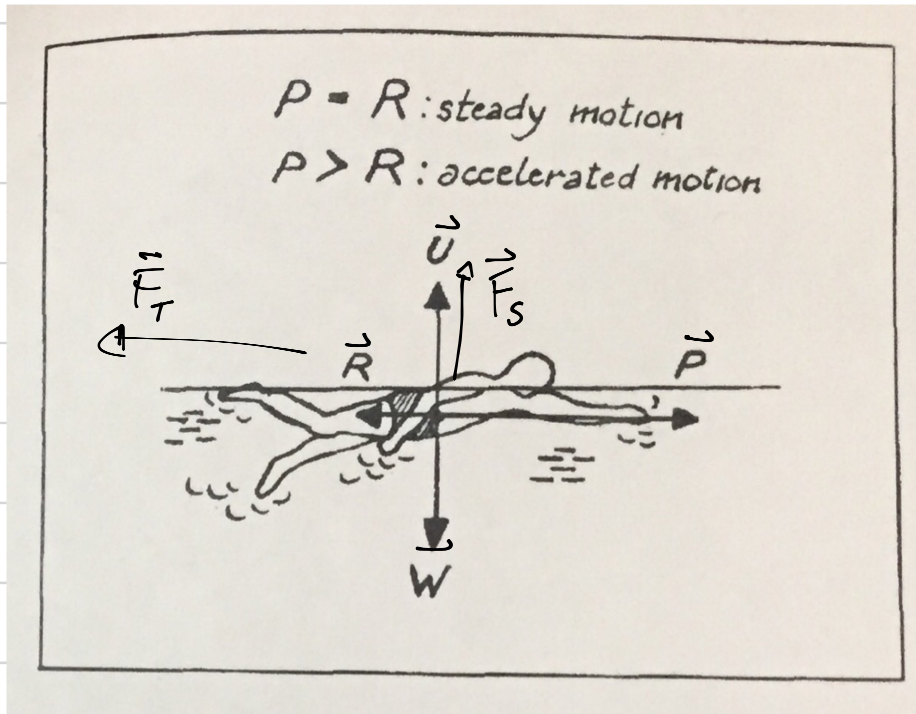
Natação



$\vec{P}$ = Propulsão

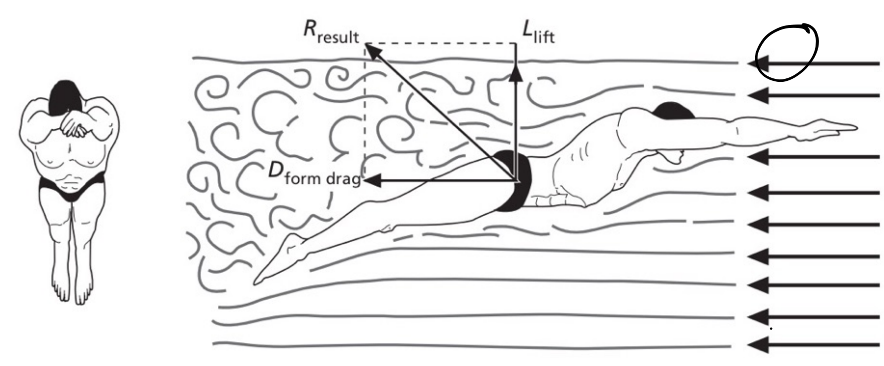
$\vec{W}$ = Peso do nadador

$\vec{R}$ = Força resistiva

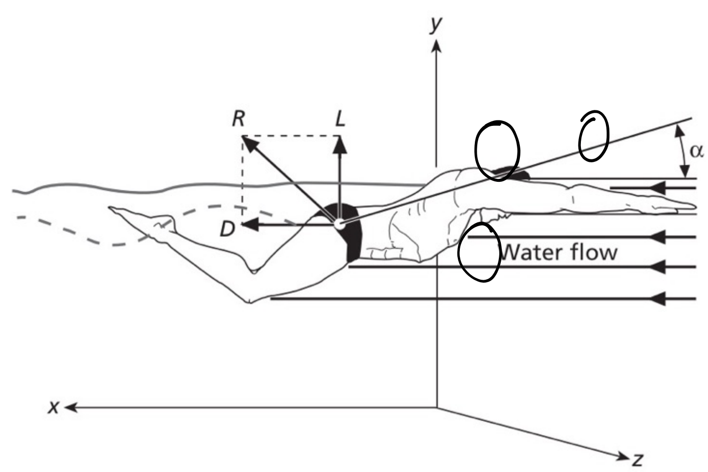
$\vec{U}$ = Empuxo

$\vec{F}_S$ = Força de sustentação

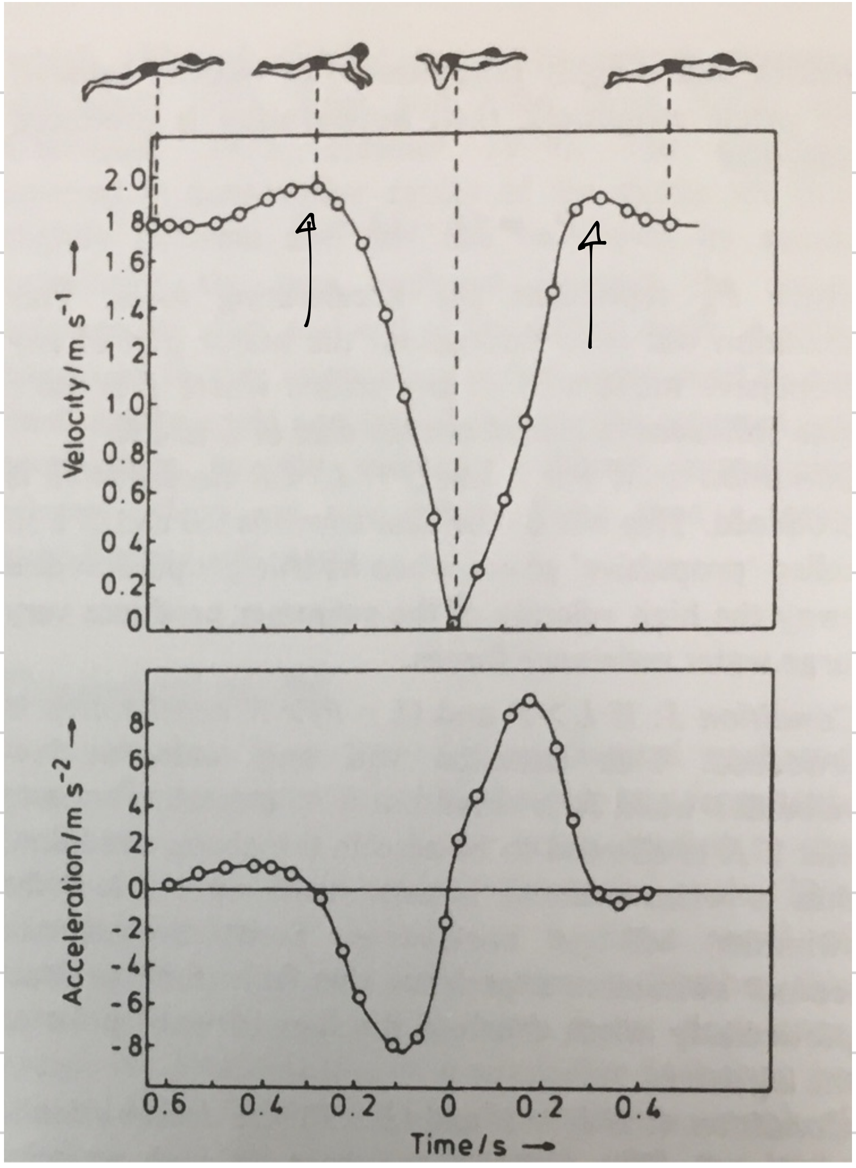
$\vec{F}_T$ = Força resistiva devido ao turbilhonamento

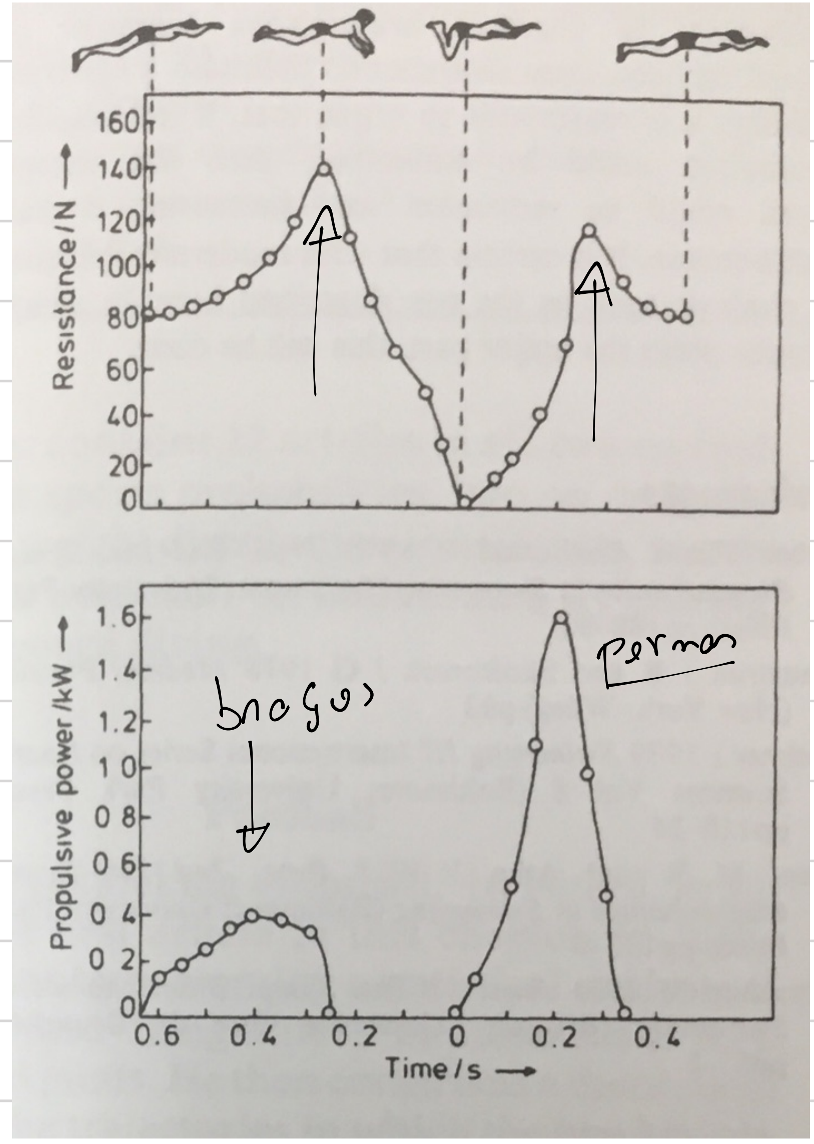


(a)



(b)





Fator de Flutuabilidade (B)

[Ref: The Mechanics of Swimming and Diving
autor R. L. Page]

$B = \frac{|E|}{|P|}$ E = empuxo

P = peso

$E = m_{H_2O} \cdot g$ $\rho_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{V_{H_2O}}$

$$\boxed{E = \rho_{H_2O} \cdot V_{H_2O} \cdot g}$$

V_{H_2O} = Volume de água deslocado pelo corpo mergulhado

$P = m_c \cdot g$

m_c = massa do corpo

$\rho_c = \frac{m_c}{V_c}$

$$B = \frac{E}{P} = \frac{\rho_{H_2O} \cancel{V_{H_2O}} \cancel{g}}{\rho_c \cdot \cancel{V_c} \cdot \cancel{g}}$$

Se o corpo estiver totalmente mergulhado na água $V_{H_2O} = V_c$

ainda $\rho_{H_2O} = 1 \; g/cm^3$

$$\boxed{B = \frac{1}{\rho_c}}$$

— x — x — x —

$\rho_{corpo} \simeq 1{,}10 \; g/cm^3$ (atleta) - pouco gordura

$\simeq 0{,}95 \; g/cm^3$ (comum)

— x — x — x — x —

Corpo = carne + gordura + osso + água + gases

carne $\to 1{,}1 \; g/cm^3$, gordura $\to 0{,}9 \; g/cm^3$, osso $\to 1{,}2 \; g/cm^3$, água $\to 1 \; g/cm^3$, gases $\to 1 \; Kg/m^3$ = $10^{-3} \; g/cm^3$

— x — x —

ultra maratonista $\Rightarrow$ não tem gordura

— x — x — x —

Métodos pr calcular a densidade do corpo Humano

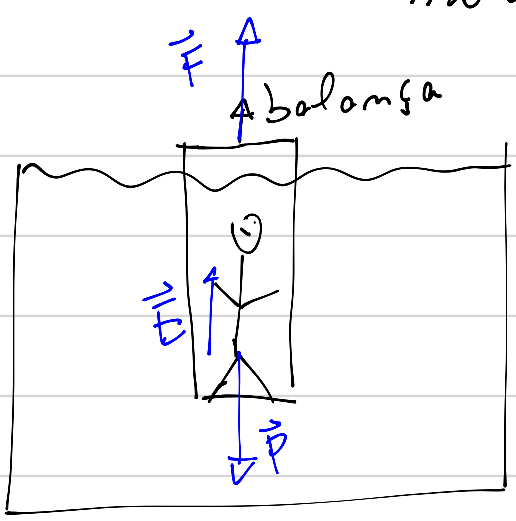
1º método : $\rho_c = \frac{m_c}{V_c}$

$m_c \to$ peso numa balança

$V_c \to$ tanque de água graduado

— x — x — x —

2º método: utilizar uma balança de mola (dinamómetro)



$\vec{F}$ = Registro da balança

Σ forças $= 0$

$\vec{F} + \vec{E} + \vec{P} = 0$

$F + E - P = 0$

P → mensurável

F → mensurável

Lembrando: $\boxed{\rho_c = ?}$

$\boxed{E = P - F}$

$\rho_{H_2O} V_c\, g = m_c\, g - F$

$\rho_c = \dfrac{m_c}{V_c}$

$\rho_{H_2O} \left(\dfrac{m_c}{\rho_c}\right) g = m_c\, g - F$

$$\boxed{\rho_c = \frac{\rho_{H_2O} \cdot m_c \cdot g}{m_c\, g - F}}$$

F ⇒, m_c ⇒ mensurável

$\rho_{H_2O} = 1\, g/cm^3$

$g = 9{,}8\, m/s^2$

——— × ——— × ——— × ———

a) Se $F = 0$
$B = 1$

$$\boxed{B = \frac{E}{P} = \frac{P-F}{P} = 1 - \frac{F}{P}}$$

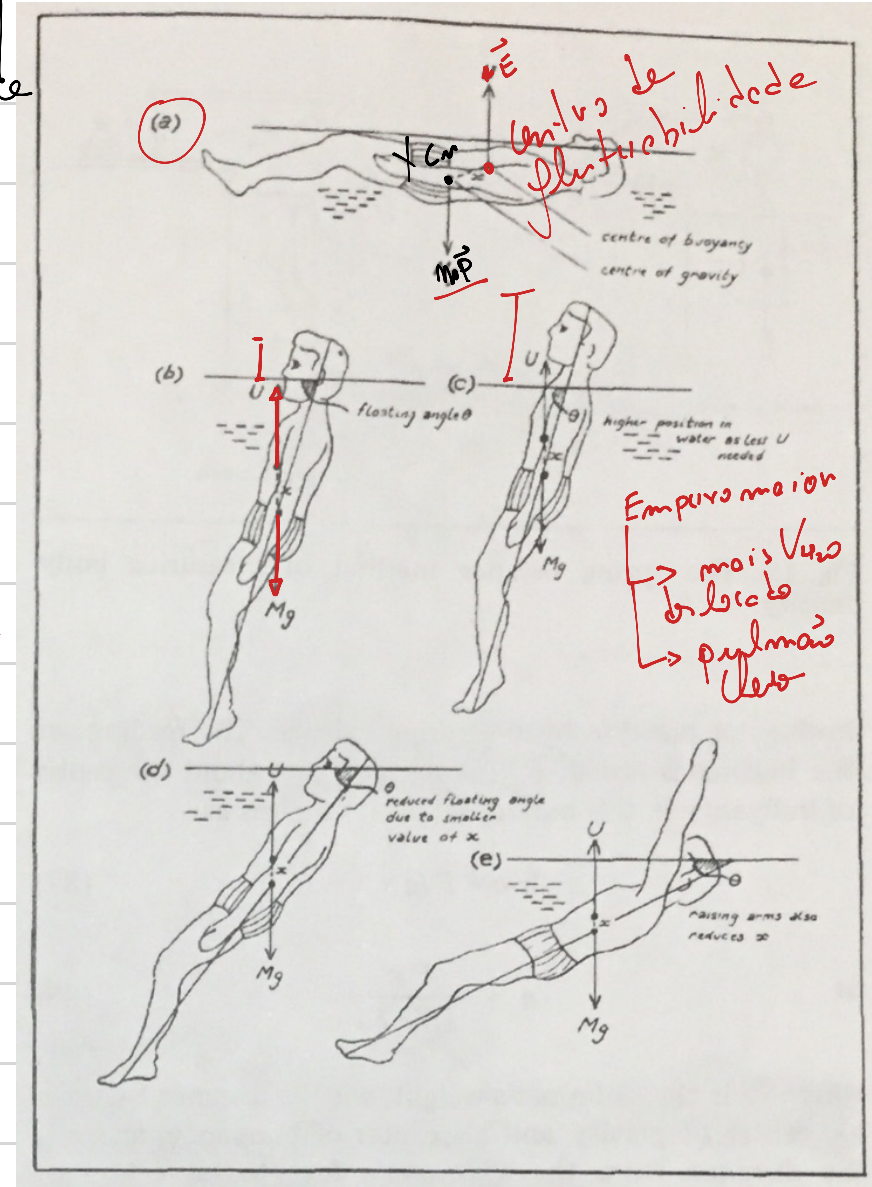
b) Se $F > 0$ afundar
$B < 1$

c) Se $F < 0$ flutuar
$B > 1$

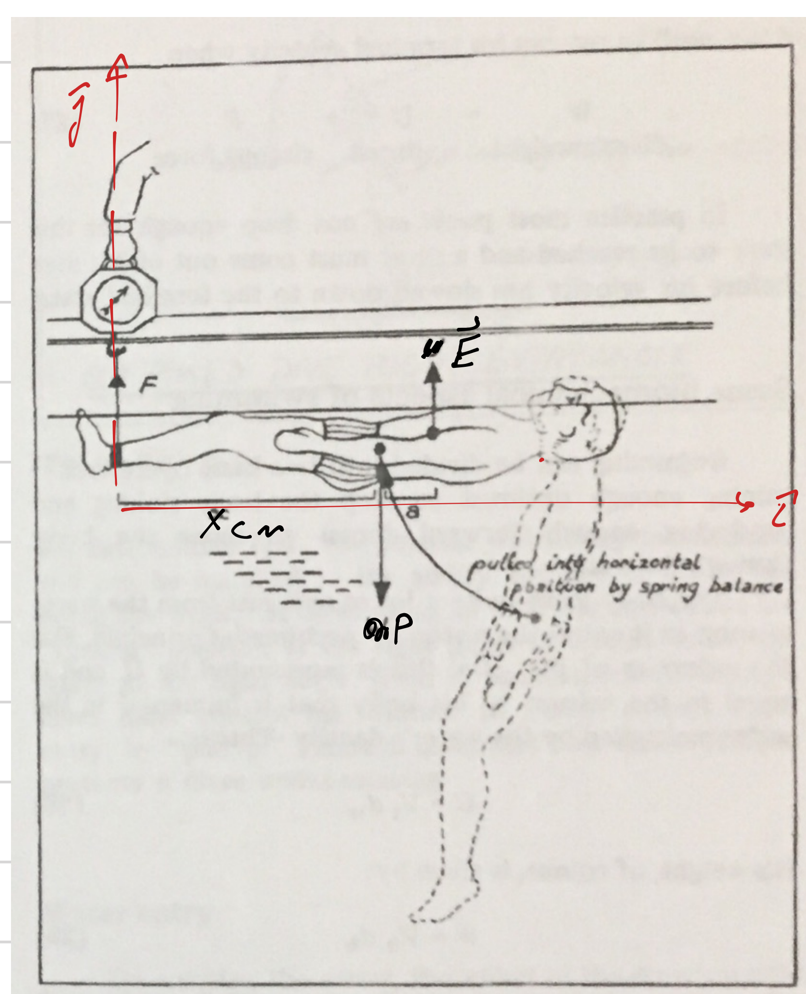
——— × ——— × ——— × ———

Centro de flutuabilidade

é o ponto de aplicação o Vetor empuxo ($\vec{E}$) que está relacionado com a distribuição do volume de água deslocado

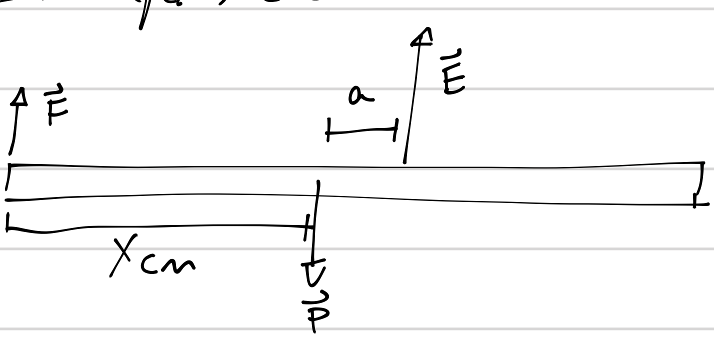


Cálculo do centro de Flutuabilidade



Σ forças $= 0$

Σ torques $= 0$



$$\boxed{F + E - P = 0}$$

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

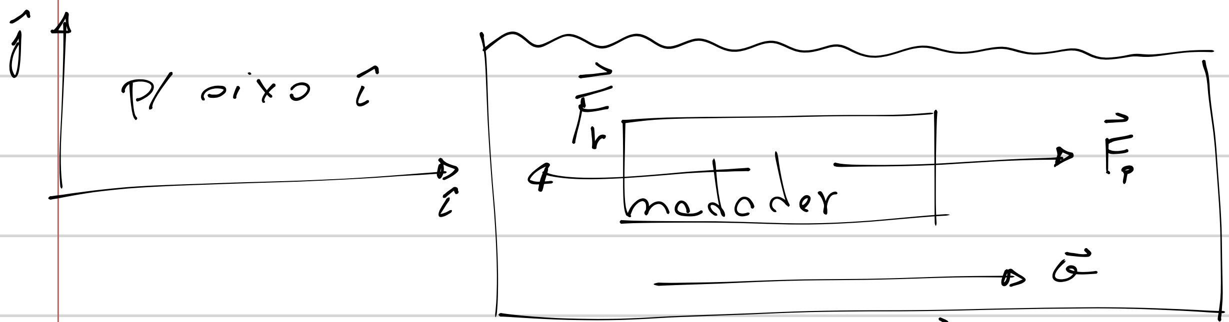
$$0 \cdot (F) + X_{cm}(-P) + (X_{cm} + a)E = 0$$

$$-P X_{cm} + E X_{cm} + E a = 0$$

$$E a = (P - E) X_{cm}$$

$$\boxed{a = \left(\frac{P-E}{E}\right) X_{cm}}$$

Cálculo da Velocidade do nadador



$F_p - F_r = m \cdot a$

$\vec{F}_r = -\frac{1}{2} C_D A \rho v^2 \hat{i}$

p/ nossas aproximações

$\boxed{F_r = \frac{1}{2} A v^2}$

C_D = Coeficiente de arrasto = 1
A = Seção de área transversal
ρ = da água $\rho = 1\ g/cm^3$
v = velocidade

quando parar de gerar F_p, temos $F_p = 0$

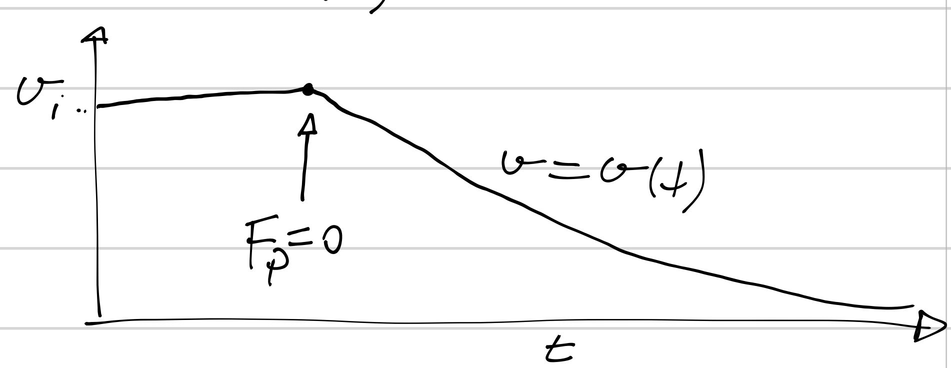
$$-F_r = m \frac{dv}{dt} = -\frac{1}{2} A v^2$$

$$\int_{v_i}^{v} \frac{dv}{v^2} = \frac{-A}{2m} \int_0^t dt$$

v_i = velocidade inicial
→ constante inicial

$$-\frac{1}{v}\Big|_{v_i}^{v} = \frac{-A}{2m} t \Big|_0^t$$

$v = v(t)$



$$-\frac{1}{v} - \left(-\frac{1}{v_i}\right) = -\frac{A}{2m} t$$

$$\frac{1}{v_i} - \frac{1}{v} = \frac{-A}{2m} t$$

$$\boxed{\frac{1}{v} = \frac{1}{v_i} + \frac{A}{2m} t}$$

$$\frac{1}{v_i}\left(1 - \frac{v_i}{v}\right) = \frac{-A}{2m} t \Longrightarrow \left(1 - \frac{v_i}{v}\right) = \frac{-A v_i}{2m} t$$

$$\frac{v_i}{v} = 1 + \frac{A v_i}{2m} t$$

$$v = \frac{v_i}{1 + \frac{A v_i}{2m} t}$$

$$\boxed{v = \frac{dx}{dt}}$$

$$\boxed{x = x(t)}$$

$$\boxed{x(t) = x_0 + \frac{2m}{A} \ln\left[1 + \frac{A v_i}{2m} t\right]}$$