

## FORÇA EFETIVA NO MASTRO DE UM VELEIRO DE CORRIDA

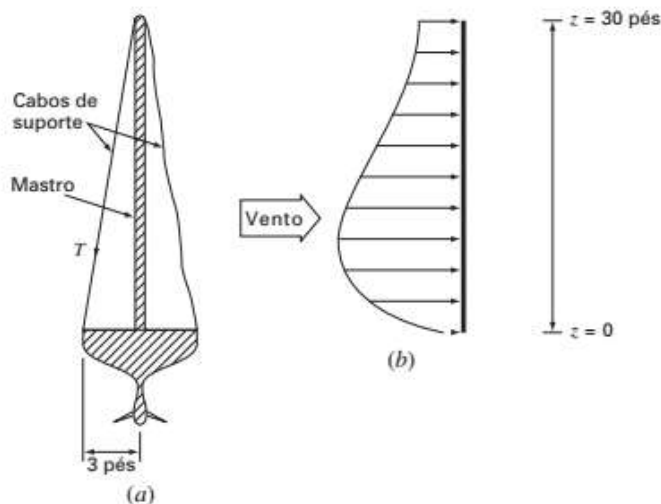
(ENGENHARIA CIVIL/AMBIENTAL)

O programa em questão visa à resolução de um problema específico e prático, usando o método de integração numérica.

**Problema:** Uma seção transversal de um veleiro de corrida é mostrada na Figura 1(a). A força do vento ( $f$ ) exercida por pé do mastro da vela varia como uma função da distância acima do convés do barco ( $z$ ), como na Figura 1(b). Calcule a força de tensão  $T$  no cabo de suporte esquerdo do mastro supondo que o cabo de suporte direito está completamente frouxo e que o mastro está ligado ao convés de modo que transmite forças horizontais e verticais, mas não transmite torques. Suponha que o mastro permaneça vertical.

FIGURA 1:

(a) Seção transversal de um veleiro de corrida. (b) Força do vento  $f$  exercida por pé do mastro como uma função da distância  $z$  acima do convés do barco.



A força aplicada no mastro, é descrita pela integral:

$$F = \int_0^{30} 200 \left( \frac{z}{5+z} \right) e^{-2z/30} dz$$

Onde os limites de integração, se dão pela altura do mastro. Essa integral não-linear é difícil de calcular analiticamente. Portanto, é conveniente empregar abordagens numéricas.

Inicialmente é pedido ao usuário, o tamanho do mastro e em quantos subintervalos esse será dividido para efeitos de cálculo, sendo a precisão dos resultados proporcional ao número de subintervalos. O programa retorna ao usuário o somatório das áreas abaixo do gráfico (figura 1b) determinadas pelo número de segmentos e que tem como resultado a força resultando no mastro. Retorna também, a tensão no cabo de suporte do mastro depois de obtidos os parâmetros anteriores para o seu cálculo. Sendo ambos os resultados calculados pelos métodos de integração numérica dos trapézios e de Simpson.

De posse dos dados necessários para resolução do problema, o programa agrupa em listas os dados de cada coluna de ambas as tabelas, tendo em consideração que essas tabelas diferem apenas na coluna  $C_i$ , como pode-se observar nas tabelas 1 e 2. Assim, inicia-se a resolução da questão, agrupando os valores das listas  $C_i$ , que são índices constantes para toda

integral, de acordo com o método utilizado. Em seguida, forma-se a lista  $X_i$  ou  $Z_i$ , que são calculados de acordo com o número de subintervalos e da altura do mastro.

Tabela 1: Integração pelo método de simpson

$i$	$x_i$	$y_i$	$c_i$
0	a	$f(a)$	1
1			4
2			2
3			4
..	..	..	2
m	b	$f(b)$	1

Tabela 2: Integração pelo método dos trapézios

$i$	$x_i$	$y_i$	$c_i$
0	a	$f(a)$	1
1			2
2			2
3			2
..	..	..	2
m	b	$f(b)$	1

Por conseguinte, compõe-se a lista  $Y_i$ , que é formada substituindo os valores de  $X_i$  na equação a ser integrada, e por último a coluna  $C_i \cdot Y_i$ , que é a multiplicação das duas listas. Com o valor da somatória da lista  $C_i \cdot Y_i$ , calcula-se o valor da integral definida obtendo-se assim o valor da força aplicada no mastro (com ambos os métodos).

Agora, através da fórmula 
$$d = \frac{\int_0^{30} z f(z) dz}{\int_0^{30} f(z) dz}$$
 calcula-se a posição de ação

efetiva da força resultante onde os limites de integração também são dados pela altura do mastro.

E então, sabendo o valor da força e seu local de aplicação, é usado o método do diagrama de corpo livre para desenvolver as equações de balanço de força e balanço de torque. Somando as forças na direção horizontal e na vertical e tomando os torques em relação a um ponto, pode-se encontrar o segundo resultado concedido pelo programa, a tensão no cabo.

Esse problema ilustra bem duas utilidades da integração numérica que podem ser encontradas durante o projeto de estruturas em engenharia. Os métodos de integração numérica são ferramentas práticas para a resolução de problemas sendo o processo de Simpson mais acurada do que a regra do trapézio para o mesmo passo, e assim, em geral, é mais utilizado.

## DA INTERFACE GRÁFICA

A interface foi construída no programa Qt Designer, salva como FEMVC.ui e depois convertido para FEMVC.py. Primou-se pela objetividade e simplicidade do programa para obter as forças e tensões.

Conta com duas entradas Altura do Mastro (Hmastro no código) e Seções do Mastro (Smatro no código). O botão Calcular foi descrito no início do código e fica com essa cara:

```
# -*- coding: utf-8 -*-
from __future__ import division

# importação da interface
from PyQt4.QtGui import *
import sys
from FEMVC import *
import math

# função para o botão "Calcular"
def bntCalcularClick(self):
    limitesuperior=int(ui.Hmastro.text())
    limiteinferior=0
    amplitude=(limitesuperior-limiteinferior)
    segmentos=int(ui.Smastro.text())
    intervalo=amplitude/segmentos
```

Ao clicar em Calcular, a máquina realiza todos os cálculos do código fonte mostrando o resultado nos campos conforme o modelo de integral. Pelo método dos trapézios, tem-se Força Efetiva (FmastroT, no código) e Tensão no Cabo (TcaboT, no código). Pelo método de Simpson, tem-se Força Efetiva (FmastroS, no código) e Tensão no Cabo (TcaboS, no código). Ainda dentro da função *bntCalcularClick(self)*, tem-se:

```
#cálculo da integral Metodo do Trapezio#
Ft=soma*(intervalo/2)
#Calculo da distancia d Metodo Trapezio#
resultado2=soma5*(0.5/2)
dt=resultado2/Ft
#Calculo da integral Metodo 1/3 Simpson#
Fs=soma4*(intervalo/3)
#Calculo da distancia d Metodo 1/3 Simpson#
resultado3=soma3*(0.5/3)
ds=resultado3/Fs
#Calculo da Reação V#
v1=(Ft*dt)/3
v2=(Fs*ds)/3
#Calculo da Tensão#
ang=math.atan(3/30)
T1=v1/(math.cos(ang))
T2=v2/(math.cos(ang))

#Resultados
ui.FmastroS.setText(str(Fs))
```

```
ui.FmastroT.setText(str(Ft))
ui.TcaboS.setText(str(T2))
ui.TcaboT.setText(str(T1))
```

No final do código, ficam os comandos responsáveis por fazer a interface surgir e funcionar o botão Calcular (pushButton no código):

```
# Iniciando a aplicação:
app = QApplication(sys.argv)

# Criando a janela principal:
window = QtGui.QDialog()
ui = Ui_Dialog()
ui.setupUi(window)

# ativando o botão "Calcular"
ui.pushButton.clicked.connect(bntCalcularClick)

# mostrar janela
window.show()
sys.exit(app.exec_())
```