

# VERIFICAÇÃO EXPERIMENTAL DO FLUXO TÉRMICO EM UMA BARRA DE AÇO GALVANIZADO

<sup>1</sup>Alan Torres de Andrade Nóbrega, alan.torres1993@gmail.com

<sup>1</sup>Deuziléa Martins das Neves, deuzileaneves@gmail.com

<sup>1</sup>Dilmara Mafra Silva, dilmaramafra@hotmail.com

<sup>1</sup>Hênio Ricardo de Alencar Santos, henio.ricardo@hotmail.com

<sup>1</sup>Jônatha Maiko dos Santos Varela, jonathamaiko@hotmail.com

<sup>1</sup>Letícia Pinto Amorim Ferreira, leticiaamorim29@outlook.com

<sup>2</sup>Isaque Silva dos Santos, isaqsts@hotmail.com

Pitágoras Sistema Educacional de Educação Superior Sociedade Ltda, São Luís/MA.

<sup>1</sup>Graduandos em Engenharia Mecânica da Faculdade Pitágoras de São Luís.

<sup>2</sup>Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual do Maranhão. Especialista em Segurança do Trabalho da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, São Luís – MA, Brasil. Email: isaqsts@hotmail.com.

**RESUMO:** *O presente artigo tem como objetivo demonstrar experimentalmente a análise do fluxo em uma barra de aço galvanizado. Os metais são bons condutores de calor, propriedade atribuída à estrutura atômica e ao fato destes elementos possuírem elétrons livres, que fornecem um mecanismo eficiente de transporte de energia térmica das regiões quentes para as frias do corpo material. Foi realizada a análise na amostra, colocando-se uma das extremidades de uma barra de aço galvanizado em uma chama e verificando a sua temperatura em pontos pré-estabelecidos ao longo da mesma, observa-se que os pontos adquirem uma temperatura considerável, apesar de não estarem em contato direto com o fogo. Variáveis como tempo de exposição, dimensionamento dos equipamentos e até os desvios causados por diferentes amostragens, podem influenciar diretamente nos resultados encontrados; porém, pode-se concluir que as moléculas na extremidade quente aumentam a intensidade de suas vibrações à medida que a temperatura desta extremidade aumenta, e já que existe colisão entre as moléculas vizinhas, há transferência de parte de sua energia, de modo que o calor específico se eleva em pontos cada vez mais distantes. Os resultados obtidos em laboratório de mecânica, utilizando os instrumentos de medição calibrados corretamente para a medição de espessura, base e altura, demonstraram-se satisfatórios para a verificação experimental do fluxo térmico da barra.*

**PALAVRAS-CHAVE:** *Transmissão de calor, condução, fluxo de calor.*

**ABSTRACT:** *This article aims to demonstrate experimentally the analysis of the flow in a galvanized steel bar. Metals are good conductors of heat, property assigned to the atomic structure and the fact these elements have free electrons, which provide an efficient mechanism of thermal energy transport warm for the cold regions of the material body. Analysis on the sample by placing one end of a galvanized steel bar in a flame and checking its temperature in pre-established points along the same, acquire a considerable temperature points, despite not being in direct contact with the fire. Variables as exposure time, sizing of equipment and even the deviations caused by different sampling, can influence directly on the results found; However, it can be concluded that the molecules in hot end increase the intensity of vibrations as the temperature increases, and this end since there is collision between neighboring molecules, there is transfer of part of its energy, so that the specific heat rises in increasingly distant points. The results obtained in the laboratory, using properly calibrated measuring instruments for measuring thickness, base and height, if satisfactory to the demonstrated experimental verification of the heat flow.*

**KEYWORDS:** *Heat transfer, conduction, heat flow.*

## **INTRODUÇÃO**

No estudo da transferência de calor, os primeiros conceitos a definir são a temperatura e calor. Estes conceitos encontram-se estreitamente relacionados. A temperatura está relacionada à quantidade de energia térmica ou calor num sistema. Na medida em que um sistema acumula calor, sua temperatura aumenta. Ao contrário, uma perda de calor provoca uma diminuição da temperatura do sistema. Na escala microscópica, este calor corresponde à agitação térmica de átomos e moléculas no sistema. Assim, uma elevação de temperatura corresponde a um aumento da velocidade de agitação térmica dos átomos. A temperatura é a propriedade de um material ou sistema que implica as noções comuns de “quente” ou “frio”. Em geral a matéria com a temperatura maior é dita mais quente. Apesar de todo mundo ter uma compreensão básica do conceito de temperatura, sua definição precisa não é tão evidente. Ao contrário de outras grandezas, como massa e comprimento, a temperatura é definida através de um conjunto de condições teóricas (princípios da termodinâmica), que se afastam dos alcances da disciplina. Porém, é importante entender que a temperatura é uma grandeza escalar, isto significa que para sua caracterização é preciso apenas conhecer seu módulo ou quantidade. Da mesma forma que a massa, o comprimento e o tempo, na temperatura só é necessário saber a

intensidade que ela possui. Mas ao contrário da massa e o tempo, a temperatura pode adotar tanto valores positivos como negativos. Sempre que existir uma diferença de temperatura em um meio ou entre meios diferentes, ocorre, necessariamente uma transferência de energia térmica. O calor ou fluxo de calor é definido então como a taxa de energia térmica transferida por unidade de tempo devido a uma diferença de temperatura. O calor, portanto, é uma grandeza física vetorial caracterizada pela intensidade e orientação espacial (direção e sentido). A transferência de calor ocorre na direção do gradiente de temperatura e no sentido decrescente da temperatura (de maior a menor temperatura). No sistema SI existe uma unidade de energia (térmica, mecânica ou elétrica) definida como Joule. A taxa de energia (potência), é por tanto energia/tempo, em que um Joule por segundo é equivalente a um Watt.

## **METODOLOGIA**

Colocando-se uma das extremidades de uma barra de aço galvanizado numa chama e segurando-se a outra com a mão, sente-se que esta se torna cada vez mais quente, embora não esteja em contato direto com o fogo. Diz-se que o calor atinge o extremo mais frio da barra por condução através do material. As moléculas na extremidade quente aumentam a intensidade de suas vibrações à medida que a temperatura desta extremidade aumenta. Quando elas colidem com as moléculas vizinhas, transferem uma parte de sua energia, de modo que a temperatura vai aumentando em pontos cada vez mais distantes da extremidade quente. Assim, a energia de movimento térmico passa de molécula a molécula, enquanto cada molécula permanece em sua posição original. Uma barra de comprimento  $L$  de seção transversal  $A$  acha-se inicialmente à temperatura uniforme  $T$ . Em um certo instante, coloca-se uma extremidade direita em contato com um corpo mantido a uma temperatura constante e a esquerda, um outro corpo mantido a uma temperatura mais alta. O restante da barra é envolvido por um material não condutor de calor. Após um tempo suficientemente longo, durante o qual as extremidades foram mantidas em  $T_i$  e  $T_f$  observa-se que a temperatura em pontos intermediários da barra decresce uniformemente com a distância da extremidade quente para a extremidade fria. Em cada ponto, no entanto, a temperatura permanece constante no tempo. Esta condição chama-se fluxo “estacionário” de calor.

**MATERIAIS UTILIZADOS:** Barra de aço galvanizado, bico de Busen, cronômetro, fósforo, micrômetro, multímetro, paquímetro, termopar tipo K.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

É bem conhecido o fato de que metais são bons condutores de eletricidade e de calor. A possibilidade que tem um metal de conduzir eletricidade é devido ao fato de eles terem “elétrons livres”, isto é, elétrons que se desligaram de suas moléculas ou átomos originais. Os elétrons livres também desempenham um papel relevante na condução de calor e a razão pela qual os metais são bons condutores de calor é que os elétrons livres fornecem um mecanismo eficiente de transporte de energia térmica das regiões quentes para as regiões frias do metal. Somente haverá condução de calor num corpo quando suas partes tiverem temperaturas diferentes. O sentido do fluxo de calor é sempre dos pontos de temperatura mais alta para os de mais baixa. A experiência mostra que a taxa de fluxo de calor através da barra, no estado estacionário, é proporcional à área  $A$ , proporcional à diferença de temperatura ( $T_f - T_i$ ) e inversamente proporcional ao comprimento  $e$ . Estas proporções podem ser convertidas em uma equação que apresenta uma constante  $k$ , cujo valor numérico depende do material da barra. A constante  $k$  chama-se condutividade térmica do material. Essa equação é escrita por:

Analogia com eletricidade:

A equação acima também pode ser usada no cálculo da taxa de fluxo de calor através de uma lâmina, ou de qualquer corpo homogêneo que tenha seções retas uniforme, perpendiculares à direção do fluxo, desde que o fluxo tenha atingido as condições de fluxo estacionário e as extremidades mantenham-se em temperaturas constantes.

Quando a seção reta não é uniforme, ou quando o estado estacionário não foi atingido, a temperatura não varia necessariamente de modo uniforme, ao longo da direção de fluxo. Se  $x$  for a coordenada medida ao longo da trajetória do fluxo,  $dx$  será a espessura da camada e  $A$ , a seção reta perpendicular à trajetória.

Se tivermos  $n$  materiais de resistências  $R_1, R_2, \dots$  podemos associá-los em série ou paralelo, que é equivalente a um único material de resistência térmica  $R_s$  e  $R_p$ , respectivamente. Nesse caso, a resistência térmica será dada por:

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n \text{ (série)}$$

$$\frac{1}{R_p} =$$

Tabela 1 – Medição da espessura

Resp. Amostra	ESPESSURA	Média	Desvio padrão	Erro
Alan Torres	0,93	0,935	0,007071068	0,005
	0,94			
Aline Vanessa	0,93	0,925	0,007071068	0,005
	0,92			
Carlos Magno	0,93	0,93	0	0
	0,93			
Deuzilea Neves	0,92	0,92	0	0
	0,92			
Dilmara Silva	0,93	0,935	0,007071068	0,005
	0,94			
JonathaVarela	0,92	0,925	0,007071068	0,005
	0,93			
Leticia Pinto	0,93	0,925	0,007071068	0,005
	0,92			
Thyago Silva	0,94	0,94	0	0
	0,94			
		0,929375	0,007719024	0,001929756
		<b>RESULTADO</b>	<b>0,9274452</b>	

Fonte: Próprio autor

Tabela 2 – Medição da base

Resp. Amostra	BASE	Média	Desvio padrão	Erro
Alan Torres	30	29,95	0,070710678	0,05
	29,9			
Aline Vanessa	30	29,95	0,070710678	0,05
	29,9			
Carlos Magno	30	30,5	0,707106781	0,5
	31			
Deuzilea Neves	30	30,05	0,070710678	0,05
	30,1			
Dilmara Silva	31	31	0	0
	31			
JonathaVarela	30	30	0	0
	30			
Leticia Pinto	30,5	30,25	0,353553391	0,25
	30			
Thyago Silva	31	30,5	0,707106781	0,5
	30			
		30,275	0,452401002	0,113100251
		<b>RESULTADO</b>	<b>30,16189975</b>	

Fonte: próprio autor

Tabela 3 – Medição da altura

Resp. Amostra	ALTURA	Média	Desvio padrão	Erro
Alan Torres	58,55	58,225	0,459619408	0,325
	57,9			
Aline Vanessa	58,8	58,9	0,141421356	0,1
	59			
Carlos Magno	58,8	58,15	0,919238816	0,65
	57,5			
Deuzilea Neves	58,1	58,05	0,070710678	0,05
	58			
Dilmara Silva	57,5	58,25	1,060660172	0,75
	59			
JonathaVarela	58,45	58,675	0,318198052	0,225
	58,9			
Leticia Pinto	58	58,25	0,353553391	0,25
	58,5			
Thyago Silva	59	58,5	0,707106781	0,5
	58			
		58,375	0,523768397	0,130942099
		<b>RESULTADO</b>	<b>58,2440579</b>	

Fonte: próprio autor

Tabela 4 – Medição da temperatura 1

Resp. Amostra	TEMPERATURA 1	Média	Desvio padrão	Erro
Alan Torres	160	155	7,071067812	5
	150			
Aline Vanessa	210	185	35,35533906	25
	160			
Carlos Magno	155	157,5	3,535533906	2,5
	160			
Deuzilea Neves	135	160	35,35533906	25
	185			
Dilmara Silva	150	157,5	10,60660172	7,5
	165			
JonathaVarela	155	152,5	3,535533906	2,5
	190			
Leticia Pinto	165	162,5	3,535533906	2,5
	160			
Thyago Silva	165	152,5	17,67766953	12,5
	140			
		160,3125	17,46126666	4,365316665
		<b>RESULTADO</b>	<b>155,9471833</b>	

Fonte: próprio autor

Tabela 5 – Medição da temperatura 2

Resp. Amostra	TEMPERATURA 2	Média	Desvio padrão	Erro
Alan Torres	110	127,5	24,74873734	17,5
	145			
Aline Vanessa	150	150	0	0
	150			
Carlos Magno	137	138,5	2,121320344	1,5
	140			
Deuzilea Neves	115	140	35,35533906	25
	165			
Dilmara Silva	130	140	14,14213562	10
	150			
JonathaVarela	130	135	7,071067812	5
	140			
Leticia Pinto	155	150	7,071067812	5
	145			
Thyago Silva	155	137,5	24,74873734	17,5
	120			
		139,8125	15,40224551	3,850561377
		<b>RESULTADO</b>	<b>135,9619386</b>	

Fonte: próprio autor

Tabela 6 – Medição da temperatura 3

Resp. Amostra	TEMPERATURA 3	Média	Desvio padrão	Erro
Alan Torres	90	102,5	17,67766953	12,5
	115			
Aline Vanessa	110	110	0	0
	110			
Carlos Magno	110	110	0	0
	110			
Deuzilea Neves	95	107,5	17,67766953	12,5
	120			
Dilmara Silva	90	100	14,14213562	10
	110			
JonathaVarela	100	100	0	0
	100			
Leticia Pinto	130	122,5	10,60660172	7,5
	115			
Thyago Silva	145	122,5	31,81980515	22,5
	100			
		109,375	14,36140662	3,590351654
		<b>RESULTADO</b>	<b>105,7846483</b>	

Fonte: Próprio autor

## CONCLUSÃO

A experiência mostra que a taxa de fluxo de calor através da barra, no estado estacionário, é proporcional à área A, proporcional à diferença de temperatura ( $T_f - T_i$ ) e

inversamente proporcional ao comprimento  $e$ . Estas proporções podem ser convertidas em uma equação que apresenta uma constante  $k$ , cujo valor numérico depende do material da barra. A constante  $k$  chama-se condutividade térmica do material.

## **REFERÊNCIAS**

- HAGENTOFT, C. Introduction to Building Physics. Studentlitteratur. Lund, Suécia, 2001. 422 p.
- INCROPERA, F; DEWITT, D. Transferência de Calor e Massa. Quinta Edição. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 2003. 698 p.
- LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F. Eficiência Energética nas Edificações. PW Editores. São Paulo, 1997. 188 p.
- LIRA, I. Transferência de calor – Apuntes de clase (ICM 2002). Departamento de Ingeniería Mecánica y Metalúrgica, PUC. Santiago de Chile, 2004. 105 p.