

**UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL  
ENGENHARIA MECÂNICA AUTOMOTIVA**

# ***SISTEMAS TÉRMICOS C***

Professor Cabrera

Jack Pogorelsky Jr

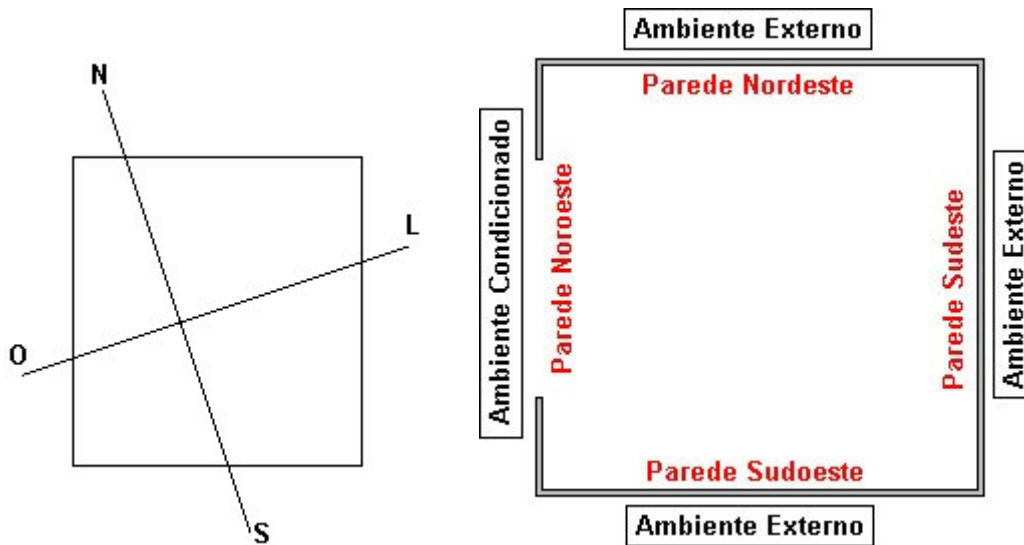
Dezembro de 2004

# ÍNDICE

Carga Térmica por Condução, 3
Carga Térmica por Insolação, 8
Carga Térmica Devido as Pessoas, 11
Carga Térmica Devido a Iluminação, 12
Carga Térmica Devido a Equipamentos, 13
Carga Térmica Devido a Infiltração, 14
Carga Térmica Total, 15
Dimensionamento dos Dutos, 16

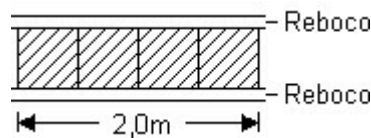
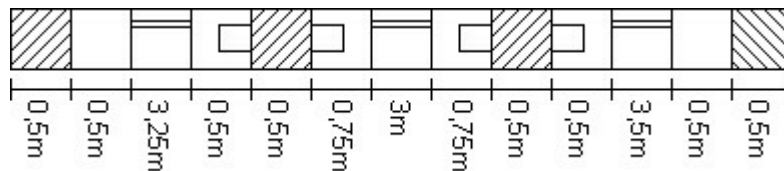
# CARGA TÉRMICA POR CONDUÇÃO

## Localização



Reboco: 2cm de base de cimento  
 Altura da Parede: 3,5m  
 Temperatura Externa: 39°C  
 Temperatura Interna: 23°C

## Cálculo de Carga Térmica por Condução – Parede Sudeste



$$\text{Ar interior: } R = 0,044 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Ar exterior: } R = 0,029 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Reboco: } R = 2 \cdot \left( 1,39 \cdot \frac{m \cdot K}{W} \cdot 0,02m \right) = 0,056 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Concreto: } R = 0,55 \cdot \frac{m \cdot K}{W} \cdot 0,5m = 0,275 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$U = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{0,044 + 0,029 + 0,056 + 0,275} = 2,48 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q = A \cdot U \cdot (T_E - T_I) = (3,5 \cdot 2) \cdot 2,48 \cdot (39 - 24)$$

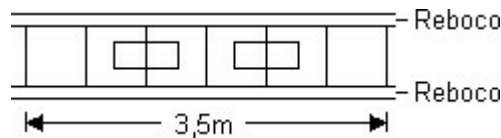
$$Q = 260,4W$$



$$\text{Vidro Simples: } U = 5,9 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q = A \cdot U \cdot (T_E - T_I) = (3,5 \cdot 9,75) \cdot 5,9 \cdot (39 - 24)$$

$$Q = 3020,1W$$



$$\text{Ar interior: } R = 0,044 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Ar exterior: } R = 0,029 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Reboco: } R = 2 \cdot \left( 1,39 \cdot \frac{m \cdot K}{W} \cdot 0,02m \right) = 0,056 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Concreto: } R = 1,94 \cdot \frac{m \cdot K}{W} \cdot 0,5m = 0,97 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

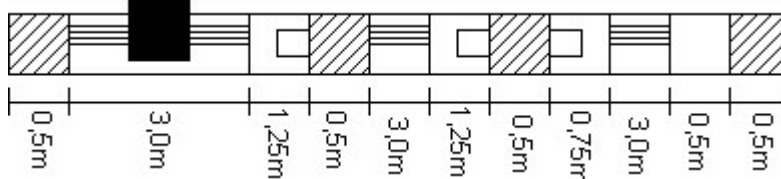
$$U = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{0,044 + 0,029 + 0,056 + 0,97} = 0,91 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

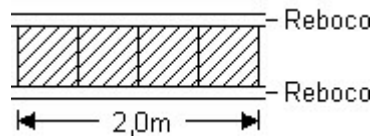
$$Q = A \cdot U \cdot (T_E - T_I) = (3,5 \cdot 3,5) \cdot 0,91 \cdot (39 - 24)$$

$$Q = 167,2W$$

$$Q_1 = 260,4 + 3020,1 + 167,2 = 3447,7W$$

#### Cálculo de Carga Térmica por Condução – Parede Sudoeste





$$\text{Ar interior: } R = 0,044 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Ar exterior: } R = 0,029 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Reboco: } R = 2 \cdot \left( 1,39 \cdot \frac{m \cdot K}{W} \cdot 0,02m \right) = 0,056 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Concreto: } R = 0,55 \cdot \frac{m \cdot K}{W} \cdot 0,5m = 0,275 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$U = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{0,044 + 0,029 + 0,056 + 0,275} = 2,48 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q = A \cdot U \cdot (T_E - T_I) = (3,5 \cdot 2) \cdot 2,48 \cdot (39 - 24)$$

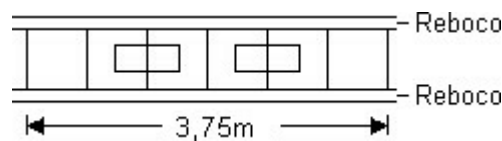
$$Q = 260,4W$$



$$\text{Vidro Triplo: } U = 2,5 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q = A \cdot U \cdot (T_E - T_I) = (3,5 \cdot 9,00) \cdot 2,5 \cdot (39 - 24)$$

$$Q = 1181,2W$$



$$\text{Ar interior: } R = 0,044 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Ar exterior: } R = 0,029 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Reboco: } R = 2 \cdot \left( 1,39 \cdot \frac{m \cdot K}{W} \cdot 0,02m \right) = 0,056 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Concreto: } R = 1,94 \cdot \frac{m \cdot K}{W} \cdot 0,5m = 0,97 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

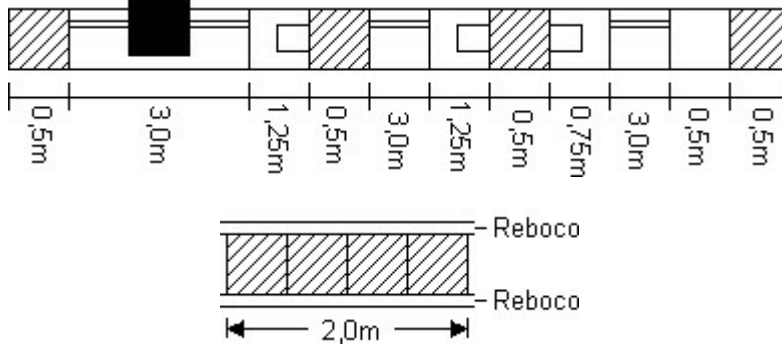
$$U = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{0,044 + 0,029 + 0,056 + 0,97} = 0,91 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q = A \cdot U \cdot (T_E - T_I) = (3,75 \cdot 3,5) \cdot 0,91 \cdot (39 - 24)$$

$$Q = 179,2W$$

$$Q_2 = 260,4 + 1181,2 + 179,2 = 1620,8W$$

### **Cálculo de Carga Térmica por Condução – Parede Nordeste**



$$\text{Ar interior: } R = 0,044 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Ar exterior: } R = 0,029 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

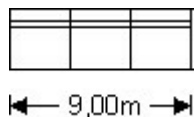
$$\text{Reboco: } R = 2 \cdot \left( 1,39 \cdot \frac{m \cdot K}{W} \cdot 0,02m \right) = 0,056 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Concreto: } R = 0,55 \cdot \frac{m \cdot K}{W} \cdot 0,5m = 0,275 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$U = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{0,044 + 0,029 + 0,056 + 0,275} = 2,48 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q = A \cdot U \cdot (T_E - T_I) = (3,5 \cdot 2) \cdot 2,48 \cdot (39 - 24)$$

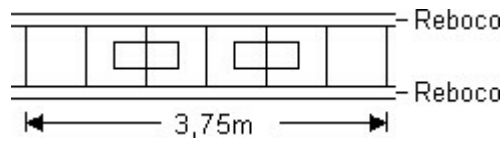
$$Q = 260,4W$$



$$\text{Vidro Simples: } U = 5,9 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q = A \cdot U \cdot (T_E - T_I) = (3,5 \cdot 9,00) \cdot 5,9 \cdot (39 - 24)$$

$$Q = 2787,7W$$



$$\text{Ar interior: } R = 0,044 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Ar exterior: } R = 0,029 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Reboco: } R = 2 \cdot \left( 1,39 \cdot \frac{m \cdot K}{W} \cdot 0,02m \right) = 0,056 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\text{Concreto: } R = 1,94 \cdot \frac{m \cdot K}{W} \cdot 0,5m = 0,97 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$U = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{0,044 + 0,029 + 0,056 + 0,97} = 0,91 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q = A \cdot U \cdot (T_E - T_I) = (3,75 \cdot 3,5) \cdot 0,91 \cdot (39 - 24)$$

$$Q = 179,2W$$

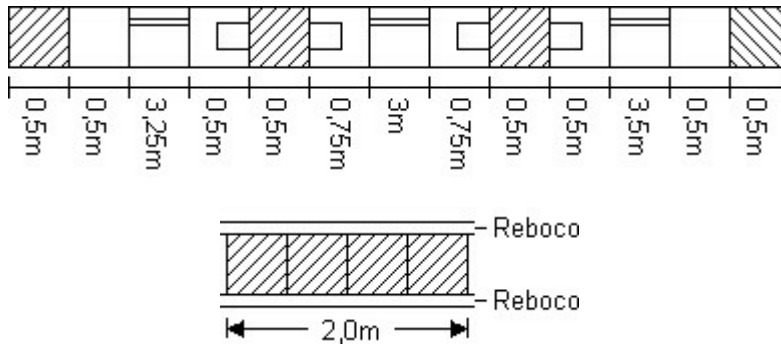
$$Q_3 = 260,4 + 2787,7 + 179,2 = 3227,3W$$

#### **Carga Térmica por Condução nas Paredes**

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 3447,7 + 1620,8 + 3227,3 = 8295,8W$$

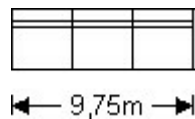
# CARGA TÉRMICA POR INSOLAÇÃO

## Cálculo de Carga Térmica por Insolação – Parede Sudeste



$$Q = A \cdot U \cdot [(T_E - T_I) + \Delta T] = (2 \cdot 3,5) \cdot 2,48 \cdot [(39 - 24) + (5,5)]$$

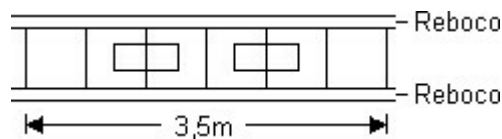
$$Q = 355,9W$$



Com Cortina Interna Opaca

$$Q = A \cdot F_s \cdot C_R = (9,75 \cdot 3,5) \cdot 488,8 \cdot 0,3$$

$$Q = 5004,09W$$

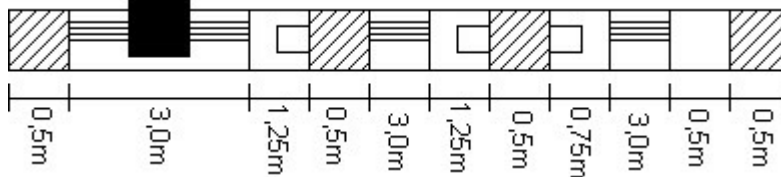


$$Q = A \cdot U \cdot [(T_E - T_I) + \Delta T] = (3,5 \cdot 3,5) \cdot 0,91 \cdot [(39 - 24) + (5,5)]$$

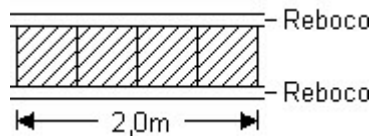
$$Q = 228,5W$$

$$Q_1 = 355,9 + 5004,09 + 228,5 = 5588,5W$$

## Cálculo de Carga Térmica por Insolação – Parede Sudoeste







$$Q = A \cdot U \cdot [(T_E - T_I) + \Delta T] = (2 \cdot 3,5) \cdot 2,48 \cdot [(39 - 24) + (5,5)]$$

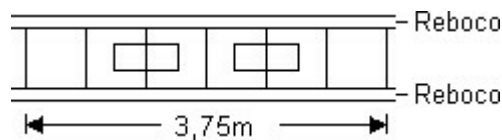
$$Q = 355,9W$$



Com Cortina Interna Opaca

$$Q = A \cdot F_s \cdot C_R = (9,75 \cdot 3,5) \cdot 488,8 \cdot 0,3$$

$$Q = 5004,09W$$

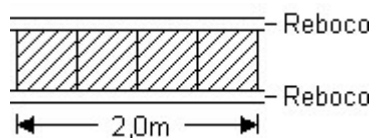
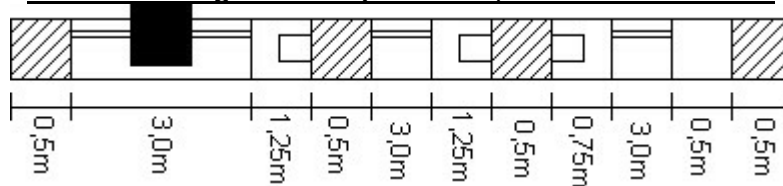


$$Q = A \cdot U \cdot [(T_E - T_I) + \Delta T] = (3,5 \cdot 3,5) \cdot 0,91 \cdot [(39 - 24) + (5,5)]$$

$$Q = 228,5W$$

$$Q_1 = 355,9 + 5004,09 + 228,5 = 5588,5W$$

### Cálculo de Carga Térmica por Insolação – Parede Nordeste



$$Q = A \cdot U \cdot [(T_E - T_I) + \Delta T] = (2 \cdot 3,5) \cdot 2,48 \cdot [(39 - 24) + (8,3)]$$

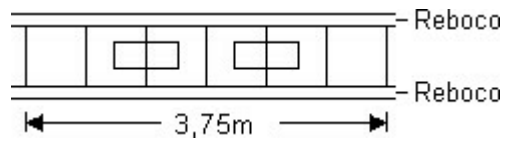
$$Q = 404,5W$$



Com Cortina Interna Opaca

$$Q = A \cdot F_S \cdot C_R = (9,75 \cdot 3,5) \cdot 358,6 \cdot 0,3$$

$$Q = 3671,16W$$



$$Q = A \cdot U \cdot [(T_E - T_I) + \Delta T] = (3,5 \cdot 3,5) \cdot 0,91 \cdot [(39 - 24) + (8,3)]$$

$$Q = 259,7W$$

$$Q_3 = 404,5 + 3671,16 + 259,7 = 4335,36W$$

#### **Carga Térmica por Insolação nas Paredes**

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 5588,5 + 5588,5 + 4335,36 = 15512,36W$$

## CARGA TÉRMICA DEVIDO ÀS PESSOAS

Considerando que no ambiente há 10 pessoas sentadas e 10 pessoas em exercício físico moderado. A temperatura interna deve ser de 23°C.

<b>Pessoas</b>	<b>Q<sub>SENSÍVEL</sub> (W)</b>	<b>Q<sub>LATENTE</sub> (W)</b>	<b>Total (W)</b>
10 Sentadas	719,9	360,53	1080,43
10 Exercício	896,7	1035,1	1931,8
Total	1616,6	1395,63	3012,23

### Carga Térmica Devido às Pessoas

$$Q_T = 3012,23W$$

## CARGA TÉRMICA DEVIDO À ILUMINAÇÃO

5 aparelhos de luz fluorescente 4x40W.

$$Q = P.F_{REATOR} = (5 \cdot 40 \cdot 4) \cdot 1,2 = 960W$$

$$\boxed{Q_T = 960W}$$

## **CARGA TÉRMICA DEVIDO À EQUIPAMENTOS**

Reservou-se 5000W para futuros equipamentos (computadores, televisores, impressoras, etc) que venham a ser instalados no pavimento:

## CARGA TÉRMICA DEVIDO À INFILTRAÇÃO

Janelas em 2 Paredes:

$$Q = 0,29 \cdot V \cdot (T_E - T_I) = 0,29 \cdot 1181 \cdot (39 - 23)$$

$$\boxed{Q = 5479,84 \text{ kcal} / h = 6373 \text{ W}}$$

## CARGA TÉRMICA TOTAL

$$Q = 8295,8 + 15512,36 + 3012,23 + 960 + 6373$$

$$Q = 34153,4W = 9,7TR = 29362,2kcal / h$$

## DIMENSIONAMENTO DOS DUTOS

Conhecida a carga térmica a ser retirada podemos conhecer a quantidade de ar a ser insuflado.

$$Q = 0,29 \cdot V \cdot (T_I - T_{INS}) \therefore 29365,2 = 0,29 \cdot V \cdot (24 - 17)$$

$$V \approx 15000m^3 / h$$

Dimensiona-se um sistema de dutos cujas vazões das 5 bocas são de  $3000m^3/h$  ou  $50m^3/min$ .

Arbitrariamente, fixamos a velocidade no ventilador em  $20m/s$  ou  $1200m/min$  e vamos reduzindo gradualmente até  $10m/s$  ou  $600m/min$  na boca 1. Por questões de facilidade de instalação dos dutos fixou-se uma das dimensões em  $0,5m$ .

Trecho E (Boca 1)

$$Q = 50m^3 / min$$

$$A = \frac{\text{vazão}}{\text{velocidade}} = \frac{50m^3 / min}{600m / min} = 0,083m^2 \therefore 0,50m \times 0,17m$$

Trecho D

$$Q = 50 + 50 = 100m^3 / s$$

$$A = \frac{\text{vazão}}{\text{velocidade}} = \frac{100m^3 / min}{720m / min} = 0,139m^2 \therefore 0,50m \times 0,28m$$

Boca 2

$$A = \frac{\text{vazão}}{\text{velocidade}} = \frac{50m^3 / min}{720m / min} = 0,069m^2 \therefore 0,50m \times 0,14m$$

Trecho C

$$Q = 100 + 50 = 150m^3 / s$$

$$A = \frac{\text{vazão}}{\text{velocidade}} = \frac{150m^3 / min}{840m / min} = 0,179m^2 \therefore 0,50m \times 0,36m$$

Boca 3

$$A = \frac{\text{vazão}}{\text{velocidade}} = \frac{50m^3 / min}{840m / min} = 0,06m^2 \therefore 0,50m \times 0,12m$$

Trecho B

$$Q = 150 + 50 = 200m^3 / s$$



$$A = \frac{\text{vazão}}{\text{velocidade}} = \frac{200\text{m}^3 / \text{min}}{960\text{m} / \text{min}} = 0,208\text{m}^2 \therefore 0,50\text{m} \times 0,42\text{m}$$

Boca 4

$$A = \frac{\text{vazão}}{\text{velocidade}} = \frac{50\text{m}^3 / \text{min}}{960\text{m} / \text{min}} = 0,052\text{m}^2 \therefore 0,50\text{m} \times 0,10\text{m}$$

Trecho A

$$Q = 200 + 50 = 250\text{m}^3 / \text{s}$$

$$A = \frac{\text{vazão}}{\text{velocidade}} = \frac{250\text{m}^3 / \text{min}}{1080\text{m} / \text{min}} = 0,231\text{m}^2 \therefore 0,50\text{m} \times 0,46\text{m}$$

Boca 5

$$A = \frac{\text{vazão}}{\text{velocidade}} = \frac{50\text{m}^3 / \text{min}}{1080\text{m} / \text{min}} = 0,046\text{m}^2 \therefore 0,50\text{m} \times 0,09\text{m}$$

No ventilador temos

Vazão de 250m<sup>3</sup>/min

Velocidade de 1200m/min

$$A = \frac{\text{vazão}}{\text{velocidade}} = \frac{250\text{m}^3 / \text{min}}{1200\text{m} / \text{min}} = 0,208\text{m}^2 \therefore 0,50\text{m} \times 0,42\text{m}$$

Retorno

Admitindo 10% de perda pelas frestas

Vazão de 225m<sup>3</sup>/min

Velocidade de 600m/min

$$A = \frac{\text{vazão}}{\text{velocidade}} = \frac{225\text{m}^3 / \text{min}}{600\text{m} / \text{min}} = 0,375\text{m}^2 \therefore 0,50\text{m} \times 0,75\text{m}$$

Ar Exterior

Vazão de 25m<sup>3</sup>/min

Velocidade de 150m/min

$$A = \frac{\text{vazão}}{\text{velocidade}} = \frac{25\text{m}^3 / \text{min}}{150\text{m} / \text{min}} = 0,167 \therefore 0,70\text{m} \times 0,33\text{m}$$

	Vazão (m <sup>3</sup> /min)	Velocidade (m/min)	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)
Ar Exterior	25	150	0,167	0,33
Boca 1	50	600	0,083	0,17
Boca 2	50	720	0,069	0,14
Boca 3	50	840	0,060	0,12
Boca 4	50	960	0,052	0,10
Boca 5	50	1080	0,046	0,09

Retorno	225	600	0,375	0,75
Trecho A	250	1080	0,231	0,46
Trecho B	200	960	0,208	0,42
Trecho C	150	840	0,179	0,33
Trecho D	100	720	0,139	0,25
Trecho E	50	600	0,083	0,14
Ventilador	250	1200	0,208	0,42

