

## SOFTWARE EDUCACIONAL PARA CALCULO DE RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

**Resumo:** O presente trabalho tem por objetivo se tornar um aliado a disciplina de Resistência dos Materiais, uma vez que essa, é uma das mais empolgantes e difíceis do curso de engenharia. Devido a quantidade de fórmulas e cálculos envolvidos, os professores necessitam de muito tempo para corrigirem um único exercício, sem contar o tempo dos alunos em assimilar o conceito, no mesmo instante da correção desse exercício. Porém, isso não se compara com a dificuldade sofrida pelos alunos no momento em que eles decidem estudar, fora da sala de aula, e não tem como tirar as dúvidas com o professor. Diante desse cenário, surgiu a oportunidade de criar um software simples e autoexplicativo, que exibe passo a passo a solução do exercício proposto. De modo geral, o software para calculo de resistência dos materiais foi criado para: Servir como ferramenta na ministração das aulas da disciplina de Resistência dos Materiais; Bem como auxiliar alunos que estão cursando a disciplina de Resistência dos Materiais durante os estudos fora da sala de aula, uma vez que o professor não está presente para retirada de dúvidas.

**Palavras-chave:** Software Educacional. Resistência. Materiais. Cálculo. Resmat.

### 1 INTRODUÇÃO

A resistência dos materiais é o ramo da mecânica que estuda as relações entre cargas externas aplicadas a um corpo deformável e a intensidade das forças internas que atuam dentro do corpo, abrangendo também o cálculo das deformações do corpo e o estudo da sua estabilidade, quando submetido a solicitações externas (HIBBELER, 2010).

Para auxiliar no estudo da resistência dos materiais, o presente trabalho tem como principal entrega, o desenvolvimento de um software educacional. Esse software foi batizado de ResMat Calc em homenagem a disciplina que do nome ao mesmo. Ele dispõe, em seu banco de dados, as informações dos seguintes materiais:

Tabela 1 - Materiais Estudados.

Materiais	Módulo de Elasticidade (E)
Aço	210 GPa
Alumínio	70 GPa
Chumbo	17,5 GPa
Cobre	0,112 GPa
Concreto	36,9 GPa
Ferro	210 GPa
Latão	97 GPa
Magnésio	43,75 GPa
Titânio	107 GPa

Fonte - CALLISTER, 2016.

Giraffa (1999) defende que a visão cada vez mais consensual na comunidade da Informática Educativa é a de que "todo programa que utiliza uma metodologia que o contextualize no processo ensino e aprendizagem, pode ser considerado educacional".

Pensando nisso, o software ResMat Calc foi concebido de forma a dar liberdade aos docentes da disciplina de Resistência dos Materiais a priorizarem o ensino da essência da disciplina, a física e mecânica por trás dos cálculos, sua importância para a engenharia, sua aplicação prática em projetos e etc. Mas devido a falta de softwares educacionais nessa área, os professores acabam suprimindo essa parte da formação para poderem ensinar aos futuros engenheiros a realizar cálculos.

O software ResMat Calc foi desenvolvido na linguagem de programação Visual Basic 2010 Express, da empresa Microsoft. Foram gastas 240 horas de programação em um total de 4 meses de trabalho gerando um conjunto de aproximadamente 5000 linhas de código. O período de desenvolvimento do software compreende o segundo semestre de 2017 no qual o professor Antonio Sergio Alves do Nascimento ministrou as aulas de Resistência dos Materiais II (NASCIMENTO, 2017). Suas notas de aulas mostravam passo-a-passo a solução de cada exercício, isso foi uma fonte de pesquisa fundamental para que o software tivesse um design educacional

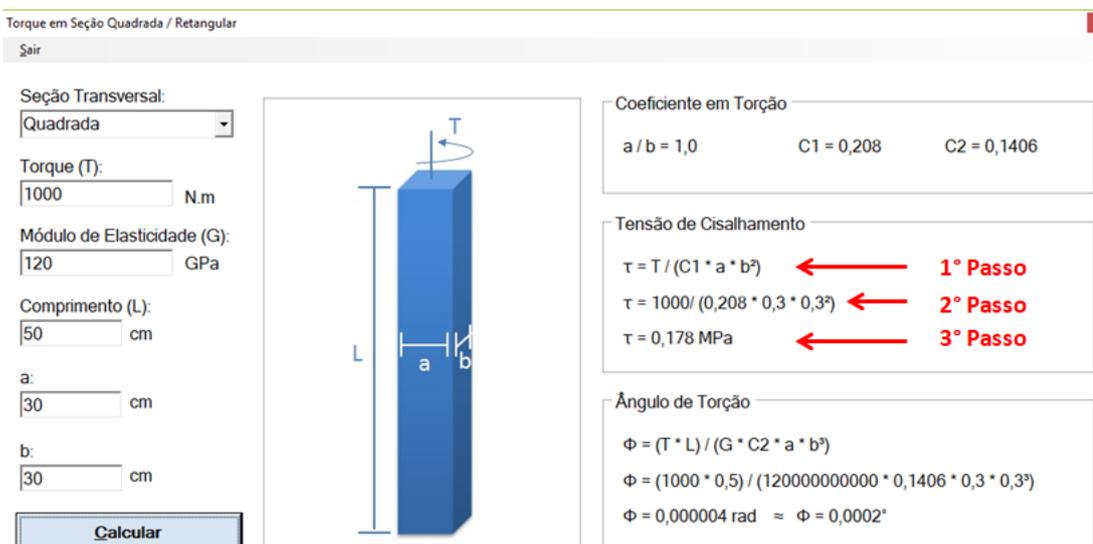
## 2 SOBRE O SOFTWARE RESMAT CALC

O escopo desse trabalho de conclusão de curso não é competir com os diversos softwares consolidados no mercado e sim criar uma ferramenta para auxiliar formação dos futuros engenheiros. Todos os cálculos realizados pelo ResMat Calc podem ser obtidos através de outros softwares, mas o diferencial que o ResMat Calc possui frente aos demais é que ele possui a didática dos 3 passos, isto é:

- 1° passo - Exibir a fórmula;
- 2° passo - Preencher as variáveis com os valores conhecidos;
- 3° passo - Exibir o resultado final.

Pode-se observar na figura 1, os 3 passos básicos que o sistema segue:

Figura 1 - Exemplo dos 3 passos executados pelo sistema.



Torque em Seção Quadrada / Retangular

Sair

Seção Transversal:  
Quadrada

Torque (T):  
1000 N.m

Módulo de Elasticidade (G):  
120 GPa

Comprimento (L):  
50 cm

a:  
30 cm

b:  
30 cm

Calcular

Diagrama: Um bloco azul retangular com comprimento L e largura a e b. Uma seta curva indica o torque T aplicado no topo.

Coefficiente em Torção  
a / b = 1,0      C1 = 0,208      C2 = 0,1406

Tensão de Cisalhamento  
 $\tau = T / (C1 * a * b^2)$  ← 1° Passo  
 $\tau = 1000 / (0,208 * 0,3 * 0,3^2)$  ← 2° Passo  
 $\tau = 0,178 \text{ MPa}$  ← 3° Passo

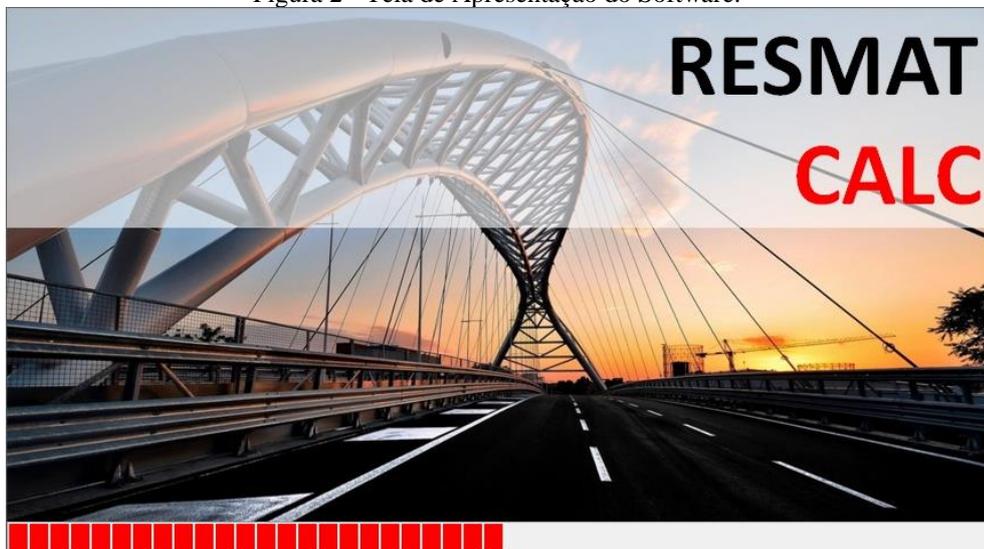
Ângulo de Torção  
 $\Phi = (T * L) / (G * C2 * a * b^3)$   
 $\Phi = (1000 * 0,5) / (120000000000 * 0,1406 * 0,3 * 0,3^3)$   
 $\Phi = 0,000004 \text{ rad} \approx \Phi = 0,0002^\circ$

Fonte - Elaborado pelo Autor.

## 2.1 Tela de Abertura do Software

Sempre que o software for aberto, a tela de apresentação será exibida, conforme a figura 2. Enquanto essa tela estiver sendo exibida, o software estará carregando em memória todas as tabelas e fórmulas que serão utilizadas para a realização dos cálculos.

Figura 2 - Tela de Apresentação do Software.

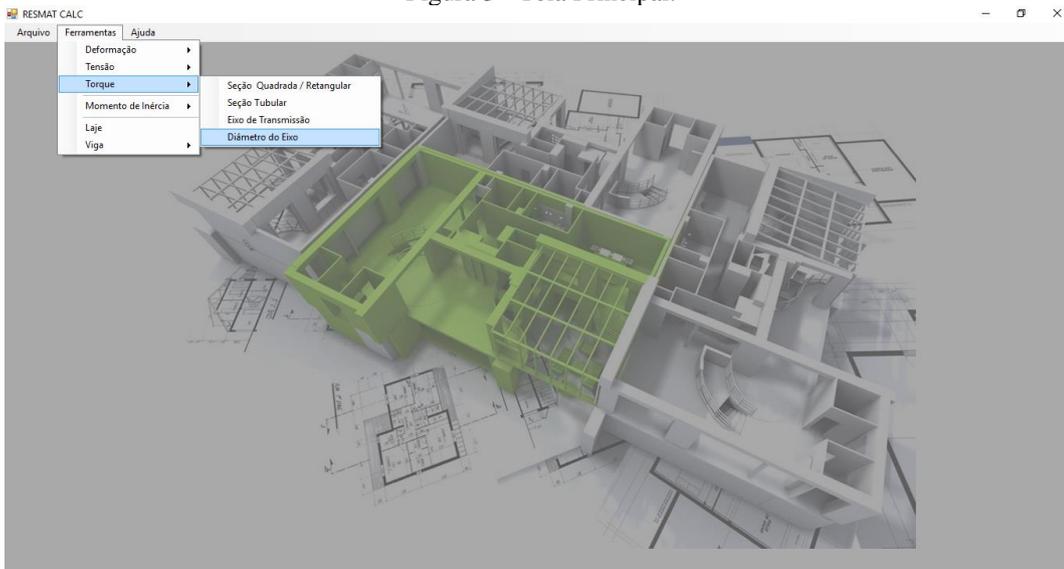


Fonte - Elaborado pelo Autor.

## 2.2 Tela Principal

A partir da tela principal do software é possível acessar todas as funções realizadas por ele. Segue a figura 3, onde é possível ver a tela principal do software:

Figura 3 - Tela Principal.

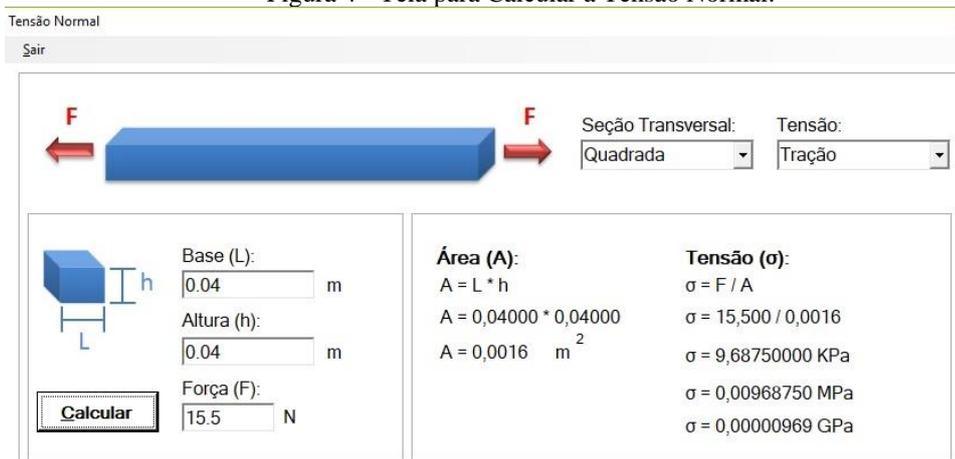


Fonte - Elaborado pelo Autor.

## 2.3 Tensão Normal

Representa a intensidade da força interna sobre um plano específico (área) que passa por um determinado ponto. A unidade em SI para tensão é o pascal (símbolo Pa), que é uma medida de força por unidade de área. A unidade da tensão é a mesma que a da pressão.

Figura 4 - Tela para Calcular a Tensão Normal.



Tensão Normal	
Saír	
	
Seção Transversal:	Tensão:
Quadrada	Tração
	<b>Área (A):</b> $A = L * h$ $A = 0,04000 * 0,04000$ $A = 0,0016 \text{ m}^2$
Base (L): <input type="text" value="0.04"/> m Altura (h): <input type="text" value="0.04"/> m Força (F): <input type="text" value="15.5"/> N	<b>Tensão (σ):</b> $\sigma = F / A$ $\sigma = 15,500 / 0,0016$ $\sigma = 9,68750000 \text{ KPa}$ $\sigma = 0,00968750 \text{ MPa}$ $\sigma = 0,00000969 \text{ GPa}$
<input type="button" value="Calcular"/>	

Fonte - Elaborado pelo Autor.

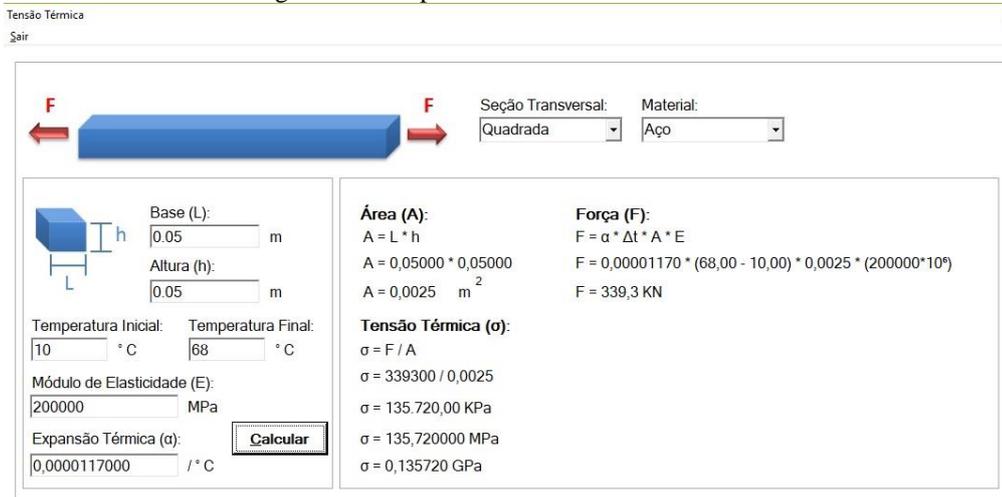
## 2.4 Tensão Térmica

A distribuição de temperatura em uma peça pode causar tensão térmica, seus efeitos podem causar tensões por dilatação ou de contração do material. Outro exemplo é a deformação

térmica, que é uma deformação permanente resultante de um período prolongado de aplicação de uma tensão abaixo do limite elástico.

Conforme figura 5, pode-se observar a tela do software para calcular a tensão térmica em um corpo de prova.

Figura 5 - Tela para Calcular a Tensão Térmica.



**Tensão Térmica**

Sair

Seção Transversal:  Material:

Base (L):  m  
Altura (h):  m

Temperatura Inicial:  °C Temperatura Final:  °C

Módulo de Elasticidade (E):  MPa

Expansão Térmica (α):  / °C

**Área (A):**  
A = L \* h  
A = 0,05000 \* 0,05000  
A = 0,0025 m<sup>2</sup>

**Força (F):**  
F = α \* Δt \* A \* E  
F = 0,00001170 \* (68,00 - 10,00) \* 0,0025 \* (200000\*10<sup>9</sup>)  
F = 339,3 KN

**Tensão Térmica (σ):**  
σ = F / A  
σ = 339300 / 0,0025  
σ = 135.720,00 KPa  
σ = 135,720000 MPa  
σ = 0,135720 GPa

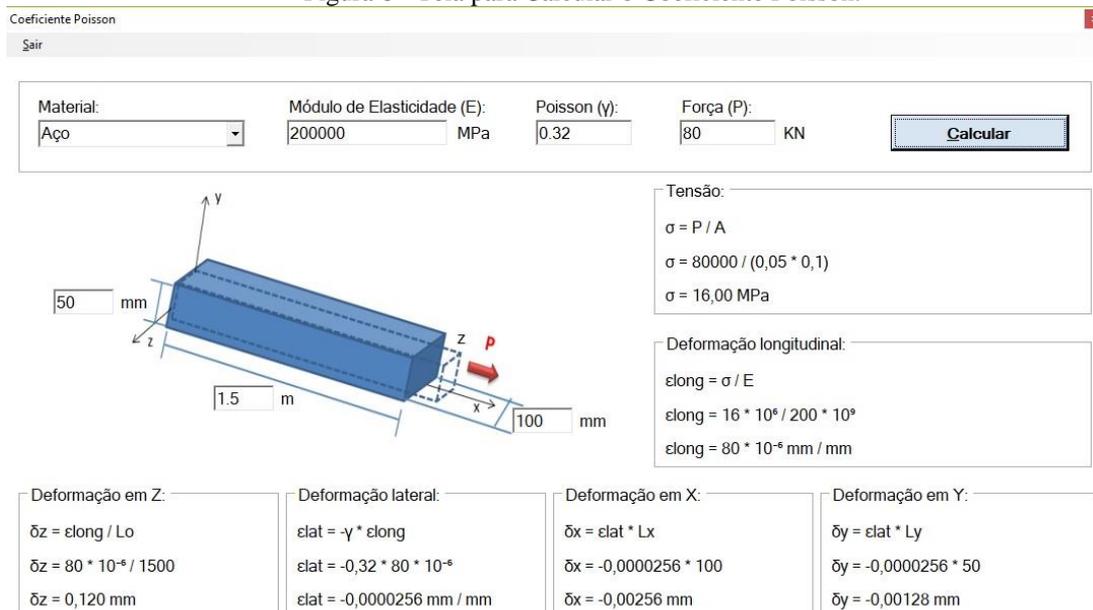
Fonte - Elaborado pelo Autor.

## 2.5 Coeficiente Poisson

O coeficiente Poisson,  $\nu$ , mede a deformação transversal (em relação à direção longitudinal de aplicação da carga) de um material homogêneo e isotrópico. A relação estabelecida é entre deformações ortogonais. O coeficiente Poisson varia com o tipo de material estudado e é uma grandeza sem dimensões.

Conforme figura 6, pode-se observar a tela do software para calcular o Coeficiente Poisson em um corpo de prova.

Figura 6 - Tela para Calcular o Coeficiente Poisson.



**Coeficiente Poisson**

Sair

Material:  Módulo de Elasticidade (E):  MPa Poisson (ν):  Força (P):  KN

Tensão:  
σ = P / A  
σ = 80000 / (0,05 \* 0,1)  
σ = 16,00 MPa

Deformação longitudinal:  
elong = σ / E  
elong = 16 \* 10<sup>6</sup> / 200 \* 10<sup>9</sup>  
elong = 80 \* 10<sup>-6</sup> mm / mm

Deformação em Z:  
δz = elong / L<sub>o</sub>  
δz = 80 \* 10<sup>-6</sup> / 1500  
δz = 0,120 mm

Deformação lateral:  
elat = -ν \* elong  
elat = -0,32 \* 80 \* 10<sup>-6</sup>  
elat = -0,0000256 mm / mm

Deformação em X:  
δx = elat \* L<sub>x</sub>  
δx = -0,0000256 \* 100  
δx = -0,00256 mm

Deformação em Y:  
δy = elat \* L<sub>y</sub>  
δy = -0,0000256 \* 50  
δy = -0,00128 mm

Fonte - Elaborado pelo Autor.

## 2.6 Torque Aplicado ao Eixo de Transmissão

Torque é uma medida de força que pode causar um objeto a girar ao redor de um eixo. Assim como a força é o que faz um objeto acelerar em cinemática linear, torque é o momento que tende a torcer a peça em torno de seu eixo longitudinal.

Conforme Figura 7, pode-se observar a tela do software para calcular o Torque aplicado a um Eixo de Transmissão.

Figura 7 - Tela para Calcular o Eixo de Transmissão.



Eixo de Transmissão

Sair

Potência (P): 20 HP Rotação: 1750 rpm Diâmetro da Transmissão: 12 mm **Calcular**

P = 14.920,00 W      f = 29,17 rps      R = 0,006 m

Torque Aplicado ao Eixo de Transmissão

$$T = P / (2 * \pi * f)$$

$$T = 14920 / (2 * \pi * 29,17)$$

$$T = 81,4146 \text{ N.m}$$

Tensão de Cisalhamento Máxima

$$\tau_{\max} = (T * R) / J_o$$

$$\tau_{\max} = (81,4146 * 0,006) / (\pi / 2) * 0,006^4$$

$$\tau_{\max} = 239,95440 \text{ MPa}$$

Fonte - Elaborado pelo Autor.

## 2.7 Dimensionamento do Eixo do Motor

No dimensionamento dos elementos de eixos, vários são os critérios que podem ser utilizados para o estabelecimento de suas dimensões mínimas, compatíveis com as propriedades mecânicas dos materiais utilizados.

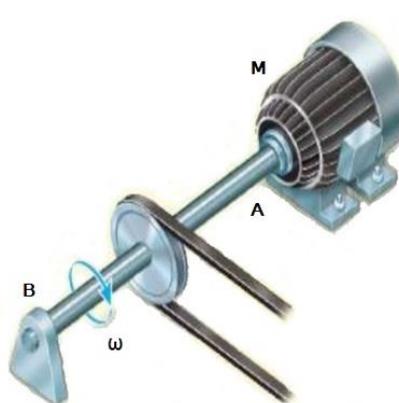
Conforme Figura 8, pode-se observar a tela do software para calcular o diâmetro necessário para o eixo AB de acordo com as solicitações informadas.

Figura 8 - Tela para Calcular o Eixo de Transmissão.

Torque - Diâmetro do Eixo do Motor

Sair

Potência (P): 70 HP	Rotação ( $\omega$ ): 1750 rpm	Tensão Admissível ( $\tau_{adm}$ ): 70 GPa	<b>Calcular</b>
------------------------	-----------------------------------	---	-----------------



P = 52.220,00 W      f = 29,17 rps       $\tau_{adm} = 70 \cdot 10^9$

Torque Aplicado ao Eixo AB

$T = P / (2 \cdot \pi \cdot f)$   
 $T = 52220 / (2 \cdot \pi \cdot 29,17)$   
 $T = 284,9511 \text{ N.m}$

Diâmetro do Eixo AB

$R = \sqrt[3]{(2T) / (\pi \cdot \tau_{adm})}$   
 $R = \sqrt[3]{(2 \cdot 284,951) / (\pi \cdot 70 \cdot 10^9)}$   
 $R = 1,374 \text{ mm} \approx D = 2,747 \text{ mm}$

Fonte - Elaborado pelo Autor.

## 2.9 Flambagem em Pilar

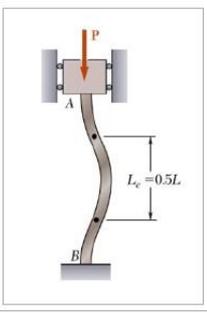
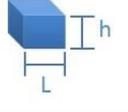
A flambagem acontece quando a peça sofre flexão transversalmente devido à compressão axial. A flambagem é considerada uma instabilidade elástica, assim, a peça pode perder sua estabilidade sem que o material já tenha atingido a sua tensão de escoamento.

Conforme Figura 10, pode-se observar a tela do software para calcular a Tensão por Flambagem aplicada a viga.

Figura 10 - Tela para Calcular a Flambagem em Pilar.

Flambagem

Sair

Vínculo: <input type="text" value="Bi Engastada"/>	Seção Transversal: <input type="text" value="Quadrada"/>	Material: <input type="text" value="Aço"/>	
Barra (L): <input type="text" value="1.5"/> m	 Base (L): <input type="text" value="0.025"/> m	Módulo de Elasticidade (E): <input type="text" value="200000"/> MPa	
		Fator de Segurança (FS): <input type="text" value="1.8"/>	

**Calcular**

<b>Momento de Inércia</b> $I = (b \cdot h^3) / 12$ $I = (0,025 \cdot 0,025^3) / 12$ $I = 0,00000003 \text{ m}^4$	<b>Índice de Esbeltez</b> $\lambda = L_e / r$ $\lambda = 0,75 / 0,00722$ $\lambda = 103,92305$	<b>Carga Crítica</b> $P_{cr} = (\pi^2 / L_e^2) \cdot EI$ $P_{cr} = (\pi^2 / 0,75^2) \cdot 200000000 \cdot 0,00000003$ $P_{cr} = 114,231 \text{ KN}$
<b>Tensão Crítica</b> $\sigma_{cr} = (\pi^2 / \lambda^2) \cdot E$ $\sigma_{cr} = (\pi^2 / 103,92305^2) \cdot 200000000$ $\sigma_{cr} = 182,770,376 \text{ KN}$	<b>Carga Admissível</b> $Padm = P_{cr} / FS$ $Padm = 114,231 / 1,8$ $Padm = 63,462 \text{ KN}$	<b>Tensão Admissível</b> $\sigma_{adm} = \sigma_{cr} / FS$ $\sigma_{adm} = 182,770,376 / 1,8$ $\sigma_{adm} = 101,539,098 \text{ KN}$

Fonte - Elaborado pelo Autor.

## 2.11 Momento de Inércia

O momento de inércia representa a inércia (resistência) associada à tentativa de giro de uma área, em torno de um eixo, e pode ser representado numericamente através do produto da área pelo quadrado da distância entre a área e o eixo de referência. (BOTELHO, 2015).

Conforme Figura 12, pode-se observar a tela do software para calcular o momento de inércia em uma seção transversal de perfil C.

Figura 12 - Tela para Calcular o Momento de Inércia em Seção Transversal C.

Momento de Inércia - Seção Transversal C ✖

Sair



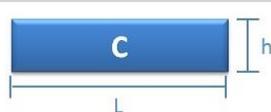
**Calcular**



Base (L):  mm  
 Altura (h):  mm  
 Área (A): 1.875,00 mm<sup>2</sup>  
 Centroide: (62,50; 292,50)



Base (L):  mm  
 Altura (h):  mm  
 Área (A): 4.050,00 mm<sup>2</sup>  
 Centroide: (7,50; 150,00)



Base (L):  mm  
 Altura (h):  mm  
 Área (A): 1.875,00 mm<sup>2</sup>  
 Centroide: (62,50; 7,50)

$$\bar{X} = \frac{(1.875,00 \cdot 62,50) + (4.050,00 \cdot 7,50) + (1.875,00 \cdot 62,50)}{1.875,00 + 4.050,00 + 1.875,00} \quad \bar{X} = 33,94 \text{ mm}$$

$$\bar{Y} = \frac{(1.875,00 \cdot 292,50) + (4.050,00 \cdot 150,00) + (1.875,00 \cdot 7,50)}{1.875,00 + 4.050,00 + 1.875,00} \quad \bar{Y} = 150,00 \text{ mm}$$

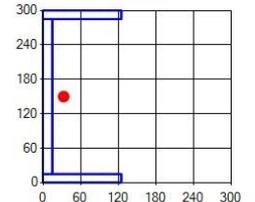
$$I_x = \left[ \frac{(125,00 \cdot 15,00^3)}{12} + 1875 \cdot (292,5 - 150,00)^2 \right] + \left[ \frac{(15,00 \cdot 270,00^3)}{12} + 4050 \cdot (150 - 150,00)^2 \right] + \left[ \frac{(125,00 \cdot 15,00^3)}{12} + 1875 \cdot (7,5 - 150,00)^2 \right]$$

$$I_x = 100.822.500,00 \text{ mm}^4$$

$$I_y = \left[ \frac{(125,00^3 \cdot 15,00)}{12} + 1875 \cdot (62,5 - 33,94)^2 \right] + \left[ \frac{(15,00^3 \cdot 270,00)}{12} + 4050 \cdot (7,5 - 33,94)^2 \right] + \left[ \frac{(125,00^3 \cdot 15,00)}{12} + 1875 \cdot (62,5 - 33,94)^2 \right]$$

$$I_y = 10.848.774,08 \text{ mm}^4$$

**CENTROIDE**



Fonte - Elaborado pelo Autor.

### 3 DESIGN

O software ResMat Calc foi concebido de forma a dar liberdade aos docentes da disciplina de Resistência dos Materiais a priorizarem o ensino da essência da disciplina, a física e mecânica por trás dos cálculos, sua importância para a engenharia, sua aplicação prática em projetos etc. Mas devido a falta de softwares educacionais nessa área, os professores acabam suprimindo essa parte da formação para poderem ensinar aos futuros engenheiros a realizar cálculos.

#### 3.1 Aplicações

Por se tratar de um software educacional, sua distribuição será gratuita tanto para pessoa física quanto para pessoa jurídica. O software ResMat Calc se destina a comunidade acadêmica: Professores de engenharia; Alunos de engenharia; Engenheiros recém-formados; Pessoas que desejam prestar concurso, arquitetos, técnicos e etc.

#### 3.2 Rapidez

O software ResMat Calc realiza os cálculos em 154 milésimos de segundo, isso é mais rápido do que um piscar de olhos. Todavia o tempo médio para realizar os mesmos cálculos manualmente, com auxílio de uma calculadora, são de 20 minutos.

#### 3.3 Cofiabilidade

O software ResMat Calc possui em seu banco de dados, informações como: fórmulas, tabelas e coeficientes para automatizar a realização dos cálculos. Isso elimina o fator humano que pode representar um elo fraco nesse processo.

#### 3.4 Precisão

O software ResMat Calc pode trabalhar com uma precisão de cálculo com até 18 casas decimais.

#### 3.5 Perfil Educacional

Quando comparado com outros softwares de engenharia, o ResMat Calc é o único que exhibe passo a passo a realização dos cálculos, conforme a metodologia ensinada pelo professor DSc. Antonio Nascimento durante as aulas de Resistência dos Materiais II (NASCIMENTO, 2017). Isso lhe compete o status de ferramenta para auxiliar professores e alunos durante o processo de aprendizado.

#### 3.6 Usabilidade

O software ResMat Calc é extremamente simples de usar, basta que o usuário possua conhecimentos básicos do sistema operacional Windows. Uma vez aberto o software, basta informar os parâmetros necessários e pressionar o botão [Calcular].

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados apresentados, o software ResMat Calc é uma ferramenta excepcional para os professores que lecionam a disciplina de Resistência dos Materiais. De acordo com testes realizados, o software ResMat Calc proporcionou uma economia média de 20 minutos por exercício. Adicional a essa economia, temos a garantia de que de os cálculos estarão sempre corretos, uma vez que o software é o responsável por realizá-los, eliminando assim fatores humanos, por exemplo: erros de digitação, arredondamentos, erros nas aplicações das fórmulas, desatenção, fadiga etc. Todo o tempo, antes gasto para corrigir os exercícios, poderá ser reutilizado para explicar os alunos e até mesmo avançar com a ementa da disciplina.

## REFERÊNCIAS

- BEER, F. P.; JOHNSTON Jr., R. **Mecânica dos Materiais**. 7.º Ed. Mc Graw-Hill, 2015.
- BOTELHO, M. H. C. **Resistência dos Materiais: para entender e gostar**. 3.º Ed. São Paulo: Blucher, 2015.
- CALLISTER, William D. **Ciência e Engenharia de Materiais - Uma Introdução**, 9.º Ed. São Paulo, Editora: LTC, 2016.
- GIRAFFA, Lucia Maria Martins. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais**. Tese de Doutorado, 1999.
- HALVORSON, Michael. **Microsoft Visual Basic 2010: Passo a Passo**, 1º Ed. São Paulo, Editora: Bookman, 2011.
- HIBBELER, R. C. **Resistência dos materiais**. 7.º Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- MELCONIAN, Sarkis. **Mecânica Técnica e Resistência dos Materiais**. 17ª edição. São Paulo: Editora Érica, 2003.
- NASCIMENTO, Antonio Sergio Alves do. **Avaliação AV1 de Resistência dos Materiais II**. UNESA, 2017.
- NASCIMENTO, Antonio Sergio Alves do. **Notas das Aulas de Resistência dos Materiais II**. UNESA, 2017.
- NASH, W. A. **Resistência dos Materiais**. Coleção Schaum 5.º. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- OHARA, Mauro Yuji. **Manual de Sistemas de Informação**. 1.º Ed. Editora: Edifício, 2012.

## EDUCATIONAL SOFTWARE TO CALCULATE MATERIAL SCIENCE

**Abstract:** *This project aims to become an ally of the Materials Science discipline, since this one is the most exciting and difficult of the engineering course. Due to the amount of formulas and calculations involved, teachers need too much time to correct a single exercise, without considering the time of the students to assimilate the concept, at the same time as correcting this exercise. However, this does not compare with the difficulty experienced by the students when they decide to study, outside the classroom, and there is no way to clear the doubts with the teacher. Given this scenario, the opportunity arose to create a simple and self-explanatory software that shows step by step the solution of the proposed exercise. In general, the Materials Science calculation software was created to: Serve as a tool in the teaching of Materials Science classes; As well as assisting students who are learning the Materials Science during studies outside the classroom, since the teacher is not present to withdraw doubts.*

**Keywords:** *Educational Software. Science; Materials; Software; ResMat.*