

Lançamento Vertical

Mário Leite

...

Nas duas postagens anteriores (*Corpos em Queda Livre 1* e *Corpo em Queda Livre 2*) tratamos do movimento de um corpo em queda livre, sujeito à ação da gravidade e desprezando a resistência do ar. Foi deduzida a equação de movimento e apresentados os resultados das velocidades instantâneas e o caminho percorrido durante os primeiros 30 segundos de queda.

Agora, nesta postagem, vamos mostrar o movimento contrário ao da queda livre: o movimento de lançamento de um corpo na vertical para cima a partir do solo e também desprezando a resistência do ar. Neste caso o movimento ainda é uniformemente variado, mas o *vetor-aceleração* da gravidade \vec{G} tem sentido contrário ao *vetor-velocidade* \vec{V} do corpo em escensão. Assim, o valor numérico da aceleração da gravidade é considerado negativo, o que retarda o movimento do corpo fazendo com que este movimento seja conhecido como **MUR** (**M**ovimento **U**niformemente **R**etardado). Mas, de qualquer forma, ainda pode ser considerado uniformemente variado, pois sua velocidade diminui de um valor constante de 9,80665 m/s a cada segundo até atingir uma altura máxima; neste instante $V=0$.

Em resumo: é um movimento contrário à ação da gravidade, cujo esquema é mostrado na **figura 1**.

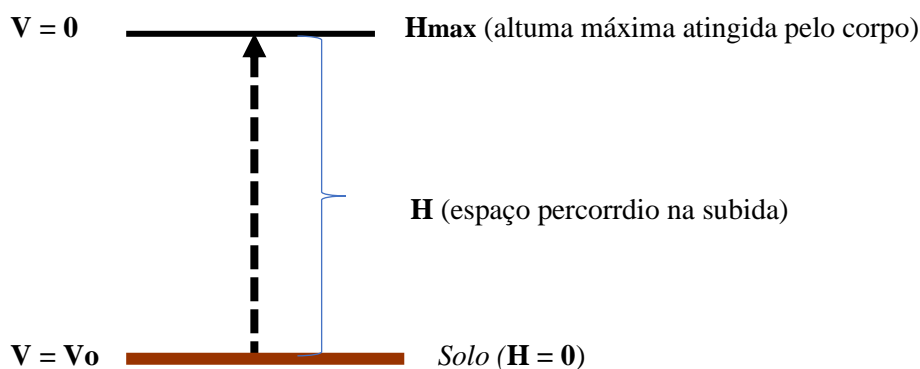
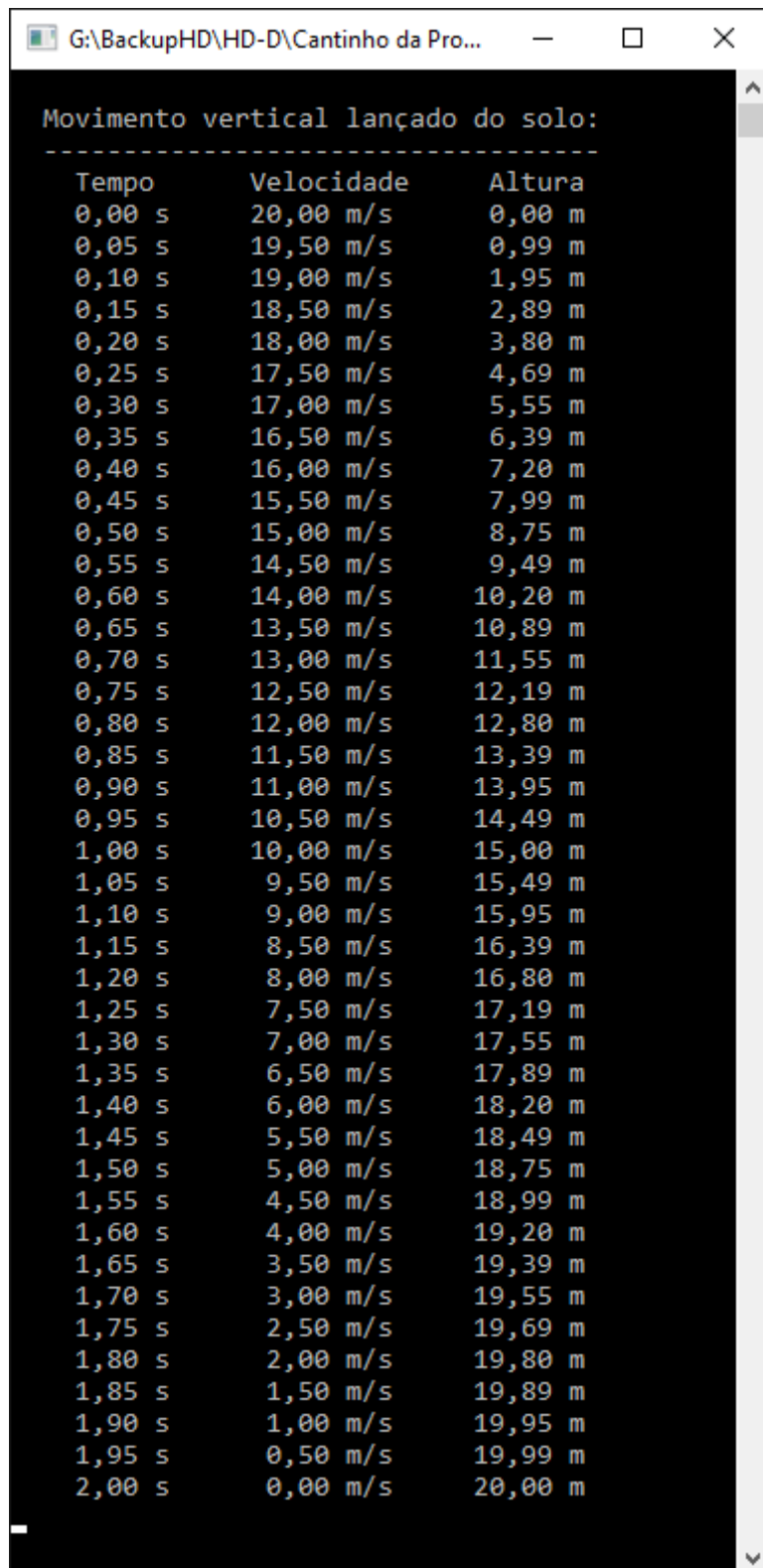


Figura 1- Esquema de lançamento na vertical para cima

A equação de movimento (*distância x tempo*) para um corpo lançado verticalmente para cima e sujeito apenas à ação da gravidade é dada pela expressão: $H = V + V_0 - GT^2$; sendo V a velocidade instantânea, V_0 a velocidade inicial (velocidade com que o corpo é lançado para cima a partir do solo), G o módulo da aceleração da gravidade e T o tempo de movimento percorrido até o corpo atingir a altura máxima. Deste modo a equação do movimento se reduz a $H = V_0 - GT^2$; e usando um *loop* a partir de $T=0$ com incrementos determinados podemos calcular o caminho percorrido pelo corpo até atingir o seu ponto mais alto,

O programa “**LancamentoVertical**”, codificado em **C#**, mostra um exemplo que simula o lançamento vertical de um corpo com velocidade inicial de **20 m/s** (cerca de 72 Km/h) até atingir seu ponto máximo, e a **figura 2** mostra a saída do programa.

Nota: Apenas para facilitar os cálculos e a observação na saída o valor da aceleração da gravidade foi arredondado para **10**; valor adotado na maioria das situações e exemplos.



Movimento vertical lançado do solo:

Tempo	Velocidade	Altura
0,00 s	20,00 m/s	0,00 m
0,05 s	19,50 m/s	0,99 m
0,10 s	19,00 m/s	1,95 m
0,15 s	18,50 m/s	2,89 m
0,20 s	18,00 m/s	3,80 m
0,25 s	17,50 m/s	4,69 m
0,30 s	17,00 m/s	5,55 m
0,35 s	16,50 m/s	6,39 m
0,40 s	16,00 m/s	7,20 m
0,45 s	15,50 m/s	7,99 m
0,50 s	15,00 m/s	8,75 m
0,55 s	14,50 m/s	9,49 m
0,60 s	14,00 m/s	10,20 m
0,65 s	13,50 m/s	10,89 m
0,70 s	13,00 m/s	11,55 m
0,75 s	12,50 m/s	12,19 m
0,80 s	12,00 m/s	12,80 m
0,85 s	11,50 m/s	13,39 m
0,90 s	11,00 m/s	13,95 m
0,95 s	10,50 m/s	14,49 m
1,00 s	10,00 m/s	15,00 m
1,05 s	9,50 m/s	15,49 m
1,10 s	9,00 m/s	15,95 m
1,15 s	8,50 m/s	16,39 m
1,20 s	8,00 m/s	16,80 m
1,25 s	7,50 m/s	17,19 m
1,30 s	7,00 m/s	17,55 m
1,35 s	6,50 m/s	17,89 m
1,40 s	6,00 m/s	18,20 m
1,45 s	5,50 m/s	18,49 m
1,50 s	5,00 m/s	18,75 m
1,55 s	4,50 m/s	18,99 m
1,60 s	4,00 m/s	19,20 m
1,65 s	3,50 m/s	19,39 m
1,70 s	3,00 m/s	19,55 m
1,75 s	2,50 m/s	19,69 m
1,80 s	2,00 m/s	19,80 m
1,85 s	1,50 m/s	19,89 m
1,90 s	1,00 m/s	19,95 m
1,95 s	0,50 m/s	19,99 m
2,00 s	0,00 m/s	20,00 m

Figura 2 - Saída do programa “LancamentoVertical”

```

//Autor: Mário Leite
//Em C#
//Data: 22/01/2023
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Threading; //contém a definição do método Sleep() da classe Thread
namespace LancamentoVertical
{
    internal class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            double G = 10.00; //aceleração da gravidade com valor arredondado
            double H, Ho, V, Vo, T, dT;
            int cont = 0;
            Console.WriteLine();
            do {
                Console.Write(" Entre com a velocidade de lançamento [em m/s]: ");
                Vo = double.Parse(Console.ReadLine());
            } while (Vo <= 0);
            Console.WriteLine();
            Console.WriteLine();
            /* Mostra os dados do movimento */
            Console.WriteLine(" Movimento vertical lançado do solo:");
            Console.WriteLine(" -----");
            Console.WriteLine("      Tempo      Velocidade      Altura");
            Ho = 0; // lançamento do solo
            dT = 0.0;
            V = Vo;
            while (V > 0)
            {
                cont++;
                V = Vo - G * dT;
                H = Ho + Vo * dT - 0.5 * G * (dT*dT);
                var VS = String.Format("{0:0.00}", V); //formata em quatro decimais
                var HS = String.Format("{0:0.00}", H); //formata em quatro decimais
                var dTS = String.Format("{0:0.00}", dT); //formata em quatro decimais
                /* Verifica formatação conveniente para exibição */
                if(dT < 10.00)
                    Console.Write("      " + dTS + " s");
                else
                    Console.Write("      " + dTS + " s");
                if (cont == 21) //para acertar a formatação
                {
                    Console.Write("      " + VS + " m/s");
                }
                else
                {
                    if (V < 10.00)
                        Console.Write("      " + VS + " m/s");
                    else
                        Console.Write("      " + VS + " m/s");
                }
                if (H < 10.00)
                    Console.Write("      " + HS + " m");
                else
                    Console.Write("      " + HS + " m");
                dT = dT + 0.05; //intervalo de tempo de 0.05 segundos
                Console.WriteLine();
                Thread.Sleep(500); //faz uma pausa de meio segundo
            }
            Console.ReadKey();
        } //fim do método principal
    } //fim da classe
} //fim do programa

```