

Trabalho 1 – Simulação N-Body

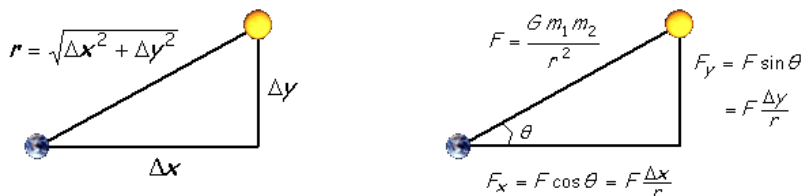
INE5410 – Programação Concorrente – UFSC

Prof. Márcio Castro

1 Introdução

Na física, o problema *N-Body* (ou N-Corpos) consiste em simular a interação gravitacional entre N corpos (*bodies*) e prever como o sistema evoluiria no decorrer de um espaço de tempo. A resolução deste problema foi motivada pela necessidade de se compreender o movimento do Sol, Lua, planetas e estrelas. A sua primeira formulação matemática foi dada por Isaac Newton. A seguir, é apresentada uma breve revisão sobre as equações que governam os movimentos de partículas de acordo com as leis de Newton.

A posição (r_x, r_y) , velocidade (v_x, v_y) e massa (m) de cada partícula já são previamente conhecidas. Para modelar a dinâmica do sistema, é necessário determinar as forças gravitacionais exercidas sobre cada partícula. A lei da gravitação universal de Newton afirma que o valor da força gravitacional entre duas partículas é dada pelo produto de suas massas dividido pelo quadrado da distância entre elas, multiplicado pela constante gravitacional G , que é $6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$. Como utilizamos um plano cartesiano para representar a posição de uma partícula, é conveniente dividir a força em suas componentes x e y (F_x, F_y), como ilustrado abaixo:



O *Princípio da Superposição* diz que uma força atuando sobre uma partícula nas direções x ou y é a soma das forças gravitacionais atuando na partícula naquela direção. Já a segunda lei de Newton postula que a aceleração nas direções x e y são dadas por: $a_x = F_x / m$ e $a_y = F_y / m$.

Com base nestas premissas, é possível utilizar o esquema *leapfrog* de aproximação de diferenças finitas para integrar numericamente as equações descritas anteriormente. Este esquema é uma base para a maioria das simulações astrofísicas de sistemas gravitacionais. Nele, o tempo é discretizado e uma variável t é incrementada de acordo com o intervalo de tempo Δt . Para cada partícula, sua posição e velocidade são calculados da seguinte forma:

- Calcular a força gravitacional atuando na partícula no tempo t utilizando a lei da gravitação de Newton e o Princípio da Superposição.
- Calcular sua aceleração (a_x, a_y) no tempo t utilizando suas força no tempo t e a segunda lei de Newton.
- Calcular sua velocidade no tempo $t + \Delta t / 2$ utilizando sua aceleração no tempo t e sua velocidade (v_x, v_y) no tempo $t - \Delta t / 2$. Assumindo que a aceleração permanece constante neste intervalo, a velocidade atualizada é dada por: $v_x = v_x + \Delta t \cdot a_x$ e $v_y = v_y + \Delta t \cdot a_y$.
- Calcular sua posição no tempo $t + \Delta t$ utilizando sua velocidade no tempo $t + \Delta t / 2$ e sua posição no tempo t . Assumindo que a velocidade permanece constante no intervalo de t até $t + \Delta t$, então a posição resultante é dada por $r_x = r_x + \Delta t \cdot v_x$ e $r_y = r_y + \Delta t \cdot v_y$.

2 Definição do Trabalho

O primeiro trabalho da disciplina de Programação Concorrente consiste em desenvolver uma versão paralela do *N-Body*. Você deverá utilizar como base a versão sequencial do *N-Body* implementada em C disponível no Moodle. Nessa versão, os parâmetros de entrada são: o número de corpos do problema (**bodies**) e o número de iterações

(`timesteps`). Além disso, é preciso adicionar o parâmetro **-lm** no momento da compilação com o `gcc`, devido ao uso da função `sqrt()` da biblioteca `<math.h>`.

A solução deverá utilizar a biblioteca **POSIX threads** para paralelizar o código. A versão paralela deverá receber um novo parâmetro de entrada referente ao número de *threads* a serem utilizadas na computação. A estratégia de paralelização a ser utilizada para dividir a computação entre as *threads* deverá ser escolhida pelos alunos. É esperado que o desempenho da solução paralela seja superior ao da versão sequencial.

A Figura 1 mostra o resultado da execução do *N-Body* para 4 corpos e 10 iterações. A saída do programa mostra, em cada linha, a posição final de cada corpo nos eixos x e y .

```
./nbody 4 10
0.38986 0.38878
0.72951 0.07322
0.28209 0.51066
0.46793 0.72547
```

Figura 1: Exemplo de resultado da execução do *N-Body* para `bodies=4` e `timesteps=10`.

3 Grupos, Avaliação e Entrega

O trabalho deverá ser realizado em grupos de **até 2 alunos**. Os alunos serão responsáveis por formar os grupos com auxílio da ferramenta “**Escolha de Grupos - Trabalho 1 (T1)**” disponível no Moodle. Pelo menos um dos integrantes de cada grupo deverá submeter via Moodle um arquivo ZIP contendo:

1. Código fonte em C com a solução do trabalho (peso 60%);
2. Um relatório contendo a explicação da solução adotada e dos resultados obtidos em formato PDF (peso 40%).

O relatório deverá ter o seguinte formato:

1. Identificação dos membros do grupo;
2. Introdução contendo uma descrição do problema que está sendo paralelizado (explicar com suas palavras);
3. Explicação sobre a solução paralela adotada;
4. Resultados obtidos com a solução paralela: (i) descrição da plataforma utilizada para a realização dos experimentos (processador, frequência, quantidade de núcleos, etc.); (ii) tempos de execução obtidos através de experimentos variando-se o número de *threads* e os seus respectivos tempos de execução para um tamanho de problema grande; (iii) tempos de execução obtidos através de experimentos variando-se o tamanho do problema.

O professor irá avaliar a corretude e a clareza do relatório e solução propostos. O desempenho da solução paralela também será avaliado. A data/hora limite para o envio dos trabalhos é **16/10/2016 às 23h55min**. **Não será permitida a entrega de trabalhos fora desse prazo: trabalhos não entregues no prazo receberão nota zero.**