



ANÁLISE DE CONVERGÊNCIA DE UMA ESTRUTURA TRASEIRA DE SUSTENTAÇÃO DE BICICLETA

Alisson Henrique Sousa de Carvalho

Maura Angélica Milfont Shzu

Alisson_henrique10@hotmail.com

msura@unb.com

Universidade de Brasília. Faculdade do Gama

Área Especial de Industria Projeção A, DF-480 - CEP 72444-240 – Gama – DF – Brasil

Resumo: Na engenharia anteriormente de construir algo é necessário validá-lo numericamente, certas circunstâncias como: vários tipos de carregamentos, geometria complexa e esforços variáveis, necessitam de apoio de simulações computacionais dentre eles existe o método dos elementos finitos, possibilitando a obtenção de respostas e resultados de diversos problemas na engenharia. Este trabalho consiste nesta simulação computacional aplicada em uma estrutura traseira de sustentação de uma bicicleta comum por meio do software ANSYS com a ferramenta Mechanical APDL. Será feito um estudo de convergência das malhas, verificando até onde estas podem ter o seu grau de refinamento aumentado ou diminuído sem afetar a acurácia dos resultados e mudar a ordem do polinômio de interpolação do software, causando assim um ganho no tempo de processamento das análises.

Palavras-Chave: Suporte Bicicleta, Análise dos elementos finitos, Métodos dos Elementos Finitos

1. INTRODUÇÃO

O método dos elementos finitos vem como facilitador para a análise em problema elasticidade dos materiais e de acordo com Tavares (1998) tem como objetivo modelar o sistema em estudo por um número finito de elementos mais simples e obter uma aproximação para o sistema a partir de vários elementos agrupados, impondo em certos pontos comuns vários elementos, designados por nós, os deslocamentos sejam compatíveis e as forças internas em equilíbrio o sistema global, resultante do agrupamento, reage como uma única entidade; o método obtém uma formulação que possa explorar a análise, de forma automática, de sistemas complexos e/ou irregulares.

A adversidade do método descrito é que, assim como Azevedo (2003) diz que hoje em dia quase a totalidade dos projetistas de estruturas apenas se preocupa com a utilização do correspondente software e com a interpretação dos resultados obtidos, perante um problema de análise de estruturas e dispondo de um software intuitivo, é perfeitamente acessível a um projetista a obtenção de resultados credíveis, mesmo quando não tem acesso à fonte do código computacional ou quando desconhece as características do modelo que está a utilizar. Assim, utilizadores desses softwares ficam à mercê dos resultados apresentados na tela, para contornar estes problemas existem plataformas mais acessíveis nos controles de configuração de análise, como o ambiente do programa *Ansys – Mechanical APDL*, sendo este o meio utilizado para as simulações demandadas.

Para a convergência é necessário um bom refinamento de malha como disse Novotny e Fancello (1998), as técnicas de refino adaptativo de malhas de elementos finitos, geralmente, baseadas na mudança de localização dos nós sem alterar a topologia da malha (refino R), no refinamento da malha através do aumento do número de elementos (refino H), no aumento da ordem polinomial dos elementos (refino P).

Assim como qualquer atleta, os ciclistas necessitam de treino tanto fora de casa quanto dentro de casa. Quando as condições climáticas ou por motivo de tempo impossibilitam eles de treinarem, estes necessitam de um meio para viabilizar um treino que possa ser feito em 4 paredes, um desses meios é o suporte de roda traseira de bicicleta que eleva a estrutura fazendo que a roda perca o contato com o solo, sendo utilizável a bicicleta. Com altas rotações e deslocamentos do atleta a estrutura deve evitar que o conjunto caia e seu material não rompa, tornando assim necessário a sua simulação numérica em ambiente virtual para a projeção do seu comportamento.

2. DESCRIÇÃO DO OBJETO

O suporte é responsável por suspender a roda traseira da bicicleta para que ela não toque o solo, trazendo movimento para a bicicleta, o suporte utiliza de parafusos com pontas acopladoras que encaixam nos pinos de conexão da conjunto roda-pneu com o quadro da bicicleta, como mostrado na Figura 1.



Figura 1: Exemplo de conexão suporte com pino no centro da roda

O suporte das fontes de estudo é composto do material – Metalon, que é um tubo de aço comum amplamente utilizado por ser anticorrosivo, antioxidante, baixo custo, fácil manuseio, soldável, etc.; para as simulações foi adotado as propriedades do aço 1020 para fins educacionais (Tabela 1).

Material	SAE AISI 1020
Densidade	7860 kg/m ³
Módulo de Elasticidade Longitudinal	205 GPa
Módulo de Elasticidade Transversal	79 GPa
Tensão de Escoamento a Tração	350 MPa
Tensão de Escoamento ao Cisalhamento	210 Mpa
Coeficiente de Poisson	0,33

Tabela 1: Propriedades aço 1020

Na Figura 2 pode-se ver as dimensões da estrutura.

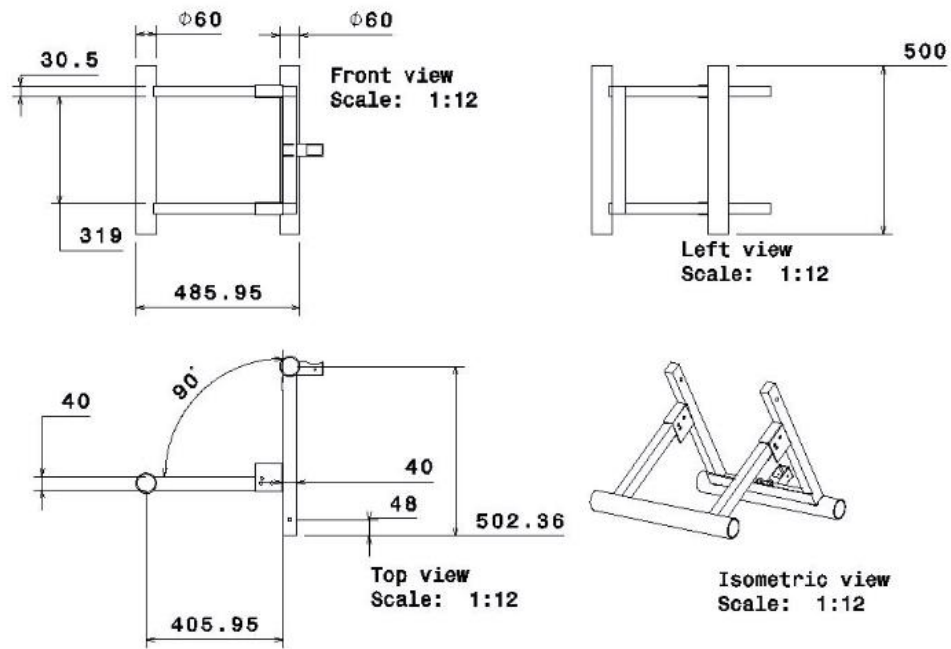


Figura 2: Geometria da estrutura.

O suporte apresentado é composto por dois tubos e 4 perfis retangulares (Figura 3), para simplificação este foram representados como soldados em suas junções, nos círculos vermelhos da Figura 3.

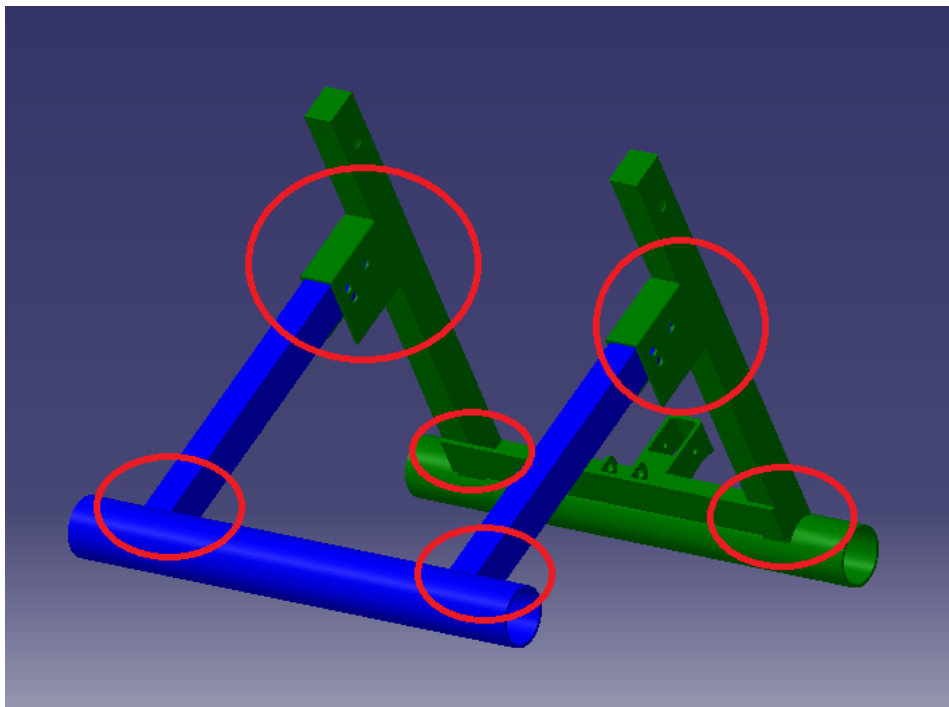


Figura 3: Junções entre perfis.

3. METODOLOGIA

Foi utilizado o software Ansys 17.2 no ambiente Mechanical APDL para as simulações numéricas. Para calcular os esforços para as simulações foram feitos os cálculos de acordo com a Figura 4

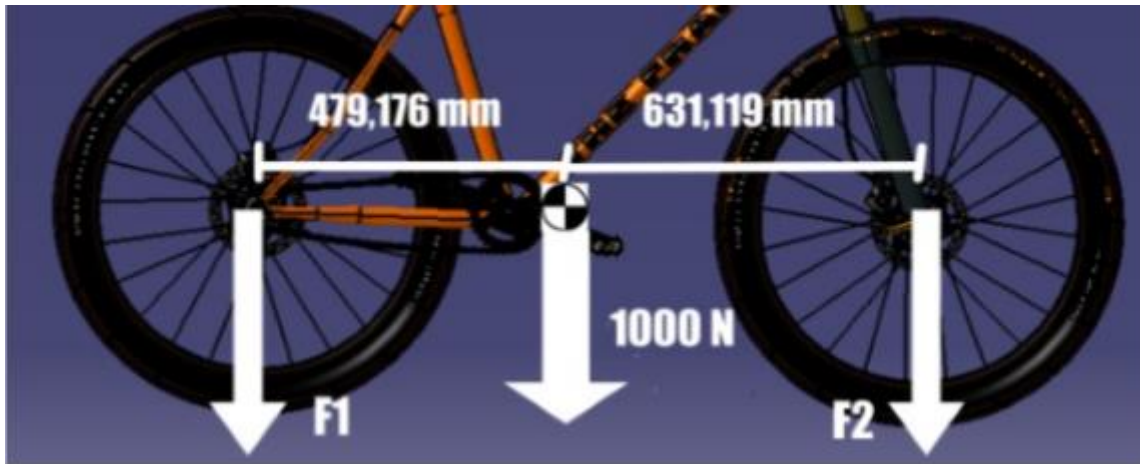


Figura 4: Distribuição de forças em uma bicicleta comum

Utilizando como momento nulo o centro da roda traseira e considerando que toda a plataforma mais o usuário gerem uma força peso de 1000 N aproximados, temos que:

$$\sum F_y = 0 \quad (1)$$

$$F2 * 1110,295 - 1000 * 479,176 = 0 \quad (2)$$

Assim:

$$F2 = 431,6 \text{ N} \quad (3)$$

$$F1 = 568,4 \text{ N} \quad (4)$$

Assim aplicada a força F1 podemos ver na Figura 1 e Figura 2 que o suporte é acoplado pelas laterais causando assim uma distribuição pela metade do peso em cada lado, em vermelho na Figura 5, como a estrutura fica presa ao chão para simulações foi engastado ambos os tubos circulares, em amarelo na Figura 5.

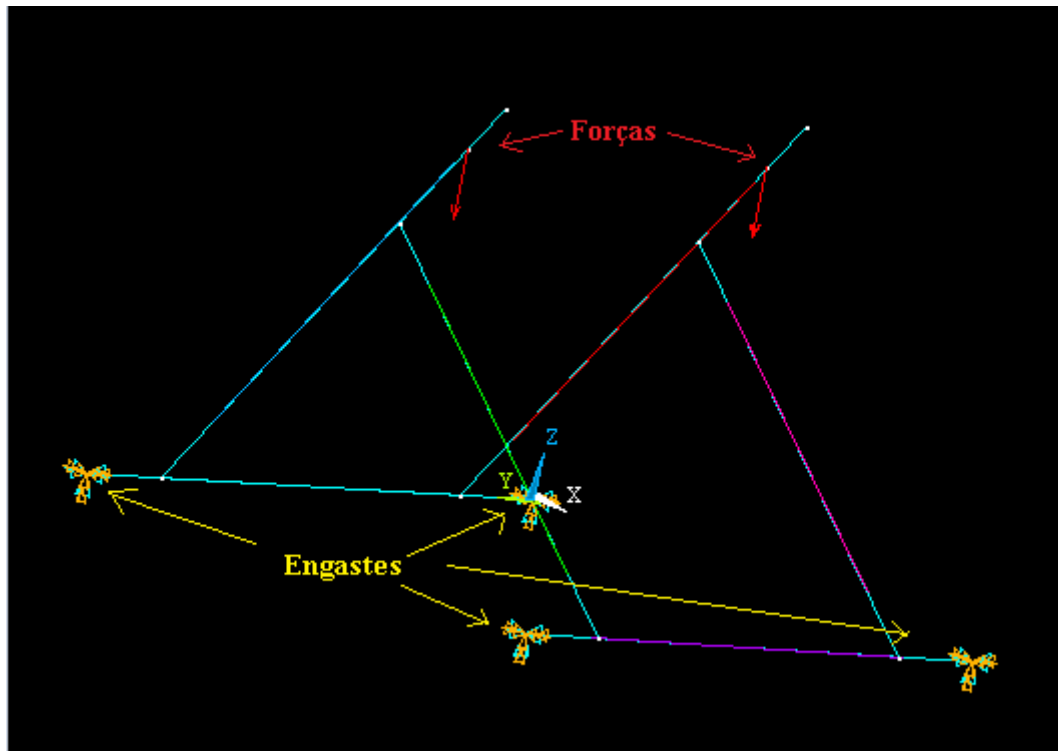


Figura 5: Aplicação das condições de contorno.

Para o refinamento P foi utilizado a ferramenta *Keyopt* para mudar o grau de interpolação, variando desde linear, quadrática e cúbica (0,2 e 3, na função, respectivamente).

Para o refinamento H foi utilizado a ferramenta *Lesize* para mudar o tamanho da malha em cada elemento, variando desde 1, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{50}$ e $\frac{1}{100}$.

4. ANÁLISE NUMÉRICA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao ser aplicada a força e as reações o programa mostrou que o ponto de maior deformação se encontra no ponto A e B de acordo com a Figura 6.

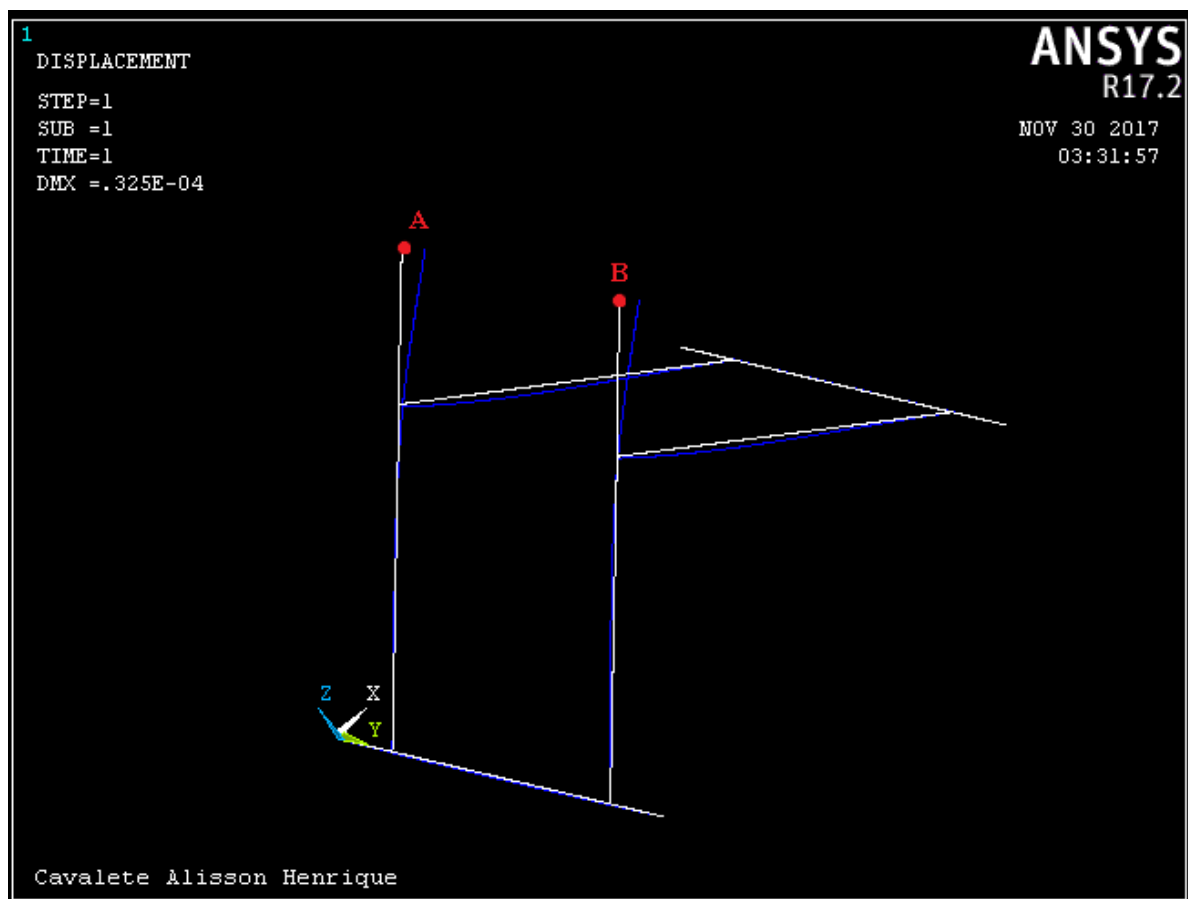


Figura 6: Pontos de maiores deformações.

Como a estrutura é simétrica no plano xz o ponto A e B são iguais em todos os valores de deslocabilidade.

Para o refinamento H ao colocar o tamanho da malha por elemento o software automaticamente aumenta a quantidade de elementos, na tabela 2 pode-se conferir a quantidade de elementos por tamanho de malha.

Tamanho da malha	Número de Elementos
1	14
1/4	20
1/6	26
1/10	34
1/20	62
1/30	92
1/50	150
1/100	292

Tabela 3: Relação tamanho de malha com número de elementos

7. Os deslocamentos em U_x encontrados podem ser vistos na Tabela 4 e plotados na Figura

Elemento Viga Timoshenko	Número de elementos da malha de discretização em U_x							
	14	20	26	34	62	92	150	292
Deslocamento (m) usando elemento de 2 nós (linear)	1,67E-05	2,09E-05	2,15E-05	2,18E-05	2,26E-05	2,28E-05	2,28E-05	2,29E-05
Deslocamento (m) usando elemento de 3 nós (quadrático)	2,29E-05	2,29E-05	2,29E-05	2,29E-05	2,29E-05	2,29E-05	2,29E-05	2,29E-05
Deslocamento (m) usando elemento de 4 nós (cúbico)	2,29E-05	2,29E-05	2,29E-05	2,29E-05	2,29E-05	2,29E-05	2,29E-05	2,29E-05

Tabela 4: Deslocamento na direção U_x .

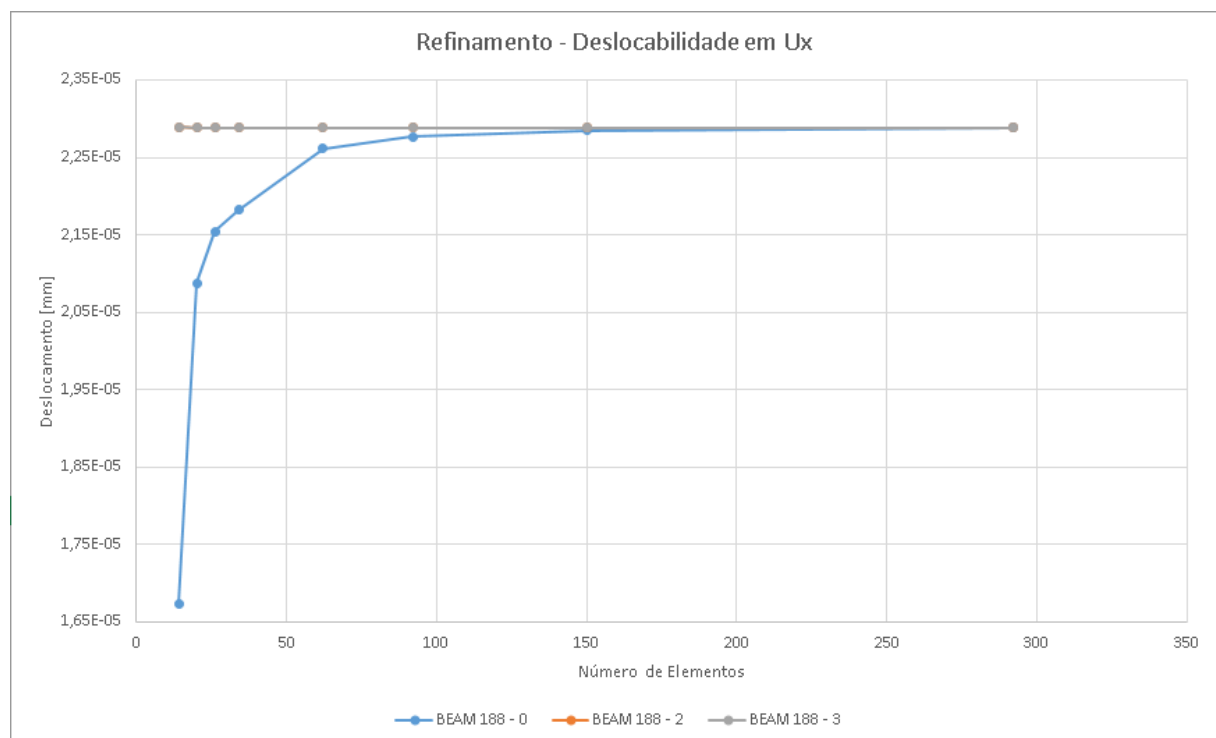
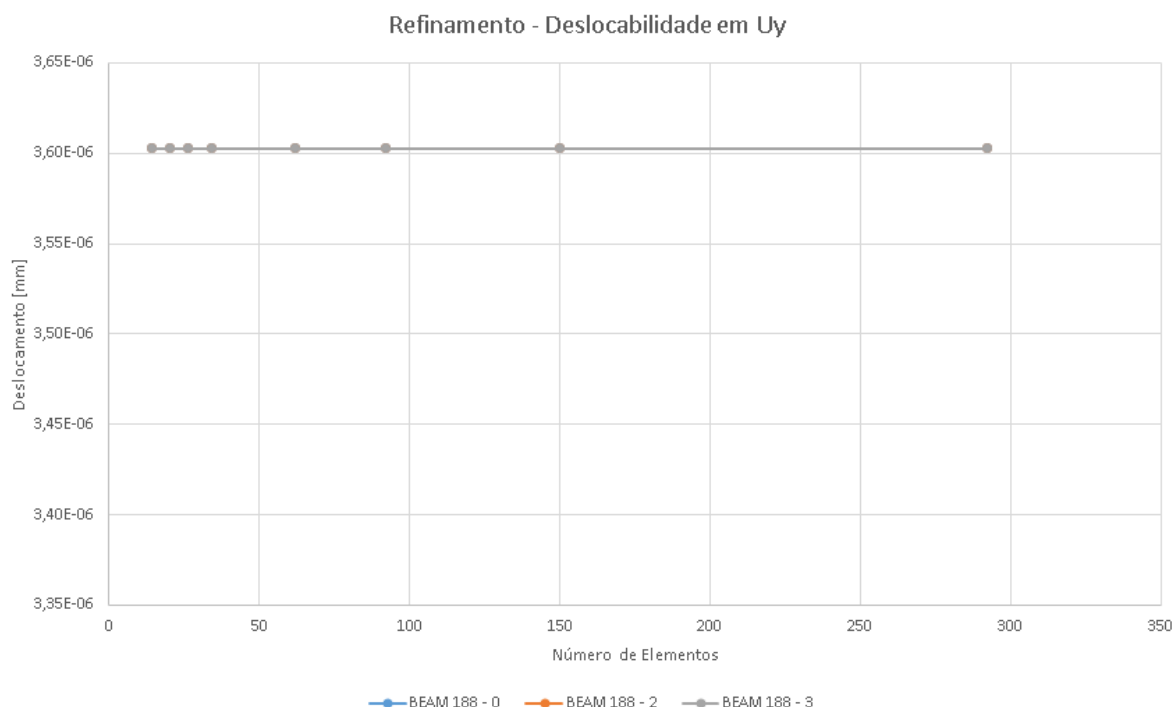


Figura 7: Deformações em U_x

8. Os deslocamentos em U_y encontrados podem ser vistos na Tabela 5 e plotados na Figura

[illegible]

Os deslocamentos em Uz encontrados podem ser vistos na Tabela 6 e plotados na Figura

9.

[illegible]

Deslocamento (m) usando elemento de 4 nós (cúbico)	-2,28E-05	-2,28E-05	-2,28E-05	-2,28E-05	-2,28E-05	-2,28E-05	-2,28E-05	-2,28E-05
--	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Tabela 6: Deslocamento na direção Uz.

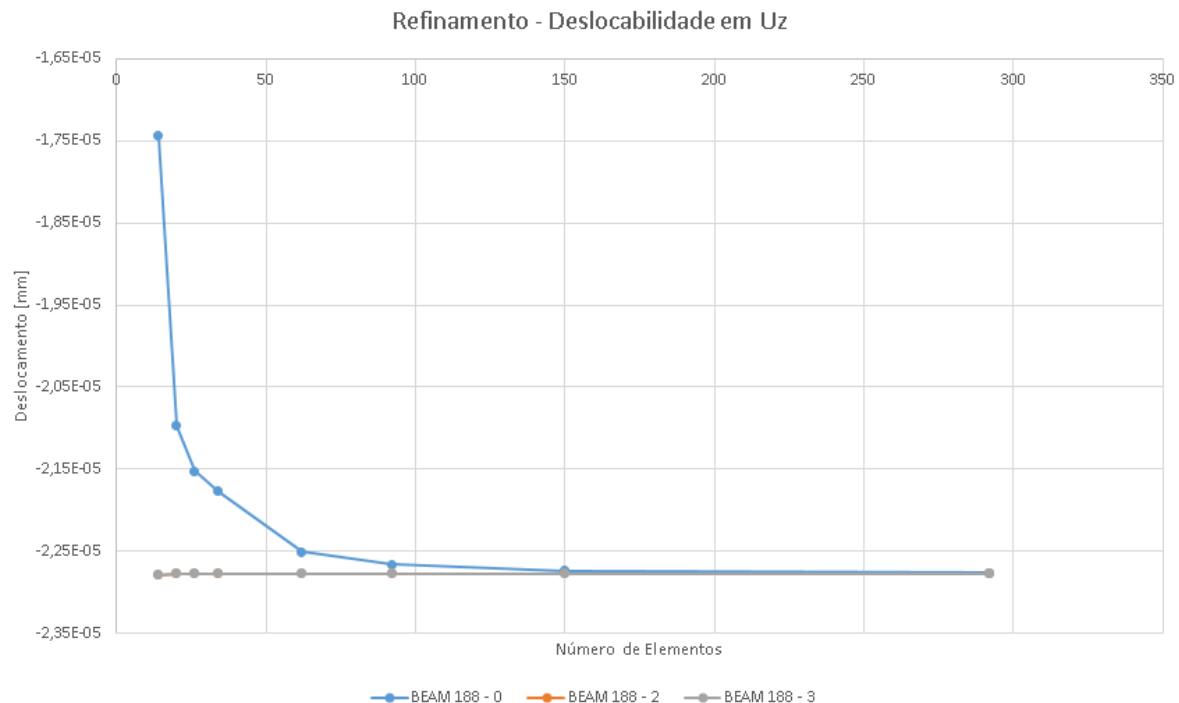


Figura 9: Deslocamentos em Uz.

Vemos que na Figura 6 que em aproximadamente 150 elementos todas as curvas tendem a um valor de $2,29 \text{ E-}06\text{m}$.

Vemos também com os dados da tabela 5 e Figura 8 que em Uy o refinamento não afeta o valor final, pois a força é aplicada no plano xz.

Assim como para os dados e figuras do deslocamento em Ux, a Tabela 6 e Figura 9 mostram que a aplicação de força estava no sentido contrário de coordenadas do Software e a partir de 150 elementos todas as curvas tendem a um valor de $-2,28\text{E-}06\text{m}$.

5. CONCLUSÃO

Foi visto que para um melhor controle de simulações é necessário o domínio das ferramentas disponíveis e que nem sempre os primeiros dados mostrados podem ser verdadeiros, como visto neste projeto em que o deslocamento máximo com um elemento de nó linear e um cúbico apresenta diferenças significantes onde possa gerar um erro estrutural grave.

REFERÊNCIAS

Referências devem ser citadas no texto pelo nome (ano) ou (nome, ano). Por exemplo: “No clássico trabalho, Mattiasson (1980) propôs ...,” or “Em trabalho recente, (Hinton et al., 1995), é sugerido”

Referencias devem ser listadas em ordem alfabética no fim do trabalho, seguindo a norma da ABNT. Escreva a palavra **REFERENCIAS** em Caixa-alta, negrito e ajustada na margem

esquerda, pule uma linha e registre a lista de referências. Em cada referência, recue todas as linhas em 0,75 cm, exceto a primeira linha que começa diretamente a margem esquerda da página. Cada referência deve ser citada no texto. Abaixo há um exemplo de lista de referências bibliográficas que inclui livro, proceeding, artigo de revista, livro editado e dissertação, respectivamente.

REFERENCES

TAVARES, J. M. R. S. 1998. **Introdução ao método dos elementos finitos**. Research Gate. University of Porto. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/37649859_Introducao_ao_metodo_dos_elementos_finitos.

AZEVEDO, Á. F. M. 2003. **MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS**. FUCAPE. 1ª edição. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/6690101/metodo-dos-elementos-finitos---alvaro-azevedo>.

BARBOSA, F. B. G. **Análise em Elementos Finitos de um Chasse Tubular em PVC**. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade UnB Gama, Engenharia Automotiva. Brasília DF, 61p. 2016.

WERNKE, A. OLIVEIRA, K. SANTOS, M. P. SHZU, M. **Análise de convergência do protótipo de fuselagem tubular de um avião aerodesign de competição sob uma abordagem estática**. Faculdade UnB Gama. Brasília DF, 4p. 2016.

SALOMÃO, I. **Análise numérica da eficiência de lajes nervuradas tridimensionais**. 2014. 34f. Dissertação de Mestrado - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUCRIO), Janeiro. 2014.

NOVOTNY, A. A., FANCELLO, E. A. **UM REFINAMENTO h, p e hp ADAPTATIVO NA ANÁLISE DE FLEXÃO DE PLACAS SEMI-ESPESSAS**. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería Vol. 14,1, 25-48(1998).