

Introdução ao Fortran 90 - 8

Alexandre Diehl

Departamento de Física – UFPel

Um foguete é lançado verticalmente e sobe com uma aceleração constante de 20 m/s^2 durante um minuto. O seu combustível acaba e ele continua a mover-se como uma partícula em queda livre.

Faça um programa em FORTRAN90 que permita obter a posição y , a velocidade v e a aceleração a do foguete, de forma iterativa, desde o ponto de lançamento até o ponto em que o foguete volta para o solo. O programa dever ter as seguintes características:

- O programa deve conter estruturas do tipo condicional IF e de repetição DO.
- A saída deve apresentar o tempo t , a posição y , a velocidade v e a aceleração a .

1ª tentativa (código `foguete.f90`)

```
PROGRAM Foguete
  IMPLICIT NONE
  REAL :: y, y0, v, v0, a, t
  REAL, PARAMETER :: g = 9.81

  t = 0.0
  a = 20.0
  v0 = 0.0
  y = 0.0
  t = t + 0.01
  v = a*t
  y = (a*t**2)/2

  [... 1 ...]
```

```
[... 1 ...]

DO WHILE (y > 0)
  t = t + 0.01
  IF (t <= 60) THEN
    v = a*t
    y = (a*t**2)/2
    v0 = v
    y0 = y
  ELSE
    y = y0 + v0*t - (g*t**2)/2
    v = v0 - g*t
  END IF
END DO

[... 2 ...]
```

1ª tentativa (código `foguete.f90`)

```
PROGRAM Foguete
  IMPLICIT NONE
  REAL :: y, y0, v, v0, a, t
  REAL, PARAMETER :: g = 9.81

  t = 0.0
  a = 20.0
  v0 = 0.0
  y = 0.0
  t = t + 0.001
  v = a*t
  y = (a*t**2)/2

  [... 1 ...]
```

```
[... 2 ...]

  t = t + 60
  PRINT*, y, v, a, t
  PRINT*, "Altura_=", y, "m"
  PRINT*, "Velocidade_=", v, "m/s"
  PRINT*, "Aceleracao_=", -g, "m/s^2"
  PRINT*, "Tempo_=", t, "s"

END PROGRAM Foguete
```

1ª tentativa (código `foguete.f90`)

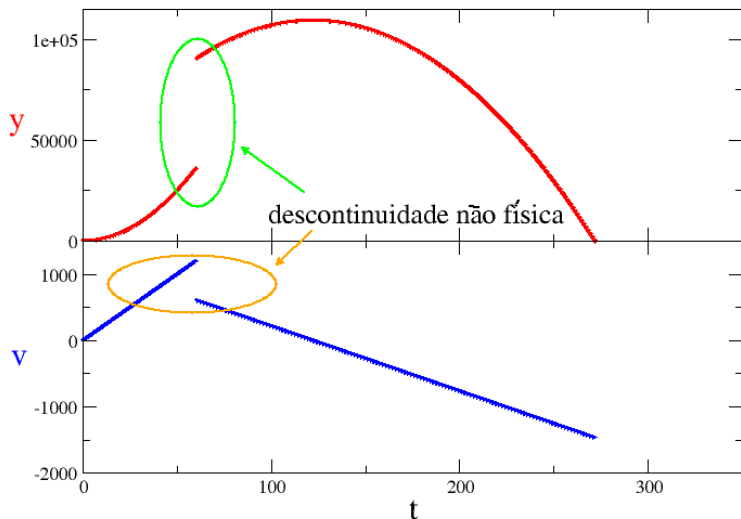
- compilação do código `foguete.f90`, com produção do executável `a.out`
- execução do `a.out`

```
diehl@lua:~/Documents/ensino/UFPEL/prog_comput_fisica/tarefa20162/...$ gfortran foguete.f90
diehl@lua:~/Documents/ensino/UFPEL/prog_comput_fisica/tarefa20162/...$ ./a.out
-1.40625000    -1465.03357    20.0000000    331.664276
Altura = -1.40625000    m
Velocidade = -1465.03357    m/s
Aceleração = -9.81000042    m/s2
Tempo = 331.664276    s
diehl@lua:~/Documents/ensino/UFPEL/prog_comput_fisica/tarefa20162/...$
```

Problemas do código:

- 1 Não é possível acompanhar a evolução temporal do foguete:
→ comando `PRINT*`, `y`, `v`, `a`, `t` colocado fora do laço `DO WHILE`
- 2 Não é possível acompanhar a evolução temporal da aceleração.
- 3 Após `t = 60` o código produz uma *descontinuidade não física* na posição `y` e velocidade `v` do foguete: o tempo `t` deve ser modificado.

1ª tentativa (código `foguete.f90`)

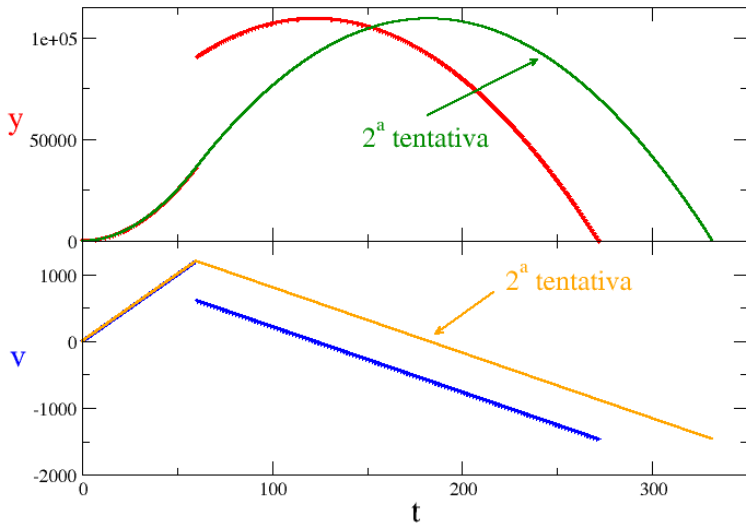


2ª tentativa (código `foguete.f90`)

Corrigindo **descontinuidade não física** em $t = 60$:

```
[... 1 ...]  
  
DO WHILE (y > 0)  
  PRINT*, t, y, v  
  t = t + 0.01  
  IF (t <= 60) THEN  
    v = a*t  
    y = (a*t**2)/2  
    v0 = v  
    y0 = y  
  ELSE  
    y = y0 + v0*(t-60) - (g*(t-60)**2)/2  
    v = v0 - g*(t-60)  
  END IF  
END DO  
  
END PROGRAM Foguete
```

2ª tentativa (código `foguete.f90`)



3ª tentativa (código `foguete.f90`)

Usando *forma iterativa*, com um incremento de tempo `dt`:

```
PROGRAM Foguete
  REAL :: y, v, a, t
  REAL, PARAMETER :: g = 9.81
  REAL, PARAMETER :: dt = 0.01

  t = 0.0
  a = 20.0
  v = 0.0
  y = 0.0

  PRINT*, t, y, v, a

  y = y + v*dt + a*dt**2/2.0
  v = v + a*dt
  t = t + dt

  [... 1 ...]
```

```
[... 1 ...]

DO WHILE (y > 0.0)
  PRINT*, t, y, v, a
  t = t + dt
  IF (t > 60.0) THEN
    a = -g
  END IF
  y = y + v*dt + a*dt**2/2.0
  v = v + a*dt
END DO

END PROGRAM Foguete
```

4ª tentativa (código `foguete.f90`)

```
PROGRAM Foguete
  REAL :: y, v, a, t
  REAL, PARAMETER :: g = 9.81
  REAL, PARAMETER :: dt = 0.01

  t = 0.0
  a = 20.0
  v = 0.0
  y = 0.0

  [... 1 ...]
```

```
[... 1 ...]
DO WHILE (y >= 0.0)
  PRINT*, t, y, v, a
  t = t + dt
  IF (t > 60.0) THEN
    a = -g
  END IF
  y = y + v*dt + a*dt**2/2.0
  v = v + a*dt
END DO
END PROGRAM Foguete
```

Problemas do código:

- 1 O uso de precisão simples (**REAL**) não produzirá os valores obtidos da **solução analítica!**

4ª tentativa (código `foguete.f90`)

Valores analíticos:

$$v_B = v_{60 \text{ segundos}} = 1200 \text{ m/s} \quad v_{\text{solo}} \approx -1465.032423 \text{ m/s}$$

tempo de vôo:

$$t_{\text{vôo}} = 60 + \frac{v_B}{g} + \frac{v_{\text{solo}}}{g} \approx 331.6648749 \text{ s}$$

```
331.602325      114.808334      -1464.47180      -9.81000042
331.612335      100.163132      -1464.56995      -9.81000042
331.622345      85.5169449      -1464.66809      -9.81000042
331.632355      70.8697739      -1464.76624      -9.81000042
331.642365      56.2216187      -1464.86438      -9.81000042
331.652374      41.5721851      -1464.96252      -9.81000042
331.662384      26.9223690      -1465.06067      -9.81000042
331.672394      12.2712727      -1465.15881      -9.81000042
diehl@lua:~/Documents/ensino/UFPEL/prog_comput_fisica/tarefa20162/
```

5ª tentativa (código `foguete.f90`)

Usando precisão dupla (`REAL(8)`):

```
PROGRAM Foguete
  REAL(8) :: y, v, a, t
  REAL(8), PARAMETER :: g = 9.81
  REAL(8), PARAMETER :: dt = 0.01

  t = 0.0
  a = 20.0
  v = 0.0
  y = 0.0

  [... 1 ...]
```

```
[... 1 ...]
DO WHILE (y >= 0.0)
  PRINT*, t, y, v, a
  t = t + dt
  IF (t > 60.0) THEN
    a = -g
  END IF
  y = y + v*dt + a*dt**2/2.0
  v = v + a*dt
END DO
PRINT*, t, y, v
END PROGRAM Foguete
```

5ª tentativa (código `foguete.f90`)

Valores analíticos:

$$v_B = v_{60 \text{ segundos}} = 1200 \text{ m/s} \quad v_{\text{solo}} \approx -1465.032423 \text{ m/s}$$

tempo de vôo:

$$t_{\text{vôo}} = 60 + \frac{v_B}{g} + \frac{v_{\text{solo}}}{g} \approx 331.6648749 \text{ s}$$

```
331.59999258816242      95.007718981769486      -1464.3960812362302      -9.8100004196166992
331.60999258793890      80.363267996726151      -1464.4941812382338      -9.8100004196166992
331.61999258771539      65.717836011684710      -1464.5922812402373      -9.8100004196166992
331.62999258749187      51.073446011684710      -1464.6904812422408      -9.8100004196166992
331.63999258726835      36.424029041607518      -1464.7884812442444      -9.8100004196166992
331.64999258704484      21.775654056571760      -1464.8865812462479      -9.8100004196166992
331.65999258682132      7.1262980715378932      -1464.9846812482515      -9.8100004196166992
331.66999258659780      -7.5240389134940830      -1465.0827812502550      -9.8100004196166992
diehl@lua:~/Documents/ensino/UFPEL/prog_comput_fis1ca/tarefa20162
```