



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Química**



**FRANK WILIAM ADOLFO BLANCO OJEDA**  
**GABRIELA NUNES**  
**MARCUS BRUNO FERNANDES SILVA**  
**PEDRO AUGUSTO ALMEIDA DE MACEDO**

**DISSIPACÃO TÉRMICA EM ALETAS**

**UBERLÂNDIA – MG**

**2019**

**FRANK WILIAM ADOLFO BLANCO OJEDA**

**GABRIELA NUNES**

**MARCUS BRUNO FERNANDES SILVA**

**PEDRO AUGUSTO ALMEIDA DE MACEDO**

## **DISSIPACÃO TÉRMICA EM ALETAS**

**Relatório referente à Tarefa 2, sobre  
Transferência de calor, como parte das  
exigências da disciplina de Fenômenos de  
Transporte.**

**Prof. Dr. Luiz Gustavo Martins Vieira**

**Professor responsável**

**UBERLÂNDIA – MG**

**2019**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aletas de seção circular crescente (a), uniforme (b) e decrescente (c). .....	6
Figura 2 – Funções geratrizes. ....	6
Figura 3 - Malha utilizada para a discretização da equação diferencial ordinária. ....	9
Figura 4 - Ponto genérico no interior da malha. ....	9
Figura 5 - Distribuição térmica para a tríade A/B/C. ....	15
Figura 6 - Distribuição térmica para a tríade A/D/E. ....	15
Figura 7 - Distribuição térmica para a tríade A/F/G.....	16
Figura 8 - Distribuição térmica para a tríade A/H/I.....	16
Figura 9 - Distribuição térmica para a tríade A/J/K. ....	17
Figura 10 - Distribuição térmica para a tríade A/L/M.....	17
Figura 11 - Taxa de calor dissipada por aleta. ....	18
Figura 12 - Volume de material utilizado na construção das aletas. ....	19

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Valores numéricos da taxa de calor dissipada por aleta. ....	18
Tabela 2 - Volume de material utilizado na construção das aletas.....	19

## SUMÁRIO

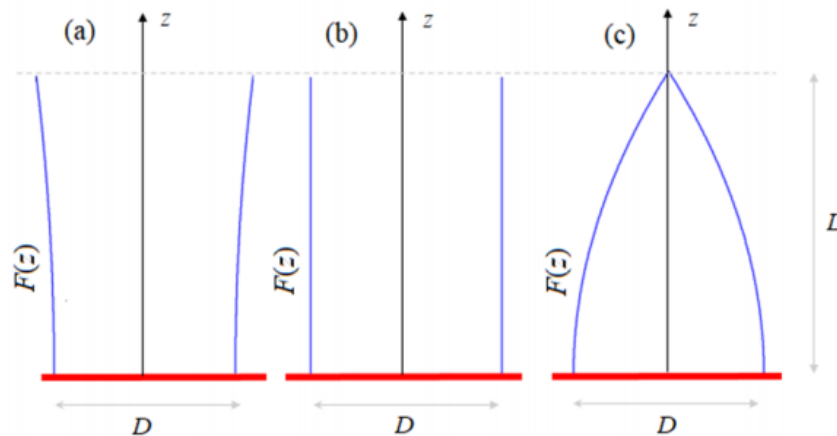
<b>1.</b>	<b>PROBLEMA PROPOSTO .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.</b>	<b>Sistema e informações para os cálculos .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.</b>	<b>Cálculos requeridos .....</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>MEMORIAL DE CÁLCULO .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.</b>	<b>Equação de calor para aletas .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.</b>	<b>Avaliação numérica da distribuição de temperaturas .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.</b>	<b>Avaliação numérica da taxa de calor dissipada pelas aletas.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4.</b>	<b>Cálculo do volume da aleta .....</b>	<b>13</b>
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1.</b>	<b>Distribuição de temperaturas nas aletas.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.</b>	<b>Taxa de calor dissipada pelas aletas.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.</b>	<b>Volume de material utilizado na construção das aletas .....</b>	<b>19</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>20</b>
	<b>ANEXO A DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURA NAS ALETAS .....</b>	<b>21</b>

## 1. PROBLEMA PROPOSTO

### 1.1. Sistema e informações para os cálculos

O problema em questão tem como objetivo a avaliação de propriedades relativas a 13 aletas diferentes, sendo elas divididas entre aletas de seção circular crescente, uniforme e decrescente, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Aletas de seção circular crescente (a), uniforme (b) e decrescente (c).



Fonte: roteiro atividade avaliativa II (2019).

A aletas a serem estudadas são geradas por meio da revolução de funções geratrizes  $F(z)$  em torno do eixo  $z$ . As funções geratrizes são apresentadas na Figura 2 e podem gerar aletas piniformes (A), crescentes (B, D, F, H, J, L) e decrescentes (C, E, G, I, K, M).

Figura 2 – Funções geratrizes.

Geratriz	
$F(z) = D/2$	(A)
$F(z) = a + b z$	(B)
$F(z) = a - b z$	(C)
$F(z) = a + b z^2$	(D)
$F(z) = a - b z^2$	(E)
$F(z) = a + b z^3$	(F)
$F(z) = a - b z^3$	(G)
$F(z) = a + b \sin(z)$	(H)
$F(z) = a - b \sin(z)$	(I)
$F(z) = a + b \cosh(z)$	(J)
$F(z) = a - b \cosh(z)$	(K)
$F(z) = a + b \exp(z)$	(L)
$F(z) = a - b \exp(z)$	(M)

Fonte: roteiro atividade avaliativa II (2019).

Para os cálculos, deve-se admitir:

- Independente do formato, todas as aletas apresentarão entre si o mesmo comprimento ( $L = 0,100$  m), diâmetro da base ( $D = 0,005$  m), condutividade térmica ( $k = 14$  W/mK) e coeficiente convectivo de transferência de calor ( $h = 5$  W/m<sup>2</sup>K);
- Para as aletas de seção reta crescente, a extremidade terá o dobro do diâmetro da base. Para as aletas de seção decrescente, a extremidade converge para um ponto sobre o eixo  $z$ ;
- As aletas têm a base submetida à temperatura de  $150$  °C ( $T_0$ ) e as superfícies laterais submetidas ao ar à temperatura ambiente ( $T_\infty$ ) de  $20$  °C;

## 1.2. Cálculos requeridos

- Avaliar numericamente a distribuição térmica  $T(z)$  para cada uma das aletas (A a M), adotando nove pontos de solução;
- Plotar a distribuição térmica para as tríades: A/B/C; A/D/E; A/F/G; A/H/I; A/J/K e A/L/M;
- Estimar a taxa de calor dissipada pelas aletas de A a M, graficando-as sob a forma de um diagrama de barras;
- Estimar o volume de material que deve ser usado para a construção das aletas de A a M, graficando-os sob a forma de um diagrama de barras;

## 2. MEMORIAL DE CÁLCULO

### 2.1. Equação de calor para aletas

Para este estudo foram consideradas as seguintes hipóteses:

- A difusão de calor na direção “z” é muito rápida (material com condutividade térmica razoável). Isso implica que  $T = T(z)$ ;
- O coeficiente de película é constante ao longo de toda a aleta;
- O fenômeno ocorre em estado estacionário;
- A condutividade térmica é constante em toda a extensão da aleta.

A partir de um balanço de energia em um sistema infinitesimal na aleta, considerando as hipóteses citadas, foi obtida a equação do calor para aletas, representada pela Equação (1).

$$\frac{d^2\theta}{dz^2} + \left(\frac{1}{A_c} \frac{dA_c}{dz}\right) \frac{d\theta}{dz} - \left(\frac{1}{A_c} \frac{h}{k} \frac{dA_s}{dz}\right) \theta = 0 \quad (1)$$

onde  $\theta = T - T_\infty$ ,  $A_c(z)$  é a área onde ocorre a transferência de energia térmica por condução na posição  $z$ ,  $A_s(z)$  é a área superficial onde ocorre a transferência de energia térmica por convecção até a posição  $z$ .

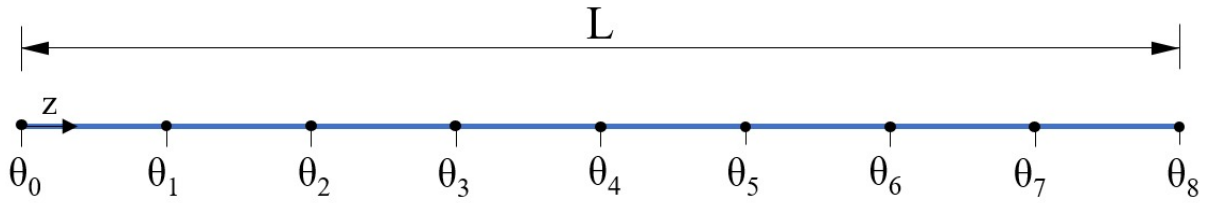
### 2.2. Avaliação numérica da distribuição de temperaturas

A distribuição de temperatura de uma aleta gerada pela revolução de uma função  $F(z)$  pode ser obtida por meio da resolução da Equação (1) juntamente com o conhecimento matemático de sólidos de revolução. No caso de funções geratrizes que variam com a posição  $z$ , o problema de resolução de equação diferencial ordinária com condições de contorno não pode ser solucionado de modo analítico, sendo necessários métodos numéricos para obtenção de soluções numéricas aproximadas.

Para o exercício proposto, o Método das Diferenças Finitas foi utilizado para a discretização da equação diferencial ordinária. Para a discretização, foi utilizada uma malha com nove pontos uniformemente distribuídos ao longo do eixo principal da aleta, ilustrado pela Figura 3.



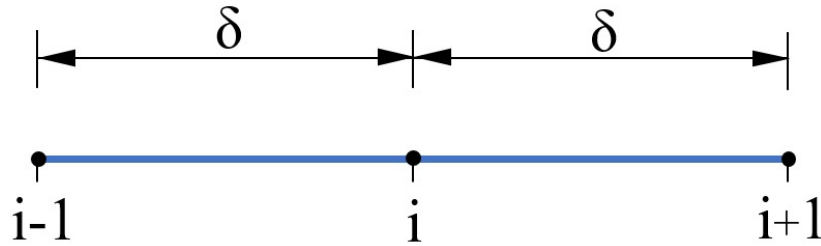
Figura 3 - Malha utilizada para a discretização da equação diferencial ordinária.



Fonte: do autor (2019).

Os pontos no interior da malha podem ser representados com um subíndice genérico  $i$  que varia de 1 a 7 para o caso de uma malha com 9 pontos. O ponto imediatamente à esquerda do ponto  $i$  recebe o índice  $i - 1$  e o ponto imediatamente à direita do ponto  $i$  recebe o índice  $i + 1$ . A Figura 4 ilustra esses pontos no interior da malha.

Figura 4 - Ponto genérico no interior da malha.



Fonte: do autor (2019).

Pelo Método das Diferenças Finitas, expressões para as derivadas de primeira e segunda ordem aplicadas em um ponto  $i$  genérico da malha podem ser aproximadas pelas Equações (2) e (3), respectivamente.

$$\left. \frac{d\theta}{dz} \right|_i \approx \frac{(\theta_{i+1} - \theta_{i-1})}{2\delta} \quad (2)$$

$$\left. \frac{d^2\theta}{dz^2} \right|_i \approx \frac{(\theta_{i+1} - 2\theta_i + \theta_{i-1})}{\delta^2} \quad (3)$$

Então, ao aplicar a Equação (1) em um ponto genérico  $i$  da malha, discretizando as derivadas pelas expressões das Equações (2) e (3), tem-se a Equação (4).

$$\frac{1}{\delta^2} (\theta_{i-1} - 2\theta_i + \theta_{i+1}) + \left( \frac{1}{A_c} \frac{dA_c}{dz} \right) \Big|_i \frac{(\theta_{i+1} - \theta_{i-1})}{2\delta} - \left( \frac{1}{A_c} \frac{h}{k} \frac{dA_s}{dz} \right) \Big|_i \theta_i = 0 \quad (4)$$

O símbolo “ $()|_i$ ” representa que o termo dentro dos parênteses é calculado na posição  $i$ . Como os termos  $A_c$  e  $A_s$  dependem de  $z$ , e conseqüentemente variam com  $i$ , faz-se necessário estabelecer uma relação entre  $i$  e  $z$ . Percebendo que para  $i = 0$  tem-se  $z = 0$  e que para  $i = 8$  tem-se  $z = L$ , a relação entre as duas variáveis para uma malha uniformemente espaçada pode ser facilmente obtida e é dada pela Equação (5).

$$z = i\delta \quad (5)$$

onde  $\delta$  é definido pela Equação (6)

$$\delta = \frac{L}{8} \quad (6)$$

Colocando em evidência as variáveis desconhecidas da Equação (4), obtém-se a Equação (7).

$$\theta_{i-1} \left[ \frac{1}{\delta^2} - \frac{1}{2\delta A_c} \frac{dA_c}{dz} \right] + \theta_i \left[ -\frac{2}{\delta^2} - \frac{h}{A_c k} \frac{dA_s}{dz} \right] + \theta_{i+1} \left[ \frac{1}{\delta^2} + \frac{1}{2\delta A_c} \frac{dA_c}{dz} \right] = 0 \quad (7)$$

A Equação (7) descreve a relação entre os pontos no interior da malha. Para o fechamento dos graus de liberdade do sistema, é necessário conhecer as condições de contorno e relacioná-las com os pontos  $i = 0$  e  $i = 8$ . Essas condições de contorno foram aplicadas para todas as funções geratrizes.

Sabe-se que na base da aleta, tem-se que  $T(z = 0) = 150^\circ\text{C}$ . Em termos de  $\theta$ , esta condição de contorno se torna  $\theta(z = 0) = 150 - T_\infty = 130$ . O ponto  $z = 0$  equivale ao ponto onde  $i = 0$ . Por fim, essa condição de contorno na forma discreta é representada pela Equação (8).

$$\theta_0 = 130 \quad (8)$$

Na extremidade livre da aleta, a energia térmica que chega por condução é perdida para o ar por convecção, sendo esta condição de contorno matematicamente representada por

$-k \frac{dT}{dz} \big|_{z=L} = h (T(L) - T_\infty)$ . Para aplicar essa condição pelo Método das Diferenças Finitas, é necessário discretizar a derivada que aparece no primeiro termo. Como não existe ponto à direita em  $z = L$ , uma vez que é um ponto de extremidade, a discretização pela Equação (2) não pode ser utilizada. Então, uma discretização com dois pontos adjacentes foi utilizada. Rearranjando a equação e discretizando-a, a condição de contorno em  $z = L$  é representada pela Equação (9).

$$k \frac{\theta_8 - \theta_7}{\delta} + h \theta_8 = 0 \quad (9)$$

Isolando os termos de  $\theta$  da Equação (9), chega-se a Equação (10).

$$\theta_8 \left( \frac{k}{\delta} + h \right) + \theta_7 \left( -\frac{k}{\delta} \right) = 0 \quad (10)$$

Com as informações apresentadas, o sistema é completamente descrito: a Equação (7) descreve a relação entre os pontos no interior da malha e as Equações (8) e (10) representam as condições de contorno e permitem o cálculo nos pontos das extremidades da malha.

A Equação (7) exige a determinação da área disponível para a transferência de energia térmica por condução na posição  $z$ ,  $A_c(z)$ , e da área disponível para a transferência de energia térmica por convecção até a posição  $z$ ,  $A_s(z)$ . Como as aletas são geradas a partir de funções unidimensionais, é necessário o conhecimento matemático de sólidos e superfícies de revolução. A partir de uma inspeção, percebeu-se que o valor da função geratriz  $F(z)$  é o raio da aleta a cada posição  $z$ ; juntamente com o conhecimento proveniente do cálculo integral, disponível em Stewart (2002), chegou-se às seguintes equações para os termos  $A_c(z)$  e  $A_s(z)$ , Equações (11) e (12).

$$A_c(z) = \pi F(z)^2 \quad (11)$$

$$A_s(z) = 2\pi \int_0^z F(z) \sqrt{1 + \left( \frac{dF(z)}{dz} \right)^2} dz \quad (12)$$

Para a resolução do problema, as derivadas de  $A_c(z)$  e  $A_s(z)$  precisaram ser calculadas, de modo que essas derivadas estão apresentadas, respectivamente, nas Equações (13) e (14).

$$\frac{dA_c(z)}{dz} = 2\pi F(z) \frac{dF(z)}{dz} \quad (13)$$

$$\frac{dA_s(z)}{dz} = 2\pi F(z) \sqrt{1 + \left(\frac{dF(z)}{dz}\right)^2} \quad (14)$$

O uso das Equações (11), (13) e (14) permitiu que a Equação (7) ficasse em função apenas de  $F(z)$  e sua derivada  $dF(z)/dz$ .

Por fim, para cada uma das geratrizes, foi necessário determinar os parâmetros  $a$  e  $b$  da função a partir de duas condições impostas no enunciado:

- Todas as aletas possuem diâmetro da base igual a  $D$  e comprimento fixo  $L$ ;
- Em todas as aletas crescentes a extremidade possui o dobro do diâmetro da base;
- Em todas as aletas decrescentes a extremidade converge para um ponto no eixo ( $D = 0$ ).

Essas informações são representadas matematicamente pelas Equações (15) e (16).

$$F(z = 0) = \frac{D}{2} \quad (15)$$

$$F(z = L) = \begin{cases} D, & \text{se a aleta for crescente} \\ 0, & \text{se a aleta for decrescente} \end{cases} \quad (16)$$

A partir das equações acima, construiu-se um sistema de equações algébricas contendo nove equações (duas para as condições de contorno, Equações (8) e (10), e sete para os pontos intermediários, Equação (7) com  $i = 1, 2, \dots, 6, 7$ ) e nove variáveis ( $\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_7, \theta_8$ ). Resolvendo esse sistema, a distribuição de temperatura pode ser obtida pela (17).

$$T_i = \theta_i + T_\infty \quad (17)$$

Com isso, o problema é completamente descrito e a matemática necessária para a resolução está apresentada. Diferentes ferramentas computacionais podem ser utilizadas para a

implementação e resolução do sistema. Escolheu-se a linguagem de programação C++ para implementar a construção do sistema de equações algébricas e sua resolução para todas as funções geratrizes. Utilizou-se a biblioteca de álgebra linear Eigen ([eigen.tuxfamily.org](http://eigen.tuxfamily.org)) para os cálculos matriciais. As equações e os métodos de discretização implementados em C++ foram estritamente os apresentados nesse trabalho; ou seja, o código é uma transcrição do procedimento de resolução do problema proposto para a linguagem de programação. O código fonte se encontra completamente no repositório virtual disponível em [github.com/marcusbfs/AletasFT](https://github.com/marcusbfs/AletasFT).

### 2.3. Avaliação numérica da taxa de calor dissipada pelas aletas

A taxa de calor dissipada pelas aletas foi calculada pela aplicação da Lei de Fourier na base da aleta, Equação (18).

$$\dot{q}_a = -kA_c(z=0) \frac{dT}{dz} \Big|_{z=0} = -kA_c(z=0) \frac{d\theta}{dz} \Big|_{z=0} \quad (18)$$

A derivada de  $\theta$  em  $z=0$  pode ser obtida numericamente a partir dos dados da distribuição de temperatura (Seção 2.2). Também, como todas as aletas possuem base com diâmetro  $D$ , tem-se que  $A_c(z=0) = \pi D^2/4$ . Portanto, calculou-se a taxa de calor dissipada pela aleta com a Equação (19).

$$\dot{q}_a = -k\pi \frac{D^2}{4} \frac{(\theta_1 - \theta_0)}{\delta} \quad (19)$$

A Equação (19) foi aplicada para todas as funções geratrizes.

### 2.4. Cálculo do volume da aleta

O volume de um sólido de revolução de comprimento  $L$  gerado a partir de uma geratriz  $F(z)$ , segundo Stewart (2002), pode ser determinado por meio da Equação (20).

$$V = \pi \int_0^L F(z)^2 dz \quad (20)$$

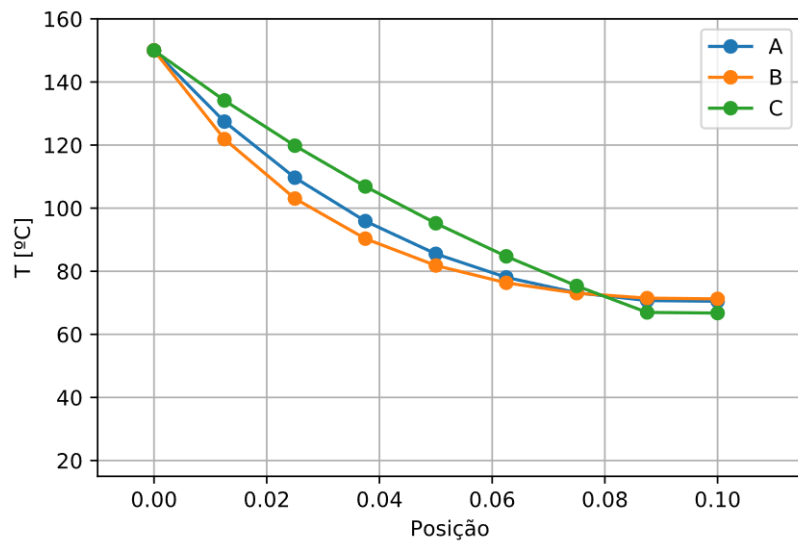
A integral da Equação (20) pode ser difícil de calcular analiticamente, dependendo da forma da função  $F(z)$ ; portanto utilizou-se um método de integração numérica. Foi escolhida a regra da quadratura gaussiana de 15 pontos, uma vez que ela fornece soluções exatas para polinômios até ordem 29, sendo uma excelente aproximação para as funções geratrizes apresentadas. A rotina de integração foi implementada em C++ e o código fonte pode ser encontrado no repositório virtual ([github.com/marcusbfs/AletasFT/blob/master/Aletas/quad.hpp](https://github.com/marcusbfs/AletasFT/blob/master/Aletas/quad.hpp)).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Distribuição de temperaturas nas aletas

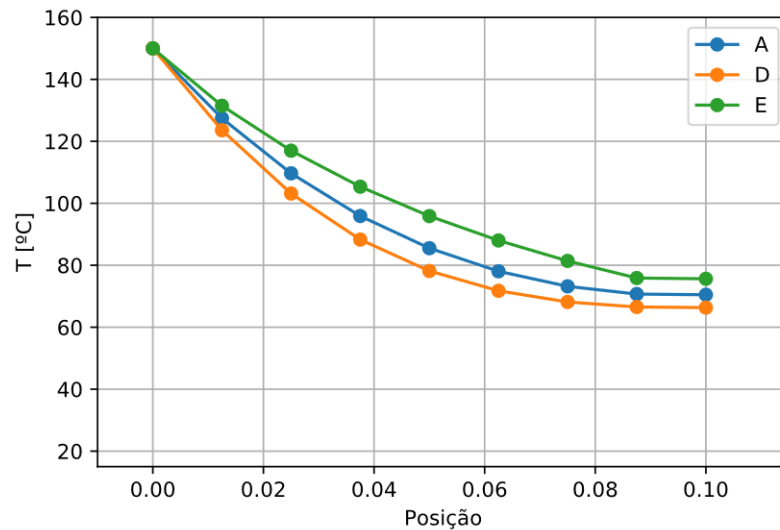
Os dados numéricos utilizados para a geração dos gráficos encontram-se no ANEXO A.

Figura 5 - Distribuição térmica para a tríade A/B/C.



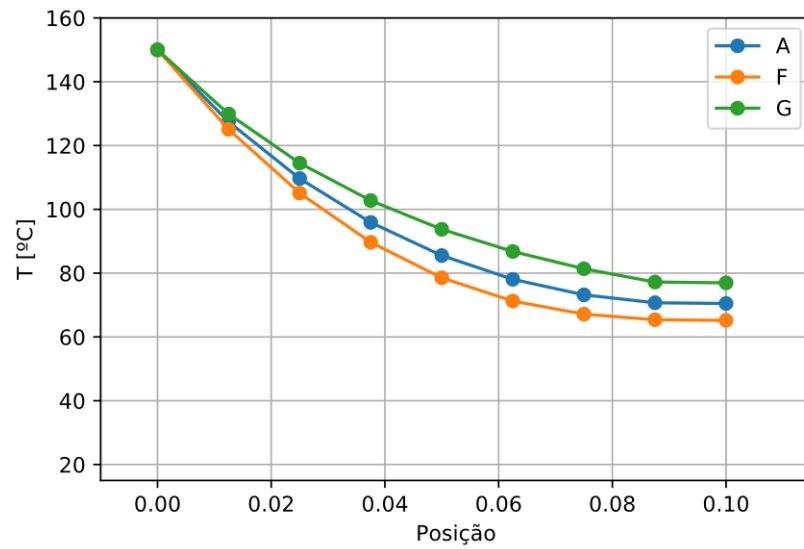
Fonte: do autor (2019).

Figura 6 - Distribuição térmica para a tríade A/D/E.



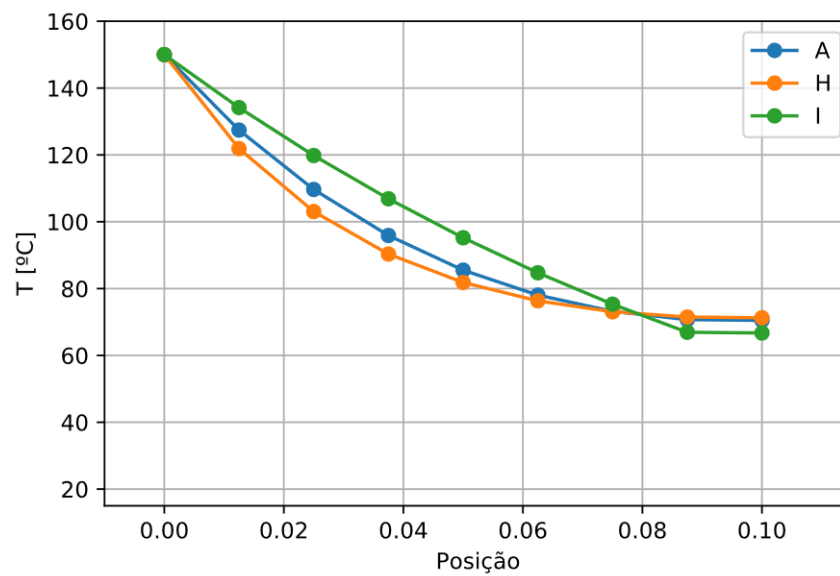
Fonte: do autor (2019).

Figura 7 - Distribuição térmica para a tríade A/F/G.



Fonte: do autor (2019).

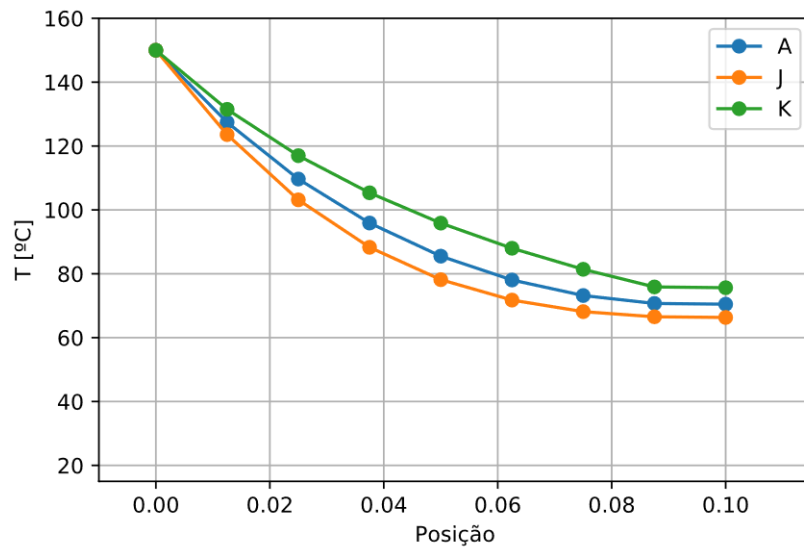
Figura 8 - Distribuição térmica para a tríade A/H/I.



Fonte: do autor (2019).

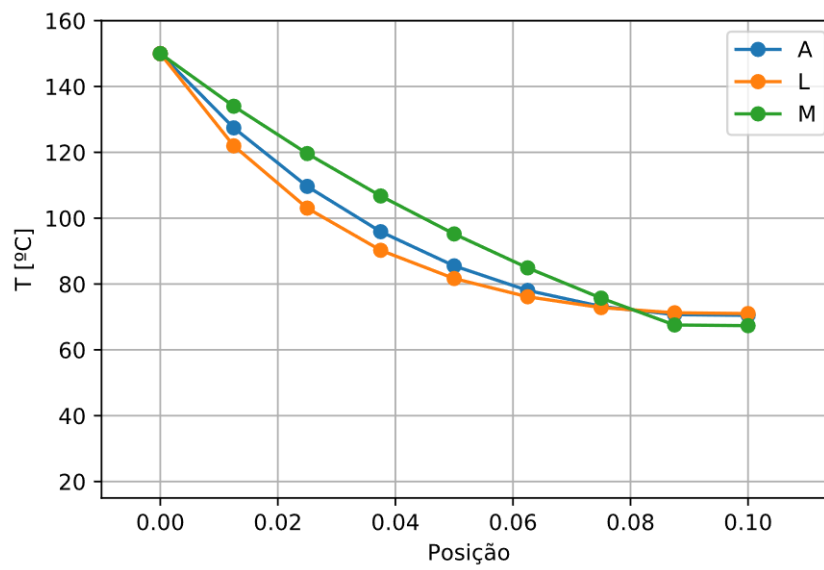


Figura 9 - Distribuição térmica para a tríade A/J/K.



Fonte: do autor (2019).

Figura 10 - Distribuição térmica para a tríade A/L/M.



Fonte: do autor (2019).

### 3.2. Taxa de calor dissipada pelas aletas

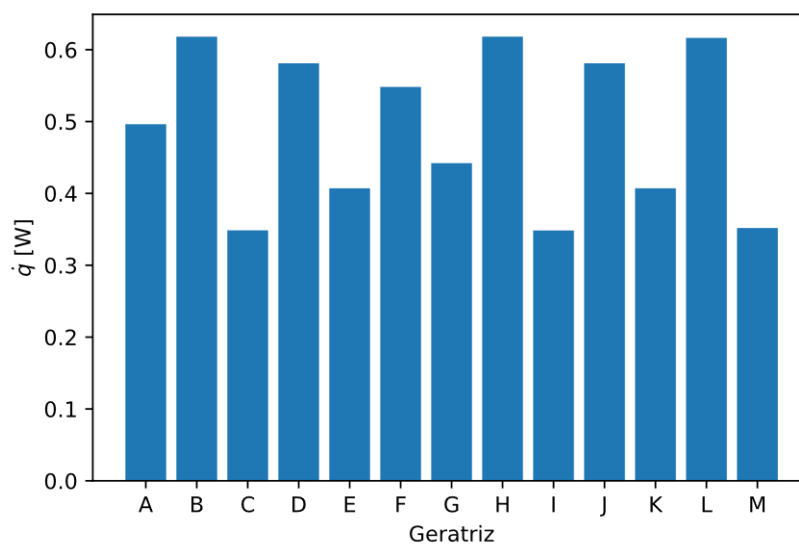
A Tabela 1 apresenta os dados referentes à taxa de calor dissipada pelas aletas de A a M e a representação gráfica destes dados, pode ser observada na Figura 11.

Tabela 1 – Valores numéricos da taxa de calor dissipada por aleta.

Aleta	Taxa de calor dissipada [W]
A	0,49628
B	0,61805
C	0,34861
D	0,58107
E	0,40707
F	0,54819
G	0,44207
H	0,61815
I	0,34844
J	0,58103
K	0,40711
L	0,61642
M	0,35188

Fonte: do autor (2019).

Figura 11 - Taxa de calor dissipada por aleta.



Fonte: do autor (2019).

### 3.3. Volume de material utilizado na construção das aletas

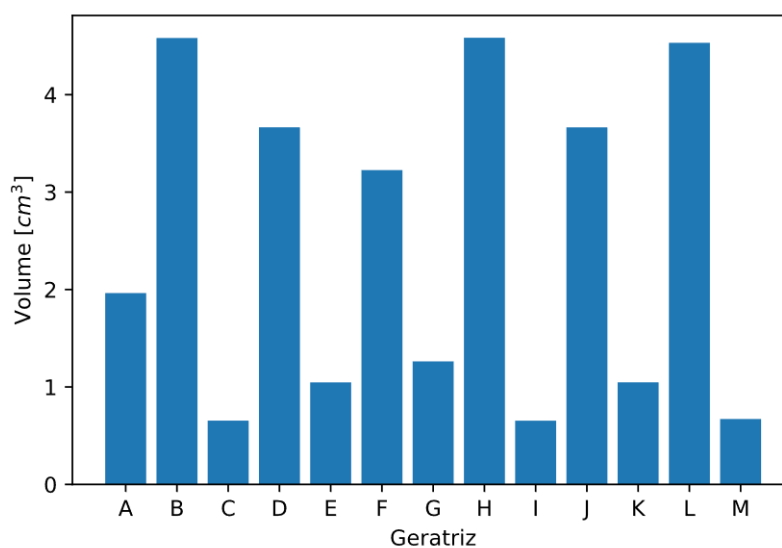
A Tabela 2 apresenta os dados referentes ao volume de material utilizado na construção das aletas de A a M e a representação gráfica destes dados, pode ser observada na Figura 12.

Tabela 2 - Volume de material utilizado na construção das aletas.

Aleta	Volume de material [cm <sup>3</sup> ]
A	1,9635
B	4,5815
C	0,6545
D	3,6652
E	1,0472
F	3,2257
G	1,2622
H	4,5840
I	0,6537
J	3,6646
K	1,0474
L	4,5325
M	0,6710

Fonte: do autor (2019).

Figura 12 - Volume de material utilizado na construção das aletas.



Fonte: do autor (2019).

## **REFERÊNCIAS**

Stewart, J. Cálculo. Pioneira Thomson Learning, 4 ed., vol. 1. 2002.

## ANEXO A DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURA NAS ALETAS

Tabela A.1 – Distribuição de temperatura na aleta A.

Posição [cm]	Temperatura [°C]
0,00	150,000
1,25	127,433
2,50	109,662
3,75	95,893
5,00	85,513
6,25	78,058
7,50	73,194
8,75	70,705
10,00	70,480

Fonte: do autor (2019).

Tabela A.2 – Distribuição de temperatura na aleta B.

Posição [cm]	Temperatura [°C]
0,00	150,000
1,25	121,896
2,50	103,053
3,75	90,333
5,00	81,827
6,25	76,329
7,50	73,053
8,75	71,478
10,00	71,249

Fonte: do autor (2019).

Tabela A.3 – Distribuição de temperatura na aleta C.

Posição [cm]	Temperatura [°C]
0,00	150,000
1,25	134,148
2,50	119,808
3,75	106,864
5,00	95,205
6,25	84,731
7,50	75,344
8,75	66,957
10,00	66,748

Fonte: do autor (2019).

Tabela A.4 – Distribuição de temperatura na aleta D.

Posição [cm]	Temperatura [°C]
0,00	150,000
1,25	123,577
2,50	103,149
3,75	88,290
5,00	78,159
6,25	71,759
7,50	68,146
8,75	66,536
10,00	66,329

Fonte: do autor (2019).

Tabela A.5 – Distribuição de temperatura na aleta E.

<b>Posição [cm]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
0,00	150,000
1,25	131,489
2,50	116,987
3,75	105,362
5,00	95,868
6,25	87,997
7,50	81,400
8,75	75,881
10,00	75,633

Fonte: do autor (2019).

Tabela A.6 – Distribuição de temperatura na aleta F.

<b>Posição [cm]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
0,00	150,000
1,25	125,072
2,50	105,089
3,75	89,663
5,00	78,522
6,25	71,239
7,50	67,136
8,75	65,383
10,00	65,181

Fonte: do autor (2019).

Tabela A.7 – Distribuição de temperatura na aleta G.

<b>Posição [cm]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
0,00	150,000
1,25	129,898
2,50	114,503
3,75	102,748
5,00	93,737
6,25	86,777
7,50	81,365
8,75	77,203
10,00	76,949

Fonte: do autor (2019).

Tabela A.8 – Distribuição de temperatura na aleta H.

<b>Posição [cm]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
0,00	150,000
1,25	121,891
2,50	103,050
3,75	90,334
5,00	81,831
6,25	76,335
7,50	73,061
8,75	71,486
10,00	71,257

Fonte: do autor (2019).

Tabela A.9 – Distribuição de temperatura na aleta I.

<b>Posição [cm]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
0,00	150,000
1,25	134,156
2,50	119,819
3,75	106,874
5,00	95,211
6,25	84,728
7,50	75,330
8,75	66,927
10,00	66,719

Fonte: do autor (2019).

Tabela A.10 – Distribuição de temperatura na aleta J.

<b>Posição [cm]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
0,00	150,000
1,25	123,579
2,50	103,152
3,75	88,293
5,00	78,160
6,25	71,759
7,50	68,145
8,75	66,535
10,00	66,329

Fonte: do autor (2019).

Tabela A.11 – Distribuição de temperatura na aleta K.

<b>Posição [cm]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
0,00	150,000
1,25	131,487
2,50	116,984
3,75	105,358
5,00	95,864
6,25	87,994
7,50	81,400
8,75	75,883
10,00	75,635

Fonte: do autor (2019).

Tabela A.12 – Distribuição de temperatura na aleta L.

<b>Posição [cm]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
0,00	150,000
1,25	121,970
2,50	103,053
3,75	90,242
5,00	81,667
6,25	76,129
7,50	72,838
8,75	71,260
10,00	71,032

Fonte: do autor (2019).

Tabela A.13 – Distribuição de temperatura na aleta M.

<b>Posição [cm]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
0,00	150,000
1,25	133,999
2,50	119,629
3,75	106,744
5,00	95,210
6,25	84,905
7,50	75,719
8,75	67,558
10,00	67,347

---

Fonte: do autor (2019).