

3.05.99- Engenharia Mecânica.

IMPLEMENTAÇÃO EM VISUAL BASIC DE SOLUÇÕES ANALÍTICAS DE PROBLEMAS DE CONTATO.Samuel Gustavo Alves Araújo^{1*}, Thiago Doca²

1. Estudante de IC do Departamento de Engenharia Mecânica - UnB
2. Professor do Departamento de Engenharia Mecânica- UnB/Orientador

Resumo:

O objetivo deste trabalho consiste em implementar soluções analíticas em uma ferramenta acessível para solução de configurações clássicas de contato entre sólidos dentro do regime elástico de deformações, também conhecidos como problemas Hertzianos. A implementação é feita em linguagem Visual Basic e servirá como ferramenta de análise preliminar para obtenção de condições de contorno de ensaios mecânicos realizados em unidades laboratoriais de Grupo de Fadiga, Fratura e Materiais (FT/ENM).

Palavras-chave: Mecânica do contato; Implementação; Visual Basic.

Apoio financeiro: Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal.

Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição: Universidade de Brasília-UnB.

Introdução:

Os problemas de contato são encontrados no dia-a-dia e na maioria dos problemas industriais. Esta classe de problemas é o objeto da Mecânica do Contato, área de estudo das tensões e deformações que surgem quando corpos no espaço interagem fisicamente. Estes corpos são limitados por restrições que asseguram que, uma vez em contato, não haja penetração entre os mesmos [1].

Uma das abordagens para a solução de problema de contato mecânico envolve a formulação analítica baseada na Teoria de Hertz [2], na formulação de Cattaneo [3] e de Mindlin [4]. Estas soluções analíticas são amplamente utilizadas para pré-análise de variáveis experimentais de ensaios executados por alunos e pesquisadores do grupo de Fadiga, Fratura e Materiais da Universidade de Brasília (GFFM/UnB). Muitas vezes este processo de preliminar é lento e ineficiente.

Este trabalho tem como objetivo empregar e implementar soluções analíticas de problemas de contato entre sólidos. Iremos analisar cinco configurações de contato, quatro Hertzianas e uma não-Hertziana, são elas: esfera-esfera, cilindro-cilindro, cilindro-plano, esfera-plano e identador cônico. Este software irá implementar soluções analíticas, como a solução gráfica do problema.

O foco será dado ao problema Hertziano. Esta classe de problema de contato, possui soluções analíticas desde que algumas condições sejam atendidas:

- Pequenas deformações, dentro do limite elástico;
- As superfícies contínuas e não conformes (o que implica que área de contato é muito menor do que as dimensões características dos organismos em contato);
- Pelo menos um dos corpos deve ser considerado um semi-espaço elástico;
- Não haja atrito entre as superfícies.

As configurações e respectivas soluções analíticas dos problemas abordados neste trabalho são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Tipos de problema e soluções.

Configuração	Semi-comprimen- to de contato, a	Força de contato, Fn	Pressão máxima de contato, p0
Cilindros paralelos	$2 \sqrt{\left(\frac{4FR_{eq}}{\pi E_{eq}L}\right)}$	$\frac{4E_{eq}\sqrt{R_{eq}}\sqrt{F}}{3}$	$\frac{2F}{\pi a}$
Cilindro-plano	$2 \sqrt{\left(\frac{4FR_{eq}}{\pi E_{eq}L}\right)}$	$\frac{4E_{eq}\sqrt{R_{eq}}\sqrt{F}}{3}$	$\frac{2F}{\pi a}$
Esfera-esfera	$3 \sqrt{\left(\frac{3FR_{eq}}{4E_{eq}}\right)}$	$\frac{4E_{eq}\sqrt{R_{eq}}\sqrt{F}}{3}$	$\frac{3F}{2\pi a^2}$
Esfera-plano	$3 \sqrt{\left(\frac{3FR_{eq}}{4E_{eq}}\right)}$	$\frac{4E_{eq}\sqrt{R_{eq}}\sqrt{F}}{3}$	$\frac{3F}{2\pi a^2}$
Identador cônico	$\frac{2d}{\pi t g(\theta)}$	$\frac{2Ed^2}{\pi(1-v^2)t}$	$\frac{E_1 d}{(\pi a(1-v^2)) \cosh\left(\frac{a}{r}\right)}$

Metodologia:

A metodologia deste trabalho de iniciação científica está dividida em 4 etapas.

1. Estudo sobre soluções analíticas de problemas de contato

Nesta etapa introdutória do programa de iniciação científica foram feitas leituras sobre Mecânica do Contato, Mecânica dos Sólidos e Mecânica dos Meios Contínuos.

2. Algoritmos de solução e linguagem VBASIC

Estudo dos diversos métodos analíticos de soluções de problemas de contato, desenvolvimento de algoritmos numéricos e utilização da linguagem de programação Visual Basic (VBasic). O VBasic é uma linguagem de programação criada, com fins didáticos, pelos professores do Dartmouth College: John George Kemeny e Thomas Eugene Kurtz em 1964. Esta linguagem é amplamente utilizada para confecção de softwares dentro do sistema operacional Windows, como o pacote Office por exemplo.

3. Validação de ferramentas computacional

Com o objetivo de validar a capacidade preditiva do programa VBasic, o mesmo é empregado na solução de problemas clássicos (Benchmarks) e também comparados com ensaios experimentais. Nesta fase do trabalho também foram geradas imagens renderizadas das configurações de contato abordados pelo software (Figura 1).

4. Análise de problemas industriais

A ferramenta desenvolvida será empregada na análise de problemas reais presentes na indústria. Serão estudados exemplos utilizados na disciplina de Máquinas de Elevação e Transporte. Os dados coletados serão analisados e utilizados para avaliação do comportamento mecânico de materiais utilizados em setores da indústria nacional.

Resultados e Discussão:

Primeiramente foi criado uma tela principal onde o usuário do software tem a opção de escolher o problema Hertziano a ser analisado, figura 1.

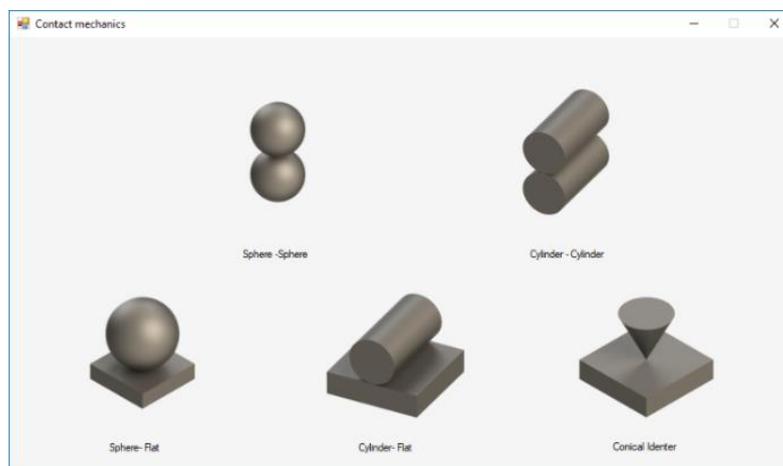


Figura 1. Tela principal do software.

Após a seleção da opção, por exemplo o tipo “esfera-esfera” (Sphere-Sphere), outra tela surge para especificação de parâmetros geométricos (dimensões), propriedades materiais (o módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson) e condições de carregamento (força ou distância de indentação), conforme ilustrado pela Figura 2. Após a especificação de todas as variáveis de entrada do problema.

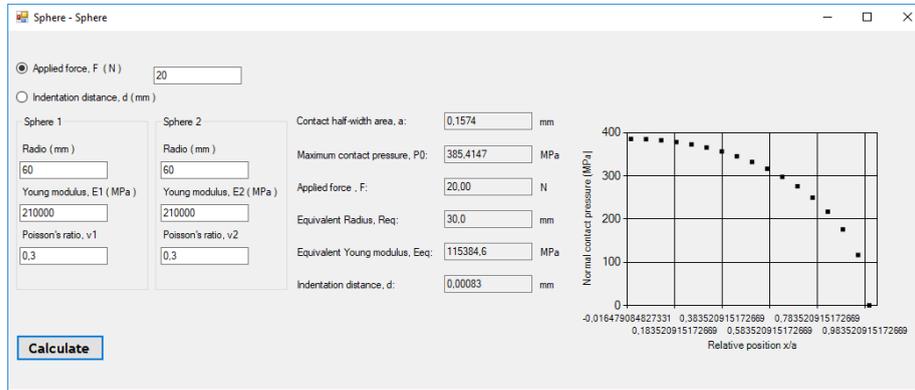
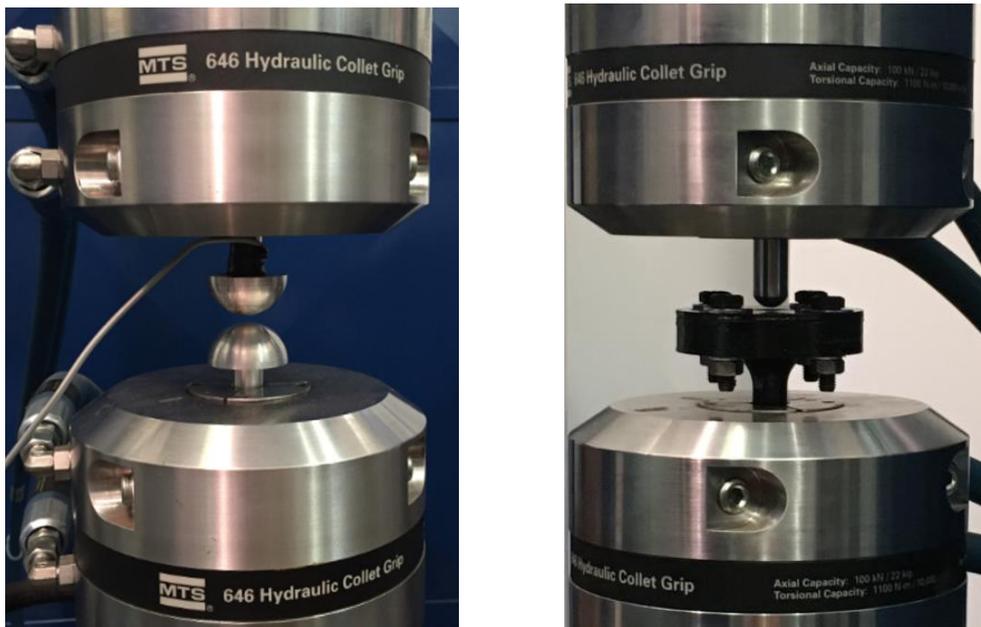


Figura 2. Resultados para uma análise da configuração esfera-esfera.

Os valores de saída do programa são: a pressão máxima de contato, a distribuição de pressão ao longo da zona de contato (exibida em um gráfico) e o comprimento da linha de contato.

Durante a etapa de validação os resultados do programa foram comparados com Benchmarks [5], problemas resolvidos contidos em [1,6] e dados fornecidos por uma planilha de cálculo em Excel. Os valores obtidos pelas diferentes fontes equivalentes, nenhuma discordância de resultados foi detectada.

O programa foi então utilizado para a análise preliminar de dois ensaios experimentais: a) contato entre dois hemisférios (Figura 3a) e; b) contato entre uma sapata esférica e um plano (Figura 3b). Em ambos os problemas foram mensuradas a distância de indentação, d , e a força, F . Os valores destes parâmetros foram comparados com os fornecidos pela máquina de ensaio, os resultados são apresentados pela Tabela 2.



a) Ensaio esfera-esfera.

b) Ensaio esfera-plano.

Figura 3. Ensaios experimentais para validação.

	Máquina de ensaios		Programa implementado	
	d (mm)	F (N)	d (mm)	F (N)
Esfera-esfera	0.015 ± 0.001	430 ± 1	0.018	430
Esfera-plano	0.002 ± 0.001	16 ± 1	0.002	15

Os resultados fornecidos nos dois testes tiveram boa concordância (erro relativo de 15% para o teste esfera-esfera e 0% para o teste esfera-plano).

Conclusões:

O programa criado já está em uso e têm facilitado os cálculos preliminares de problemas Hertzianos, realizados por alunos e pesquisadores do GFFM, para estimativa de variáveis de ensaio experimentais tais como: comportamento da relação da pressão de contato, comprimento do arco de contato e profundidade de indentação. Adicionalmente, com o intuito de tornar a ferramenta ainda mais prática e acessível, está em fase de execução uma versão do programa compatível com dispositivos móveis operando com o sistema operacional Android. Configurações de contato do tipo cilindros cruzados e indentação Vickers serão incorporadas nesta nova versão. A análise de problemas industriais será abordada no segundo ano de iniciação científica.

Referências bibliográficas

- [1] Johnson, K.L. Contact mechanics, Cambridge University Press (1985).
- [2] Hertz, H.R. Ueber die Beruehrung elastischer Koerper (On Contact Between Elastic Bodies), 1882, in Gesammelte Werke (Collected Works), Vol. 1, Leipzig, Germany, 1895.
- [3] Cattaneo, C. Sul contatto di due corpi elastici: distribuzione locale degli sforzi. Rend. Accad. Naz. Lincei, v. 27, n. 6, p. 342–348 (1938).
- [4] Mindlin, R.D. Compliance of elastic bodies in contact. Journal of applied mechanics, v. 16, p. 159–268 (1949).
- [5] Konter, A.W.A. Advanced Finite Element Contact Benchmarks (2005).
- [6] Popov, V.L. Contact mechanics and friction, Contact Mech Frict (2010) 55–70.