

Corpo em Queda Livre - I

Mário Leite

...

Nesta postagem trataremos de um assunto que é a paixão de quase todos os estudantes de Física, ou dos que simplesmente gostam dela: o chamado **MUV** (**M**ovimento **U**niformemente **V**ariado). Conforme é sabido da Física Clássica, neste tipo de movimento o módulo da velocidade instantânea do corpo varia com o tempo (aumenta ou diminui) de um mesmo valor; isto é, sua aceleração é constante. E um caso particular deste tipo de movimento é a Queda Livre de um corpo sob a aceleração da gravidade \vec{G} , com módulo constante médio de aproximadamente 9.80665 m/s^2 . Neste caso, o módulo (valor numérico) de seu *vetor-velocidade* \vec{V} aumenta de 9.80665 m/s em cada segundo à medida que ele “cai”. A equação da segunda Lei de Newton: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ diz que “a *força exercida sobre um corpo é igual ao produto de sua massa pela aceleração produzida*. As setinhas indicam “grandeza vetorial”, pois além do *módulo* também possui: *direção, sentido e ponto de aplicação*. No caso de queda livre essa força é o peso do corpo (força com que a Terra o atrai); na forma vetorial podemos escrever: $\vec{P} = m \cdot \vec{G}$, e na forma modular (sem as setinhas) $P = m \cdot G$, com P medido em N [Newton], m em [Kg] e G em [m/s^2].

A **figura 1** mostra um esquema de movimento de um corpo de massa m ao ser abandonado de uma distância H da superfície da Terra e sob a ação da gravidade G , durante um intervalo de tempo T . Antes de ser abandonado o corpo possui somente energia armazenada (Energia Potencial - E_p) capaz de realizar um trabalho mecânico SE ele se deslocar de uma distância qualquer, com $E_p = m \cdot G \cdot H$. E de acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica essa energia em potencial TEM que ser conservada em qualquer outra situação em que o corpo estiver futuramente. Assim, ao iniciar o movimento de queda livre a distância ao solo vai diminuindo e essa energia vai diminuindo também; MAS à medida que a fração da E_p vai sendo “perdida” essa mesma fração vai se transformando em energia de movimento: Energia Cinética E_c , definida na expressão $E_c = 0.5 \cdot m \cdot V^2$, de modo que a energia total E_t seja conservada; então $E_t = E_p + E_c$, (desprezando a resistência do ar que poderia gerar alguma energia na forma de calor). Assim, ao tocar o solo a energia total do corpo é apenas Energia Cinética. E igualando as duas expressões das energias podemos deduzir a equação do movimento em queda livre do seguinte modo:

$$m \cdot G \cdot H = 0.5 \cdot m \cdot V^2 \implies \text{fazendo as simplificações: } \cancel{m} \cdot G \cdot H = 0.5 \cdot \cancel{m} \cdot V^2 \implies H = (0.5 \cdot V^2) / G$$

Mas, sendo o movimento do tipo **MUV** podemos definir a velocidade na queda como: $V = G \cdot T$

$$\text{Fazendo as devidas substituições teremos: } H = [0.5 \cdot (G \cdot T)^2] / G = 0.5 \cdot \cancel{G} \cdot G \cdot T^2 / \cancel{G}$$

$$\text{E finalmente teremos a equação do movimento em Queda Livre: } H = 0.5 \cdot G \cdot T^2$$

Uma observação muito importante que nos deixa atônitos: sem resistência do ar dois corpos de massas diferentes (por exemplo, uma bolinha de papel e um bloco de aço) abandonados de uma mesma altura chegam ao solo ao mesmo tempo e com velocidades iguais. Você pode até duvidar, mas a equação acima garante isto. Desprezando a resistência do ar, o movimento de Queda Livre de um corpo não depende de sua massa!

A **figura 2** mostra o nosso programa em ação: no canto mais à esquerda do formulário a parábola descrita pelo corpo em queda (vista por um observador terrestre), mais ao centro o corpo em queda (visto por alguém que o abandonou) e no canto superior direito a análise dos parâmetros do movimento: **tempos de queda, velocidades instantâneas e distâncias percorridas** pelo corpo. Na codificação em **VB6** foi preciso fazer alguns ajustes para que toda a ação pudesse ser mostrada dentro da configuração de vídeo usada e tipo de processador (no caso, Intel Core i3 - 7100 3.91GHz). Deste modo foram considerados, convenientemente, alguns valores: tempo de queda de no máximo **3.41s** com incremento de apenas **0.0097s** e a parcela **22** (no termo *Corpo.Top+22*) para sincronizar a descida do corpo com o traçado da parábola. Além destes valores foi introduzida uma linha de código com a instrução **Sleep(5)** para “frear” o movimento de descida do corpo a cada **5** milissegundos de maneira a ser possível observá-lo mais suavemente; caso contrário, sem este artifício, a queda seria muito brusca e não daria para observar o movimento; portanto, se for utilizado outro *hardware* possivelmente estes dados terão que ser modificados.

Um clique no botão **[Iniciar]** dispara o movimento de queda do corpo com a execução da *procedure-evento* **Sub CmdIniciar_Clik()**; clicando no botão **[Finalizar]** a aplicação é encerrada, incondicionalmente, executando **Sub CmdFinalizar_Click()**.

De qualquer forma, com esta simples aplicação é possível comprovar, entre outras coisas, que a velocidade instantânea do corpo aumenta durante a sua queda, independentemente de sua massa; o que nos leva a entender por que dois corpos de massas diferentes abandonados de uma mesma altura em um mesmo momento, chegam ao solo ao mesmo tempo e com as mesmas velocidades (desprezando a resistência do ar). E com relação ao tipo de curva descrita pelo corpo na queda, embora a equação represente uma parábola com concavidade para cima do tipo $Y = kx^2$ (sendo k uma constante positiva) a **figura 2** mostra a parábola do movimento com a concavidade voltada para baixo! Na realidade não existe nenhuma contradição entre a dedução matemática da equação do movimento e o fenômeno físico observado; o que acontece é que o sistema de coordenadas usado pelo VB6 adota como origem do eixo Y (tratada por nós como H) a linha superior do vídeo, aumentando no sentido de cima para baixo, e por isto a concavidade da curva é voltada para baixo; o que, aliás, é esta a trajetória do corpo vista por um observador na Terra num referencial inercial.

Nota: A codificação foi feita em **VB6** apenas para mostrar aos programadores que, embora esta linguagem seja considerada “velha” e “ultrapassada” por alguns, ainda pode ser utilizada para criar boas aplicações.

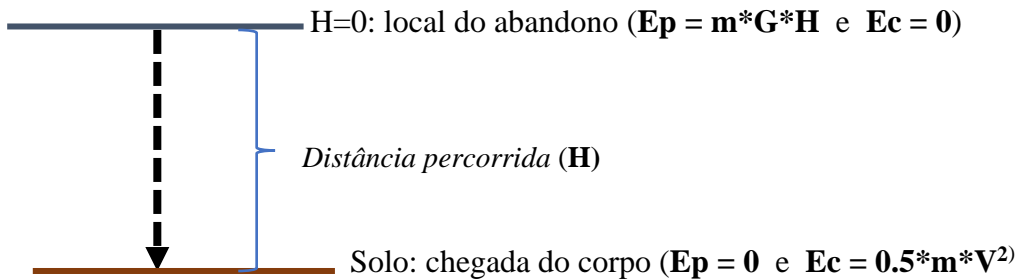


Figura 1- Situação do corpo

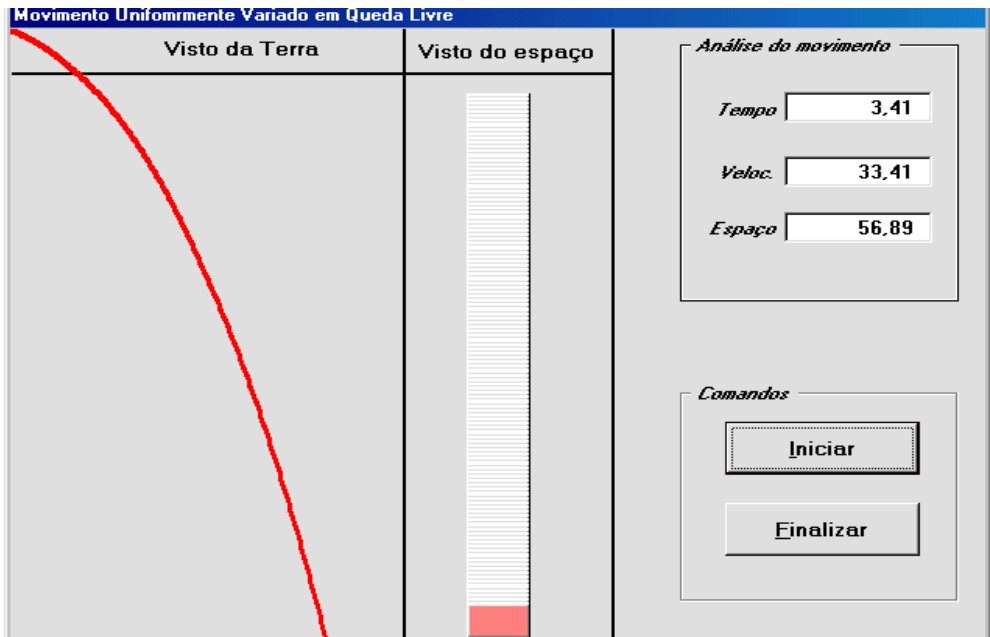
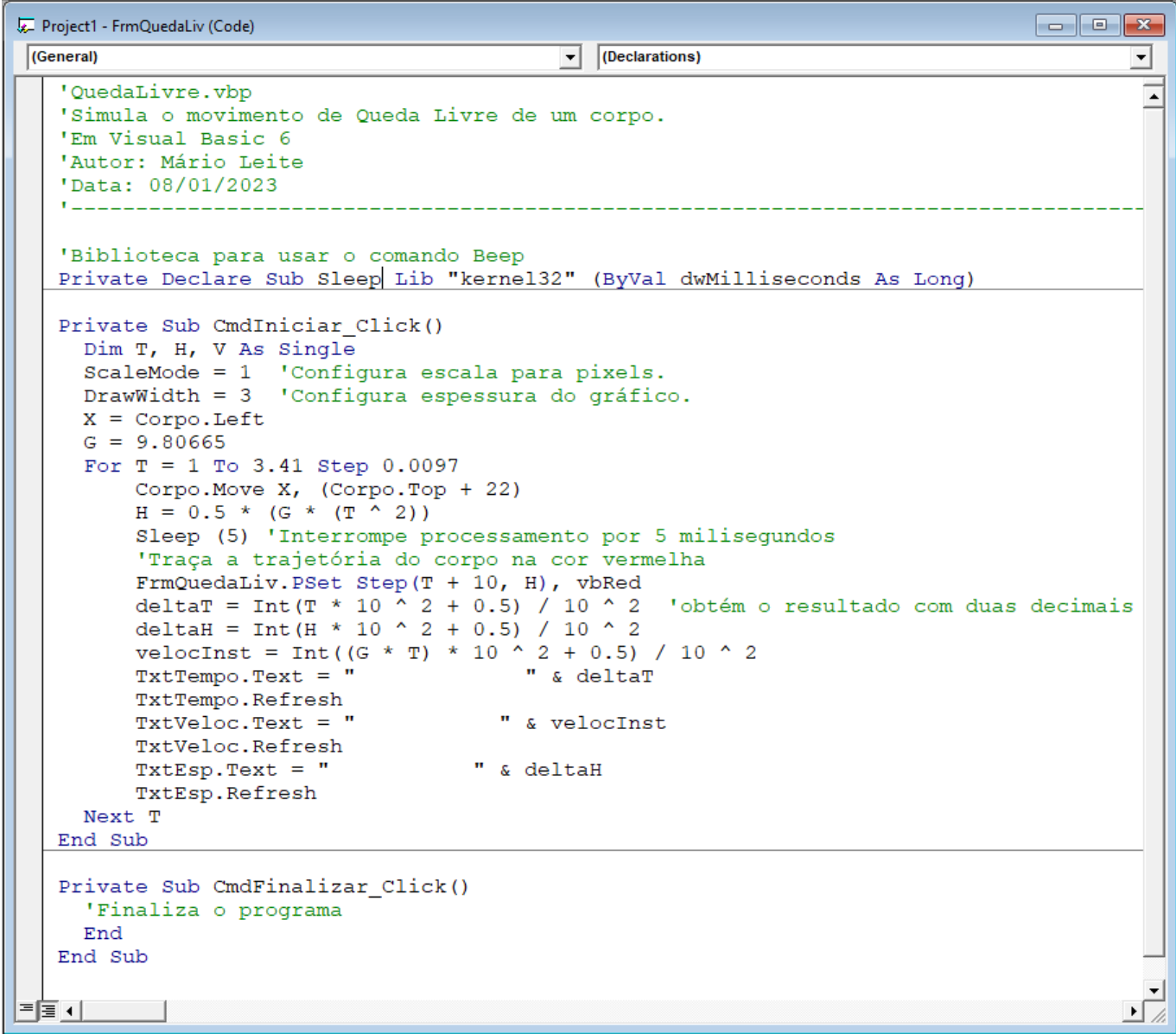


Figura 2 - Análise do movimento do corpo em Queda Live: saída do programa

Código-fonte do programa no Editor do VB 6



```
'QuedaLivre.vbp
'Simula o movimento de Queda Livre de um corpo.
'Em Visual Basic 6
'Autor: Mário Leite
'Data: 08/01/2023
'-----

'Biblioteca para usar o comando Beep
Private Declare Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal dwMilliseconds As Long)

Private Sub CmdIniciar_Click()
    Dim T, H, V As Single
    ScaleMode = 1 'Configura escala para pixels.
    DrawWidth = 3 'Configura espessura do gráfico.
    X = Corpo.Left
    G = 9.80665
    For T = 1 To 3.41 Step 0.0097
        Corpo.Move X, (Corpo.Top + 22)
        H = 0.5 * (G * (T ^ 2))
        Sleep (5) 'Interrompe processamento por 5 milissegundos
        'Traça a trajetória do corpo na cor vermelha
        FrmQuedaLiv.PSet Step(T + 10, H), vbRed
        deltaT = Int(T * 10 ^ 2 + 0.5) / 10 ^ 2 'obtem o resultado com duas decimais
        deltaH = Int(H * 10 ^ 2 + 0.5) / 10 ^ 2
        velocInst = Int((G * T) * 10 ^ 2 + 0.5) / 10 ^ 2
        TxtTempo.Text = "          " & deltaT
        TxtTempo.Refresh
        TxtVeloc.Text = "          " & velocInst
        TxtVeloc.Refresh
        TxtEsp.Text = "          " & deltaH
        TxtEsp.Refresh
    Next T
End Sub

Private Sub CmdFinalizar_Click()
    'Finaliza o programa
    End
End Sub
```