



VII Encontro de Iniciação Científica e
Tecnológica
VII EnICT
ISSN: 2526-6772
IFSP – Câmpus Araraquara
21 e 22 de outubro de 2022

Modelagem e aplicação do método dos elementos finitos para desenvolvimento de um suporte de célula de carga para ensaios de tração em tratores.

MARIO DANIEL SILVA, NÍCOLAS WILSON COGLIATTI, CLAYTON JOSÉ TORRES,
FERNANDO HENRIQUE DE MORAES ROCHA.

1 Graduando em Engenharia Mecânica, IFSP Campus Araraquara, mario.daniel@ifsp.edu.br.

2 Graduando em Engenharia Mecânica, IFSP Campus Araraquara, cogliatti.nicolas@ifsp.edu.br.

3 Docente, IFSP Campus Araraquara, IFSP Campus Araraquara, clayton@ifsp.edu.br.

4 Docente, IFSP Campus Araraquara, IFSP Campus Araraquara, fernandorochoa@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Métodos de Síntese e Otimização Aplicados ao Projeto Mecânico –
3.05.04.06-6

RESUMO: Este presente trabalho está relacionado com o desenvolvimento e construção de uma estrutura onde ficará alojada uma célula de carga, bem como o ensaio por elementos finitos utilizando software Autodesk Inventor para averiguar o fluxo de esforço com a carga aplicada no equipamento, com seus respectivos pontos de máximos e mínimos. Dessa forma visa-se desenvolver um sistema que permita movimento em apenas um sentido tendo em vista que a mesma não suporta outros esforços a não ser os axiais, tração e compressão.

PALAVRAS-CHAVE: Tração; Célula de Carga; Autodesk Inventor; Elementos finitos.

INTRODUÇÃO

Na industria agrícola o desenvolvimento de novas máquinas e equipamentos ocorre majoritariamente de forma empírica, ou seja, desenvolvem um produto com dimensões iniciais estipuladas por um histórico de produção e falhas, em seguida os testam. Caso apareçam avarias, são realizadas modificações nos mesmos, e após isso, repetem o processo. Devido a esse fato, esses projetos podem ser superdimensionados e conseqüentemente sua eficiência dimensional é reduzida, com isso posto esse projeto visa determinar a força de tração que um trator exerce para tracionar uma semeadora.

Para a concretização desse estudo foi realizada o desenvolvimento do suporte, modificando o cabeçalho já existente na máquina, para que fosse possível instalar a célula de carga de forma que receba apenas esforço de tração, já que a mesma não suporta flexão e torção.

Apesar dos avanços notados na teoria e na tecnologia, pode-se notar que o método de análise de engenharia, assim como a análise de otimização em geral, era pouco aplicada por projetistas e engenheiros atuantes na área industrial. Na manufatura, a utilização de métodos tradicionais de condução de projetos por meio de “tentativa e erro” ainda é geralmente encontrada. Apenas algumas manufaturas, como aeronáutica, aeroespacial, naval, nuclear, petrolífera, conseguem encontrar ferramentas computacionais com métodos matemáticos aplicados de forma mais eficaz no ambiente de projeto, preocupando-se em realizar de forma assertiva logo na primeira tentativa, aplicando os métodos que tornem possível realizar o projeto de um produto ou componente otimizado e seguro. Em um contexto industrial, pode-se observar uma série de fluxos delineados a área do projeto, juntamente com o uso de várias ferramentas de suporte para auxiliar designers e engenheiros a atingir seus objetivos. (Legnani, Kleber, 2000).

Com esse estudo, o desenvolvimento do equipamento pretende ser mais econômico, uma vez que usará menos material para concepção do projeto, exigindo um menor custo de fabricação e, com isso, na aplicação do projeto um equipamento para tracionar precisaria de menos potência para tracionar o conjunto, sendo importante obter esses resultados de esforços por meio de ensaios em condições operacionais (Hoffmann, 1989).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

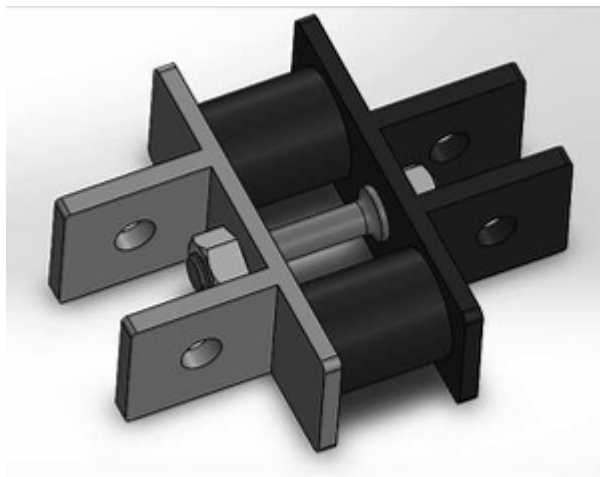
ENSAIOS DE TRAÇÃO

Os ensaios de tração possuem aplicações em diversas áreas e cada uma possui sua particularidade e seu interesse ao realizá-lo. Na indústria agrícola o ensaio pode assumir um papel de extrema importância tendo em vista que os seus equipamentos podem estar superdimensionados e por consequência possuem peso e dimensões a cima do necessário para seu pleno funcionamento. Dessa forma, com a aplicação do mesmo, pode-se obter dados de extrema avalia e com esses selecionar um trator que tenha potência próxima ao esforço realizado para puxar o implemento.

Sabe-se que vários fatores influenciam no esforço necessário para por em funcionamento um implemento agrícola, em uma semeadora por exemplo, esses podem ser a carga carregada, o tipo de sulcador, profundidade de penetração do sulcador, tipo de solo (Andreolla Filho, 2006), entre outros, como a velocidade do equipamento e a própria calibração do pneu (Battiato, 2014).

Consoante a isso, há exemplo de um sistema utilizado para realizar o ensaio tem-se o modelo desenvolvido pelo Carlei Brönstrup (Brönstrup , 2017) no qual foi realizado a modelagem pelo software SOLIDWORKS e simulações de elementos finitos pelo ANSYS. Como resultado obteve-se o modelo representado na figura abaixo:

FIGURA 1. Modelo desenvolvido pelo Carlei Brönstrup



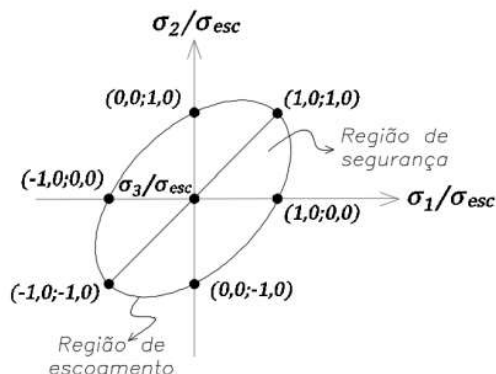
Fonte: Brönstrup , 2017

ANÁLISE EM ELEMENTOS FINITOS

A análise de elementos finitos é uma ferramenta usada para obter o comportamento da peça ou conjunto mecânico aos esforços solicitados durante a operação visando melhorias estruturais, que dividem o sistema em elementos menores, conhecer os graus de liberdade e descrever equações que descrevem o comportamento de cada elemento e sua interação com os outros componentes circunvizinhos. (Kim e Sankar, 2011).

Os dados coletados serão analisados por meio da tensão Von Mises. Esse modelo é baseado na teoria da energia de distorção, que descreve que quando um material é deformado por uma energia externa, ele armazena essa energia internamente no seu volume. Assim, pode-se dizer que o escoamento de um material dúctil ocorre quando essa energia de distorção por unidade de volume do material é igual ou ultrapassa a energia de distorção do mesmo material quando submetido ao escoamento em um ensaio de tração simples (Hibbeler, 2010).

FIGURA 2. Composição dos esforços para determinação da tensão Von Mises



Fonte: http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/criterios_de_resistencia.pdf.

Com esses métodos, obtém-se uma análise mais completa com combinação de esforços normais e cisalhantes e como essas componentes de tensões influenciam o material a falhar em caso de aplicação de esforços.

TRANSDUTORES DE FORÇA

A ideia de sensor vem do latim que significa “perceber”, e transdutor traz a ideia de “transporte” (Stefanescu, 2011). Assim, esse sensor tem uma força que está mensurada e é convertida em um sinal elétrico, chamado de transdutor de força (Stefanescu, 1999). O princípio de funcionamento visa o uso de uma Strain Gage, que utilizará a variação da deformação do material transmite a força necessária para tal. Assim, esses transdutores, ou células de carga, conseguem transmitir o esforço aplicado sobre ele.

METODOLOGIA

Esse projeto consiste em dimensionar um sistema de fixação de uma célula de carga para ensaio, com o principal objetivo de anular esforços em sentidos que possam danificar o sensor. Também realizar simulações que permitirão comprovar que a estrutura criada afim de fixar tal sensor ao equipamento atende as especificações de solicitação de carga quanto aos esforços propostos.

Para o desenvolvimento do presente projeto, usou-se uma condição real. Para tal, as dimensões foram tomadas partindo de um equipamento já existente. O cabeçalho utilizado teve suas dimensões tomadas de um equipamento físico existente, sendo uma máquina fabricada pela Marchesan, com as dimensões usadas para fabricação de equipamentos existentes no mercado. A fixação do transdutor de carga foi feito por rosca M30x2 que a fixou nos eixos do cabeçalho e também na extremidade da célula de carga a ser fixada no eixo travado no cabeçalho inicial da máquina.

O presente projeto também consiste em usar dados reais para estudo de caso, como no ensaio foi utilizado uma carga máxima determinada pelo fabricante para operação da célula de carga modelo HBM Z4A de 100 KN, utilizando software CAE, no caso o Autodesk Inventor, apara determinar pontos de maior esforço estrutural e garantir que ela suportasse a aplicação de tal carga, além de impedir que a célula de carga recebesse esforços não desejados.

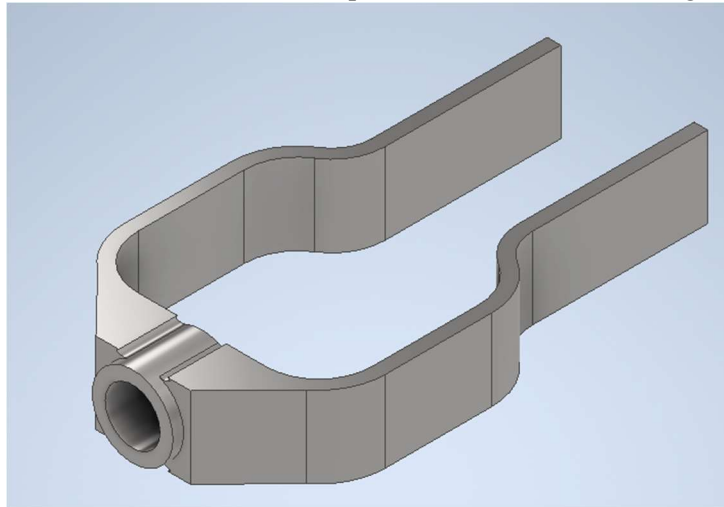
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro objetivo é pensar em uma forma de construção que permita absorver os esforços perpendiculares, que tendem a flexionar a entrada e a saída de esforços do sensor e, com isso, danificá-lo. Com isso, a ideia dessa modelagem é absorver esses esforços laterais para que sejam neutralizados estruturalmente.

Sendo assim, afim de aproveitar o cabeçalho já existente no implemento utilizado no ensaio, foi criada

uma estrutura rígida, que seria posteriormente soldada no mesmo.

FIGURA 3. Estrutura berço para fixação da célula de carga.

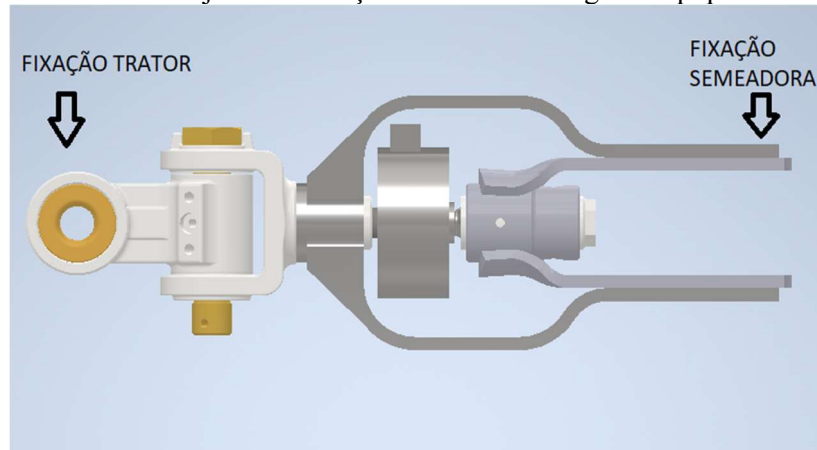


Fonte: Próprio.

Essa estrutura permite que o único esforço a ser aplicado sobre a célula de carga, seja o de tração por conta de sua geometria e montagem. Essa estrutura representada acima possui um cubo, onde um eixo será fixado internamente e na extremidade desse eixo haverá a fixação do equipamento ao trator que proporcionará a tração ao conjunto.

Ao ser tracionado, o eixo deslizará e aplicará o esforço deste deslocamento diretamente na célula de carga que, em contra partida, terá uma fixação no implemento. Essa fixação se dará também por um eixo travado no cabeçalho do equipamento por um anel, e a fixação deste na célula de carga se dará por meio de uma rosca, situada na extremidade da célula. A fixação da célula no outro eixo que estará acoplado ao trator se dará por um fuso também roscado, como pode ser visto na FIGURA 4.

FIGURA 4. Conjunto de fixação da célula de carga no equipamento.



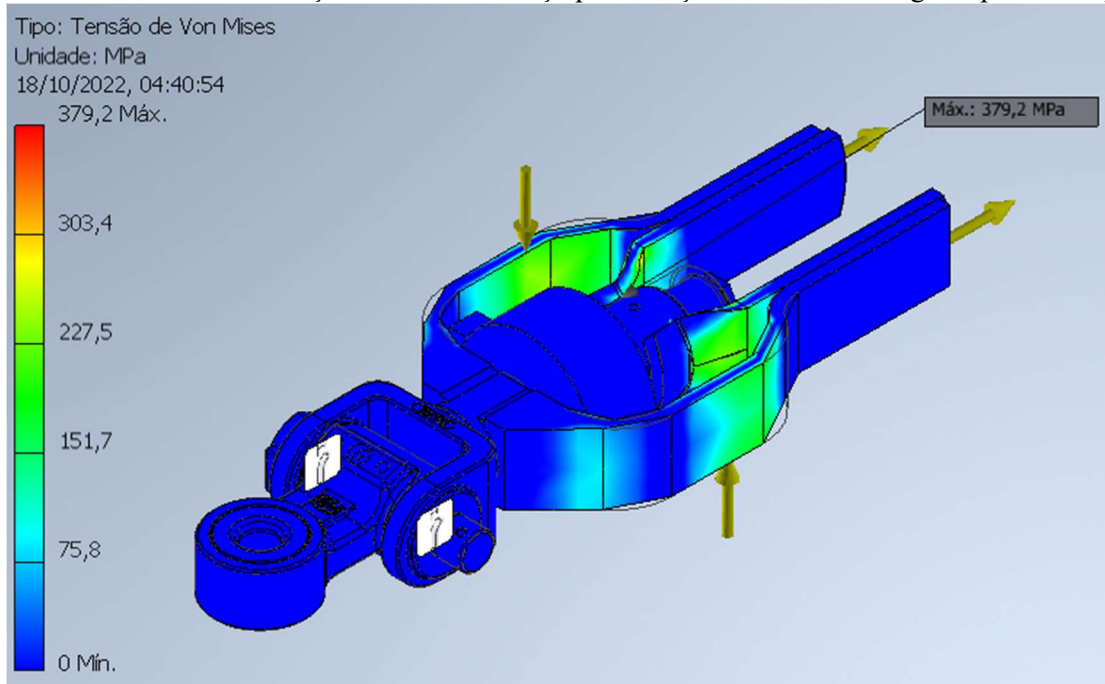
Fonte: Próprio.

Após a concepção da ideia, o próximo passo envolve analisar se estruturalmente essa solução atende as condições de operação do ensaio. Esse estudo é realizado com base no software INVENTOR, onde além de modelagem dos componentes usados no projeto também permite uma análise de elementos finitos do mesmo.

Partindo deste ponto, realizou a análise do conjunto apresentado na imagem 3, usando como base o esforço máximo nominal da célula (100 KN) tracionando a célula de carga e também um esforço de 1000 N fazendo um esforço de flexão na estrutura, buscando obter as melhores configurações e esforços mais próximos dos que serão encontrados durante o teste, como uma das piores condições.

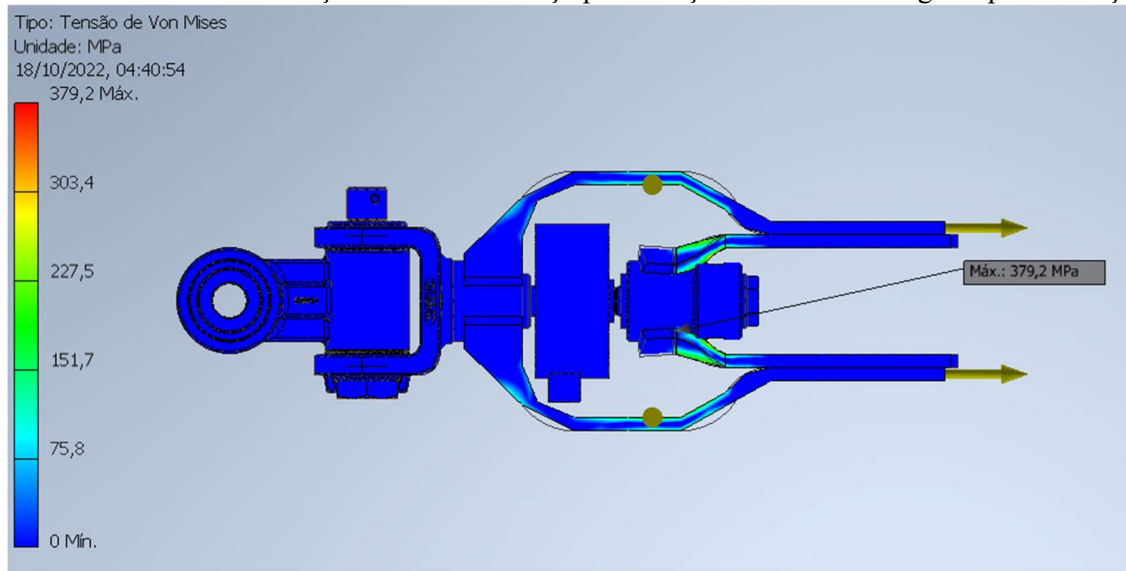
A estrutura foi modelada para utilizar um aço com módulo de Young de 200 GPa, um coeficiente de Poisson de 0,29 e o módulo de cisalhamento de 79700 MPa.

FIGURA 5. Análise de esforços da estrutura berço para fixação da célula de carga na pior condição.



Fonte: Próprio.

FIGURA 6. Análise de esforços da estrutura berço para fixação da célula de carga na pior condição.

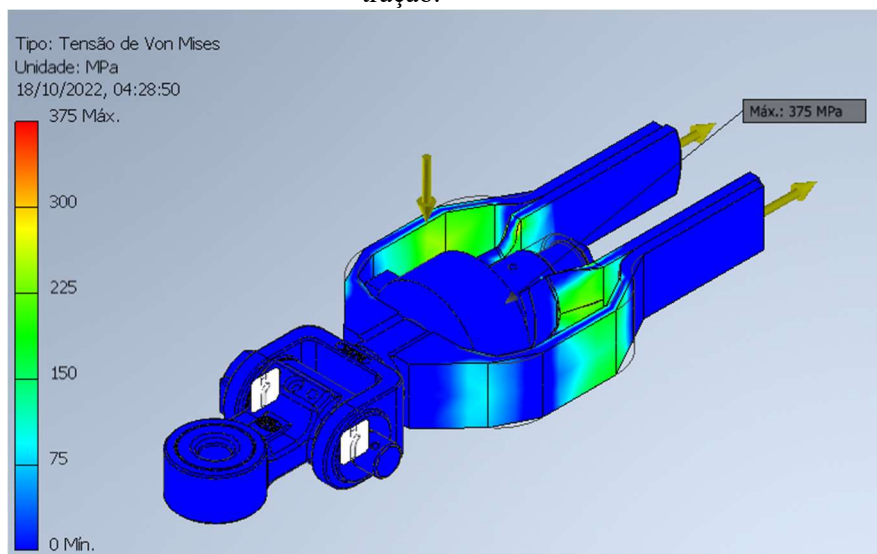


Fonte: Próprio.

Analisando os resultados com os dados descritos acima, na FIGURA 5 e na FIGURA 6 vemos que, mesmo com alto esforço, a célula de carga e sua redondeza permanece com baixa requisição de esforço, o que corrobora com o objetivo inicial de construir um berço, ou seja, uma estrutura rígida o suficiente para suportar tais esforços.

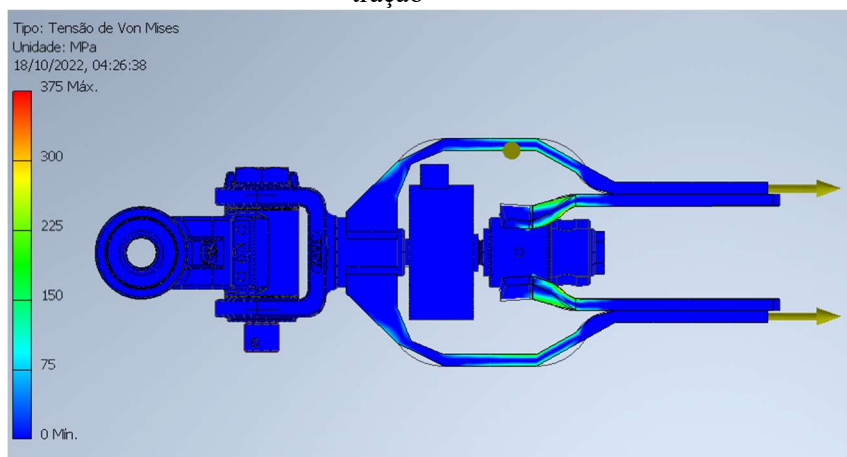
Levando em conta agora somente o esforço de tração de 100 KN, com o objetivo de ver o comportamento desse berço e também os esforços dele solicitados.

FIGURA 7. Análise de esforços da estrutura berço para fixação da célula de carga com esforço de tração.



Fonte: Próprio.

FIGURA 8. Análise de esforços da estrutura berço para fixação da célula de carga com esforço de tração



Fonte: Próprio.

CONCLUSÕES

Conclui-se que entre o método utilizado nesse projeto e no de Carlei Brönstrup (Brönstrup, 2017), há semelhanças em suas estruturas, pois ambos buscam manter um único esforço aplicado sobre o sensor que capta os esforços aplicados sobre ele. Porém, guarda-se diferenças, sendo a principal que esse projeto visa construir uma estrutura, sendo esse um sistema de proteção para a célula usada. Enquanto que o sistema aplicado por Carlei se cria um sensor por meio de uma estrutura ligada a um extensômetro, que ligado a uma ponte de Wheatstone mede o esforço, sendo ele próprio o sensor.

Além disso, a análise comprova que o fluxo de tensão ocasionado pelos esforços não impacta a célula, estando a mesma protegida de esforços cisalhantes que podem ser danosos a ela por meio do sistema idealizado e que essa estrutura de berço suporta bem ao esforço máximo suportado na célula de carga, levando em conta que as condições reais de ensaio correspondem a aproximadamente 50% do valor ensaiado.

O esforço de flexão aplicado na estrutura não impacta com tanta intensidade o resultado encontrado, apresentando uma variação de 1,11%.

REFERÊNCIAS

ANDREOLLA, VERUSCHKA R. M. e Gabreil Filho, Antonio. Demanda de potência de uma semeadora com dois tipos de sulcadores em áreas compactadas pelo pisoteio de animais no sistema integração lavoura-pecuária. Engenharia Agrícola [online]. 2006, v. 26, n. 3 [Acessado 18 Setembro 2022] , pp. 768-776. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-69162006000300014>>. Epub 15 Abr 2008. ISSN 1809-4430. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162006000300014>.

AZEVEDO, A. F. M.; Barros, J. A. O. - Manual de Utilização do Programa FEMIX - Versão 3.1, Porto, 2000. http://civil.fe.up.pt/Software/Femix_3.1/Femix_3.1_Manual.htm

BRÖNSTRUP, Carlei. "Projeto e construção de uma célula de carga para medir força de tração em tratores agrícolas." (2017).

CHANDRUPATLA, Tirupathi R., 1994 - Elementos finitos/ Tirupathi R. Chandrupatla, Ashok D. Belegundu; tradução Daniel Vieira; revisão técnica José Elias Tomazini. - São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

FADEL, Leandro; LOPEZ, Rafael. Título: Este texto visa dar uma breve introdução à área de otimização matemática especialmente a sua aplicação em problemas de engenharia. São descritos também, em resumo, alguns dos projetos de pesquisa nesta área em andamento no departamento de engenharia civil da UFSC. Acesso em: https://ppgec.posgrad.ufsc.br/files/2013/05/Topicos_Pesquisa_UFSC-otimização.pdf

HIBBELER, Russell Charles. Resistência dos materiais. 7.ed. ed. São Paulo : Pearson Prentice Hall, 2010. 637 . p.

HOFFMANN, K. An introduction to measurements using strain gages. Damstadt, Germany: Hottinger Messtechnik, 1989.

KIM, N. SANKAR, B. V. Introdução à análise e ao projeto em elementos finitos. Tradução e revisão técnica Amir Elias Abdalla Kurbon. Rio de Janeiro. LTC, 2011.

LEGNANI, Kleber. Título: Procedimento de Otimização Estrutural de Componentes Usando um Programa Comercial de Elementos Finitos. Acesso em: <https://core.ac.uk/download/pdf/30359434.pdf>

SORIANO, Humberto Lima - Método de Elementos Finitos em Análise de Estruturas/ Humberto Lima Soriano; colaboração de Silvio de Souza Lima - São Paulo; Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

STEFANESCU, D. M.: Handbook of force transducers: principles and components. Springer Science & Business Media, 2011.

STEFANESCU, D. M.: Methods for increasing the sensitivity of strain gauge force transducers. PhD Dissertation, p.4, "Politehnica" University of Bucharest, 1999.