

Atividade 3: Comprimento máximo do trem

Entrega até: ver no Google Classroom

Nesta aula prática, você deverá usar um valor ε para determinar valores dos parâmetros usados nos problemas. Para encontrar ε , use a equação:

$$\varepsilon = \begin{cases} +[(8121 \cdot X + 24411) \bmod 1000003] \cdot 10^{-6}, & \text{se o seu número USP for ímpar,} \\ -[(8121 \cdot X + 24411) \bmod 1000003] \cdot 10^{-6}, & \text{se o seu número USP for par;} \end{cases}$$

em que X é seu número USP. Por exemplo, para o número USP 8215658, $X = 8215658$ e

$$\varepsilon = -[(8121 \times 8215658 + 24411) \bmod 1000003] \cdot 10^{-6} \Rightarrow$$

$$\varepsilon = -[66719358618 \bmod 1000003] \cdot 10^{-6} = -0,182872.$$

A $\bmod B$ é o resto da divisão de A por B ; numa planilha, a fórmula é =MOD(número;divisor).

Nesta aula prática, você deverá montar uma planilha para determinar o tamanho máximo uma composição ferroviária formada por N_L locomotivas e N_V vagões, considerando as características das locomotivas e dos vagões e o trecho ao longo do qual o trem irá viajar.

A composição será formada por N_L locomotivas EESC L-36ACe rebocando o maior número possível de vagões plataforma PDD carregados. A tabela anexa fornece os dados das locomotivas e dos vagões.

A rampa máxima no trecho percorrido é i_{\max} . Inicialmente, adote $i_{\max} = 2\%$, mas esse valor deve ser um parâmetro de entrada na planilha.

Os passos para determinar o comprimento máximo do trem são:

1. Calcular a força motriz máxima $F_{t_{\max}}$ e a velocidade V_{\min} da locomotiva quando se produz a força motriz máxima:

$$F_{t_{\max}} = \min \begin{cases} TE \text{ máximo contínuo} & (\text{limite da } i_{\max}) \\ f T_d & (\text{limite da aderência}) \end{cases}$$

como

$$F_{t_{\max}} = \eta 3,6 \frac{P_{\max}}{V_{\min}} \Rightarrow V_{\min} = \eta 3,6 \frac{P_{\max}}{F_{t_{\max}}}$$

2. Calcular a resistência total de um vagão $R_V(V_{\min})$ e de uma locomotiva $R_L(V_{\min})$ viajando na rampa máxima com velocidade V_{\min} :

$$R_L(V_{\min}) = R_{t_L}(V_{\min}) + R_{g_L}(i_{\max})$$

$$R_V(V_{\min}) = R_{t_V}(V_{\min}) + R_{g_V}(i_{\max}),$$

em que $R_t(V_{\min})$ é a resistência inerente (resistência de rolamento + resistência do ar) do veículo na velocidade V_{\min} ; e $R_g(i_{\max})$ é a resistência de rampa do veículo no auge mais íngreme do trecho.

3. Calcular quantos vagões (n_v) uma locomotiva é capaz de rebocar viajando em V_{\min} num auge i_{\max} :

$$F_{t_{\max}} = R_L(V_{\min}) + n_v \cdot R_V(V_{\min}) \Rightarrow n_v = \frac{F_{t_{\max}} - R_L(V_{\min})}{R_V(V_{\min})}$$

4. Calcular quantos vagões (N_V) o engate suporta no auge crítico:

$$F_{eng_{\max}} \geq N_V \cdot R_V(V_{\min}) \Rightarrow N_V = \frac{F_{eng_{\max}}}{R_V(V_{\min})}$$

em que N_V é o número máximo de vagões no trem. Lembre-se que N_V deve ser um número inteiro.

5. Calcular o número de locomotivas (N_L) necessário para rebocar N_V vagões viajando em V_{\min} no aclave crítico:

$$N_L = \frac{N_V}{n_v} \text{ ou seja, } N_L = \frac{\text{vagões no trem}}{\text{vagões rebocados por uma locomotiva}}$$

Lembre-se que N_L também deve ser um número inteiro.

6. Verificar se o trem é capaz de reiniciar o movimento no aclave crítico:

$$F_t = N_L \cdot F_{t_{\max}} > N_L R_L(V \approx 0) + N_V \cdot R_V(V \approx 0),$$

ou seja, na partida ($V \approx 0$), a força motriz total do trem ($N_L \cdot F_{t_{\max}}$) deve ser maior que a resistência total do trem [$N_L R_L(V \approx 0) + N_V \cdot R_V(V \approx 0)$].

A resposta para essa atividade deve indicar:

- A maior composição que pode viajar num aclave de 2%.
- A velocidade máxima de cruzeiro dessa composição no aclave de 2%. [Dica: essa velocidade pode ser diferente de V_{\min} ? Por que?]
- Inclua o gráfico das forças em função da velocidade para essa composição, que mostre a velocidade de cruzeiro deste trem no aclave de 2% e num trecho reto e plano.

DADOS



Locomotiva Diesel-Elétrica EESC L-36ACe

Sistema de tração	Motores AC
Número de eixos	6 (classe C–C)
Altura total H (m)	4,81
Largura total W (m)	3,23
Área transversal (m ²)	H × W
Comprimento total (m)	23,32
Aderência	0,25 – 0,02 cos(2πε rad)
Potência nominal (hp)	3600 + 300 cos(2πε rad)
Velocidade máxima (km/h)	90
TE máximo contínuo (kN)	520 + 20 cos(2πε rad)
Eficiência da transmissão	0,825 – 0,01 cos(4πε rad)
Tanque de combustível (l)	23000
Peso bruto total (t)	150 + 10 cos(2 π ε rad)



Vagão plataforma porta-contêineres PDD

Número de eixos	4
Altura total H (m)	0,96 + altura contêiner
Largura total W (m)	2,75
Área transversal (m ²)	H × W – 1
Comprimento total (m)	14,77
Tara (peso próprio) (t)	16,00
Lotação (carga) máxima	64,00
PBT (tara + lotação) máximo	80,00
Capacidade do engate (kN)	1500
Capacidade de carga	2 contêineres ISO 20 pés
Dimensões e capacidade do contêiner ISO 20 pés	
PBT máximo: 23,9 t	C×L×A: 6,10 × 2,44 × 2,59 m