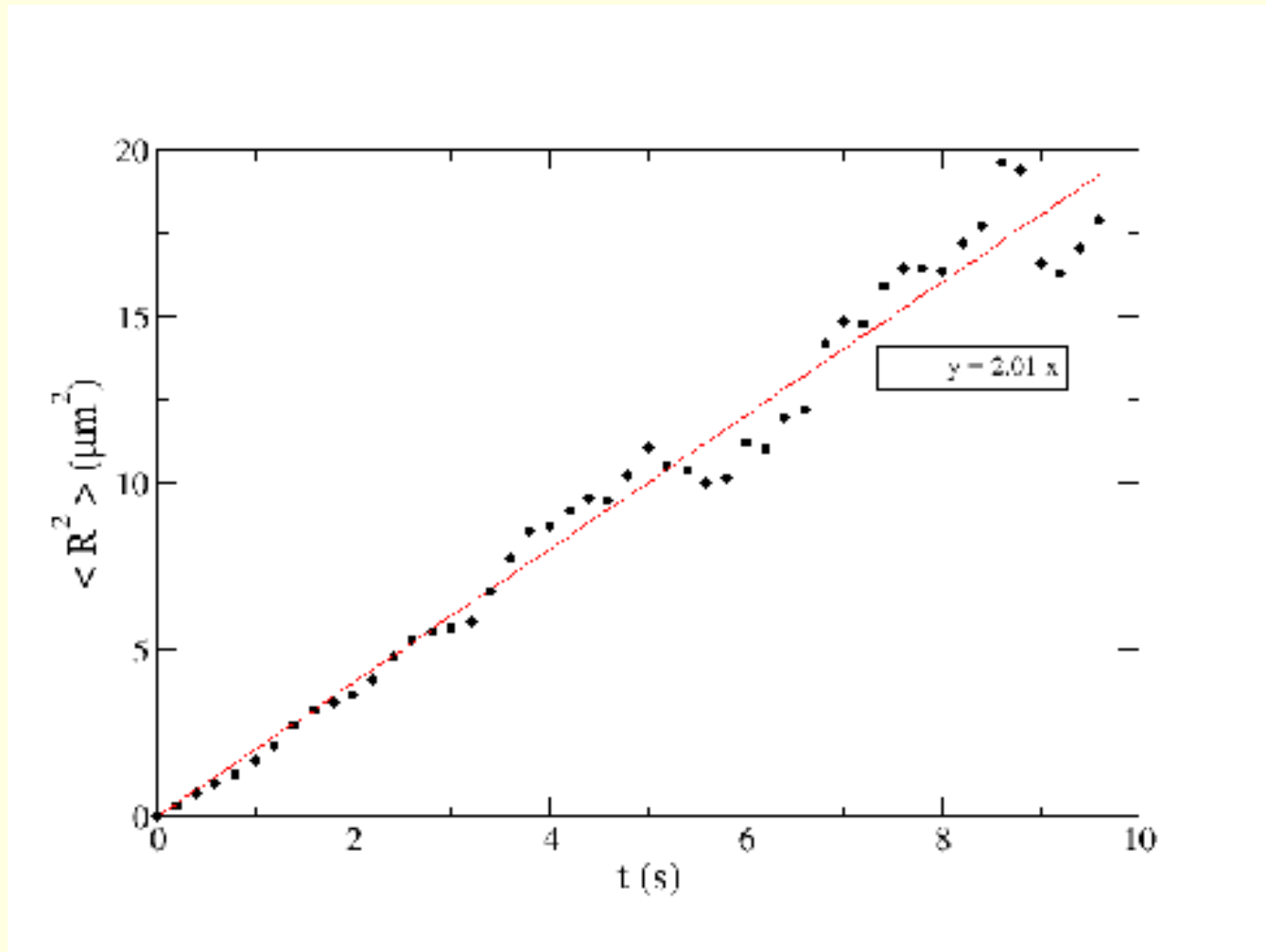
Análise dos vídeos

- Um script capaz de identificar o movimento das micro-esferas existentes nas nossas gravações foi utilizado para extrair as posições das partículas, o que nos permitiu representar graficamente o desvio quadrático médio em função do tempo.

Análise dos vídeos



Análise dos vídeos



Cálculos

- Utilizando a expressão que se segue, calculamos a constante de Boltzmann (k_B), para cada gravação efectuada.

$$k_B = \frac{6}{4\pi} m, \text{ onde } m \text{ é o declive da melhor recta}$$

Cálculos

$$m = 2,01 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \quad \stackrel{=01}{=} \quad \text{Pa.s} \quad T = 298,15 \text{ K}$$

$$k = \frac{6}{47} \frac{1}{2,01} \quad \Leftrightarrow \quad k = \frac{6}{4 \times 298,15} \frac{891 \times 0,5}{2,01} \quad \Leftrightarrow$$

$$k = 14,15 \text{ m}^3 \quad \text{Pa.K}^{-1} \quad \Leftrightarrow \quad k = 1,415 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$$

$$\text{Erro relativo} = \frac{1,42 - 1,38}{1,38} = 0,029 = 2,9$$

Conclusão

Este projecto de investigação, além de nos proporcionar bons momentos, permitiu-nos conhecer mais sobre o movimento Browniano e muitas outras coisas.

Para finalizar, gostaríamos de agradecer ao Miguel pela sua paciência e dedicação

FIM