



ANÁLISE DE CONVERGÊNCIA UM QUADRO DE BICICLETA DO TIPO MOUNTAIN BIKE

D. S. da Silva

M. A. Melo

L. F. L. de Vasconcelos

davidsouza750@gmail.com

matheus.melo1994@gmail.com

vasconcelos.fl.leandro@gmail.com

Universidade de Brasília

Faculdade do Gama, CEP 72444-240, Gama – DF

M. A. M. Shzu

maura@unb.br

Universidade de Brasília

Faculdade do Gama, CEP 72444-240, Gama – DF

Abstract. *Os projetos de engenharia necessitam, em sua maioria, da análise estrutural na avaliação de seus resultados. Esta análise pode ser conduzida da forma experimental ou numérica. Dentre os métodos numéricos, destaca-se o Método dos Elementos Finitos que trata a estrutura através de subdomínios, representados por equações de governo que, na contemplação das conectividades nodais, são capazes de extrair resultados aproximados e mais realísticos do problema. Este artigo apresenta a fundamentação contextual e numérica referente à análise de convergência de um quadro de bicicleta, numa abordagem estática de elementos finitos utilizando a ferramenta computacional ANSYS.*

Keywords: *Quadro de Bicicleta, Análise de Convergência, Elementos Finitos*

INTRODUÇÃO

O chassi é um elemento estrutural utilizado para fixar sistemas funcionais como o motor, transmissão, suspensão entre outros (Bosch, 2004). Na bicicleta, o chassi é nomeado como quadro. Este é sujeito a solicitações mecânicas que, quando mal dimensionado, podem causar deformações, ou até mesmo ruptura.

A simulação computacional através do método de elementos finitos é uma ferramenta complementar ao projeto na análise comportamental da estrutura. O método descreve o comportamento do sistema físico regido por meio de equações diferenciais ou integrais, (Soriano, 2003).

O método de elementos finitos diminui a complexidade da integração por transformar a equação diferencial em algébrica polinomial. Este método é formulado através de uma condição extrema de uma integral nos valores energéticos, ou através de uma condição de que os erros com as soluções locais sejam nulos de forma ponderada (Soriano, 2003).

A energia potencial para a construção do funcional só leva em consideração as contribuições vindas do interior dos elementos. Quando os elementos assumem um tamanho infinitesimal a continuidade entre os elementos é reestabelecida refletindo na convergência dos resultados. A continuidade nodal e a completude do modelo exige, como critério mínimo de convergência, que campo deve ser diferenciável até a ordem mais alta que aparece no integrando. Logo, os critérios que garantem um resultado mais preciso, estão relacionados à definição de malha e ao grau de aproximação do elemento ao tratar da função campo.

Desta forma, a proposta deste trabalho é avaliar a influência da diminuição do tamanho do elemento numa malha de discretização, refinamento h , e do aumento do grau de aproximação do elemento que define o campo de deslocamento no mesmo, refinamento p , na obtenção dos resultados de um quadro de bicicleta mountain bike, semelhante ao estudado por Silva et al, (2004).

DESCRIÇÃO DO OBJETO E METODOLOGIA DE ANÁLISE

O quadro compõe-se de três tubos unidos entre eles pelas extremidades por meio de solda simples ou com cachimbo soldados, conforme a Fig.1.

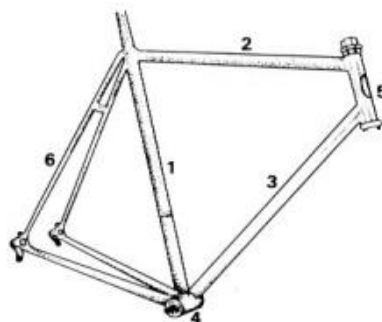


Figura 1. Quadro de uma bicicleta

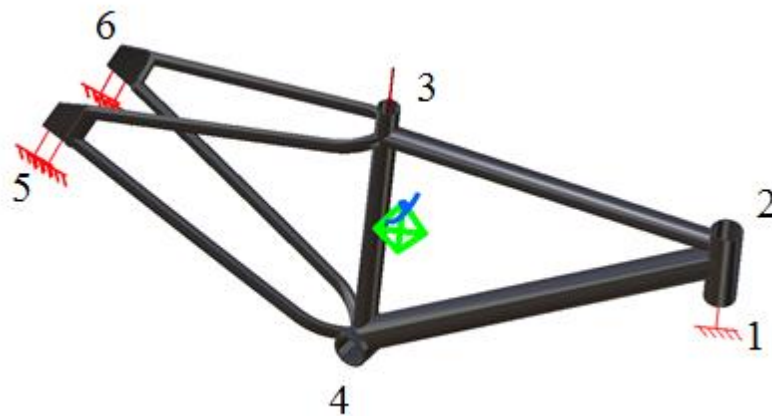
O material adotado para a análise e confecção do chassi de Mountain Bike foi o aço, que está especificado na Tabela 1(Arcelormittal, 2016).

Tabela 1. Propriedades do aço escolhido para a análise.

Propriedades Mecânicas	Valor
Módulo de Elasticidade	210 Gpa
Coefficiente de Poisson	0.29
Densidade	7830 kg/m ³

A análise por elementos finitos foi conduzida no Ansys 13.0, APDL. Utilizou-se o elemento unidimensional, BEAM188, baseado na teoria de Timoshenko que leva em consideração os efeitos de deformação de cisalhamento. A modelagem foi feita numa aproximação linear, quadrática e cúbica, para avaliar o grau do polinômio que define a função do campo de deslocamento. O elemento tem seis graus de liberdade em cada nó, de translação e rotação na direção dos três eixos cartesianos de referência. Foram utilizados três malhas de discretização. A primeira com 3265 elementos, a segunda, com 6530 e a última com 13060 elementos.

Nos pontos 1, 5 e 6 foram colocados restrições de deslocamento em todas as direções. No ponto 3 foi colocada a força de 1000 N na direção Z para simular uma pessoa sentada no quadro. A força se localiza na extremidade superior do tubo de Selim, conforme Fig. 2.

**Figura 2. Condições de contorno do quadro de bicicleta**

RESULTADOS

Os resultados da análise de convergência, para o elemento de viga de aproximação linear quadrática e cúbica, em três refinamentos “h”, estão apresentados na Tabela 2. Foram extraídos os valores de deslocamento no nó 3, indicado na Fig.2.

Tabela 2. Resultados das Simulações no Software Ansys

	Deslocamento (m)		
Número de elementos	3265	6530	13060
Linear	3,66E-05	3,80E-05	3,87E-05
Quadrático	3,90E-05	3,90E-05	3,90E-05
Cúbico	3,90E-05	3,90E-05	3,90E-05

A Fig. 3 ilustra os resultados da análise de convergência para os refinamentos p e h.

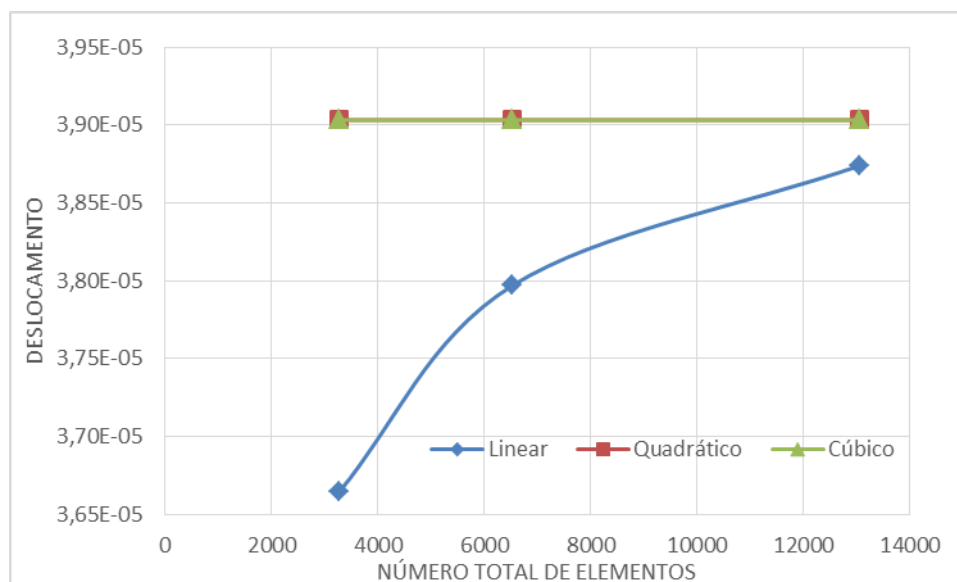


Figura 3 – Análise de convergência por refinamento de malha polinomial e por tamanho de elemento, deslocamento (m) x número total de elementos.

Observa-se a convergência dos valores com o aumento do grau do elemento e o refinamento da malha. O elemento de aproximação linear apresenta uma convergência apenas numa malha mais densa. Para as simulações com grau cúbico e quadrático, os valores dos deslocamentos obtidos no nó 3 convergem no primeiro instante. Visto que a estrutura é muito simples não se vê diferença nos resultados entre os elementos quadráticos e cúbicos.

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível observar como os diferentes tipos de refinamento de malha e o grau da função de forma podem influenciar em uma análise numérica. Como esperado, o elemento de aproximação linear mostrou uma dificuldade de convergir numa discretização

mais pobre. Os elementos de maior ordem tiveram um desempenho melhor. Tal comportamento comprova a teoria que afirma que quanto maior o número de parâmetros nodais melhor a convergência. Vale salientar que na análise estrutural o engenheiro é parte fundamental do processo. Discernir sobre a escolha dos elementos não é uma tarefa fácil. Os elementos mais refinados exigem um custo computacional maior e tem que ser avaliados e usados de forma criteriosa em um problema mais complexo.

REFERÊNCIAS

Bosch, R., 2004. *Manual de tecnologia automotiva*; tradução da 25ª edição alemã; São Paulo – SP; ed.: Edgard blücher;

Arcelormittal Inox Brasil. Catálogo de aços, 2016. Disponível: <http://brasil.arcelormittal.com.br/pdf/quem-somos/guia-aco.pdf>. Acesso em 10 de junho de 2016.

Silva, A. D. de M. M.; Ferreira, A. D. B. L.; Costa, M. I. M.; Abreu, S. A. C., 2014. *Análise estrutural do quadro de uma bicicleta*. Departamento de Engenharia Mecânica, Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Simulação de processos tecnológicos, Universidade do Porto.

Soriano, H.L., 2003. Elementos Finitos em Análise de Estruturas. São Paulo, EDUSP, pp 10-21.