Exercício 5: Modelo de Ising

Data da aula: 27 de outubro (LF) e 8 de novembro (MIEF/MIEBB)
Data limite para entrega do relatório: 10 de novembro (LF) e 22 de novembro (MIEF/MIEBB)

No modelo de Ising ferromangético, a energia total E de uma configuração é:

$$E = -J \sum_{\langle i,j \rangle} \sigma_i \sigma_j \ ,$$

onde a soma é sobre todos os pares de spins e σ_i é o estado do spin i.

A magnetização M é:

$$M = \sum_i \sigma_i \ .$$

5.1. Simulações de Monte Carlo: modelo de Ising

Implemente o algoritmo de Metropolis para o modelo de Ising:

1. Comece com uma rede quadrada de $N = L_x L_y$ spins todos orientados;
2. Sequencialmente (*Monte Carlo step*):
   a. Escolha um spin aleatoriamente;
   b. Calcule a variação de energia ΔE associada à inversão do spin;
   c. Inverta o spin escolhido com probabilidade p,

   $$p = min\left(1, e^{-\Delta E / k_B T}\right) \ ;$$

   d. Se o spin for invertido atualize a energia e a magnetização do sistema.

Usando o latticeview.h, gere imagens do sistema para diferentes temperaturas no estado de equilíbrio.

5.2. Estatística

Calcule o valor médio da energia e da magnetização em função da temperatura para três tamanhos de sistema diferentes. Estime a temperatura crítica (T_c) e compare com o valor teório $T_C = 2/\ln\left(1+\sqrt{2}\right)$.

Nota 1: para reduzir a correlação entre amostras, para cada temperatura, faça médias sobre várias amostras obtidas a cada três *Monte Carlo Sweeps* (um *Monte Carlo Sweep* são N *Monte Carlo steps*).

Nota 2: ao varrer as temperaturas (da mais baixa para a mais alta), use sempre a configuração final da temperatura anterior como ponto de partida para a nova temperatura.