

# ANÁLISE PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS DE UM MODELO SIMPLIFICADO DE PARTE DA ESTRUTURA DIANTEIRA DE UMA CARROCERIA DE MICRO-ÔNIBUS MODELO RODOVIÁRIO

Vinicius Luiz Machado, [vlm\\_bdc@hotmail.com](mailto:vlm_bdc@hotmail.com); Gilson Francisco Paz Soares, [gilsonfps@uricer.edu.br](mailto:gilsonfps@uricer.edu.br)  
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, Rio Grande do Sul

**RESUMO:** A análise estrutural da carroceria de um ônibus é dificultada pela variedade do tipo de ações que sobre ela atuam e da complexidade geométrica deste tipo de sistema estrutural. Uma alternativa de análise que permite levar em conta muitos destes aspectos consiste na construção de modelos numéricos. Aplicando esta filosofia, neste trabalho se realiza a análise estrutural de um modelo simplificado de parte da estrutura dianteira de uma carroceria de micro-ônibus modelo rodoviário que possui cantos vivos, por meio do Método dos Elementos Finitos. Primeiramente, foi construído um modelo simplificado da mesma, com o objetivo de obter informações sobre o comportamento estrutural da carroceria sob determinados carregamentos, enfocando a região onde a concentração de tensões está ocorrendo, isto é, nos locais onde se encontram os cantos vivos. Após, foram desenvolvidas propostas de melhoria utilizando flâmulas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelos numéricos, carroceria, concentração de tensão

**ABSTRACT:** *The behavior of the bus superstructure is difficult to realize because there are many types of loads acting on it and also the geometric complexity of the structure's arrangement. The numerical simulation is a very good option in this case because it consider most of the loads that happen in real. Taking this into account this work present the structural analysis of a simplified model of a bus superstructure using the Finite Element Method. First was built a simplified model of the bus structure with the purpose of obtain the behavior of it under some loads, specific regions were more carefully modeled as well analyzed because these regions shown stress concentration. After that proposals were made reducing the stress level at the specific regions using streamers.*

**KEYWORDS:** *Numerical models, superstructure, stress concentration*

## INTRODUÇÃO

Nas bibliografias clássicas da área de Mecânica dos Sólidos pode-se encontrar a teoria que trata dos efeitos que os cantos vivos podem gerar em estruturas mecânicas. Ou seja, a elevada concentração de tensão que surge dessa disposição geométrica pode vir a acarretar trincas, deformações plásticas e até mesmo a quebra do componente estrutural submetido a tais tensões. Baseado neste conceito, foi estudada uma carroceria de um micro-ônibus modelo rodoviário, projetada com cantos vivos em sua estrutura, ou seja, pontos onde a colocação de dois tubos, quando posicionados para ser realizada uma operação de soldagem, formam ângulos de  $90^{\circ}$  entre si. Esta situação pode ser encontrada após a soldagem do teto sobre as laterais da carroceria, formando cantos vivos na porta dianteira da carroceria, local foco deste trabalho. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo analisar por meio de simulação numérica computacional a distribuição de tensão na estrutura dianteira dessa carroceria, mais especificamente a região da porta dianteira, através de uma modelagem simplificada. Também se buscou analisar alternativas estruturais que venham a contribuir para a minimização do problema.

## METODOLOGIA

Azevedo (2003), diz que o Método dos Elementos Finitos (MEF) consiste em métodos numéricos que aproximam a

solução de problemas descritos por equações diferenciais através da subdivisão da geometria do problema em elementos menores, chamados elementos finitos.

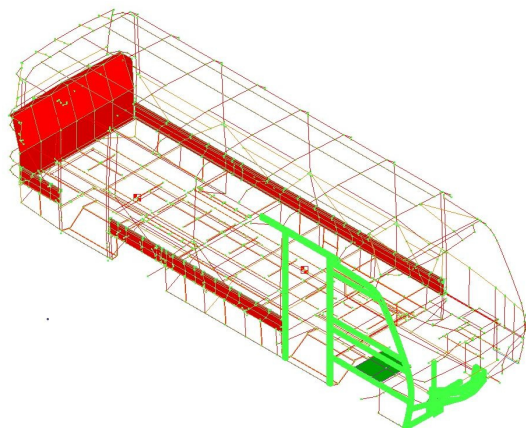
Segundo Araújo (2003), seu ponto forte é a generalidade da formulação, o que permite que um conjunto de rotinas de cálculo possa ser utilizado para resolver problemas diferentes.

Alves Filho (2005) cita que ao tratar um sistema estrutural como um sistema discreto, são calculados os deslocamentos de alguns pontos da estrutura, chamados de "nós" do modelo. Se o número de pontos discretos escolhido é suficiente para representar o deslocamento da estrutura inteira de forma aproximada, é possível calcular as tensões e deformações de toda essa estrutura.

Baseando-se nisso, a estrutura da carroceria do micro-ônibus em estudo foi modelada em elementos finitos, sendo utilizado o software *FEMAP with NX NASTRAN* para tal tarefa, como mostra a Fig. 1. Pode-se notar que a carroceria foi modelada com elementos de viga e na região dianteira da mesma com elementos de casca. Optou-se pelo modelamento dessa forma para possibilitar a análise de valores de tensão em diversos pontos próximos do local foco deste trabalho, fato que seria dificultado se toda a carroceria tivesse sido modelada em elementos de viga, os quais apresentam valores apenas nos seus nós inicial e final.

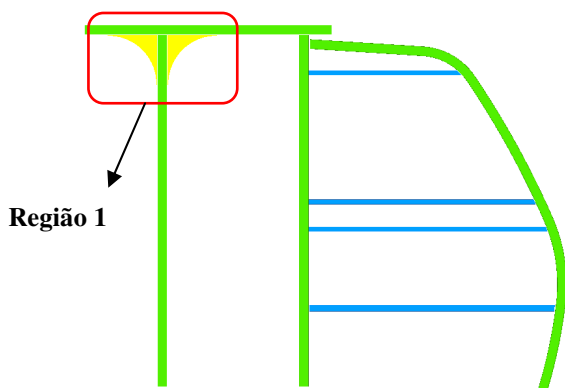
Modelada a carroceria, foram aplicadas três condições de contorno, chamadas de Caso 1, Caso 2 e Caso 3, com intuito de excitar a carroceria da forma mais real possível.

O Caso 1 refere-se a uma flexão total, o Caso 2 a uma torção dianteira direita (TDD) e o Caso 3 a uma torção dianteira esquerda (TDE). Feitas as considerações físicas e geométricas necessárias, o modelo foi simulado numericamente e observados os valores de tensão no local foco deste trabalho, isto é, a região da porta dianteira projetada com cantos vivos, identificada como região 1.



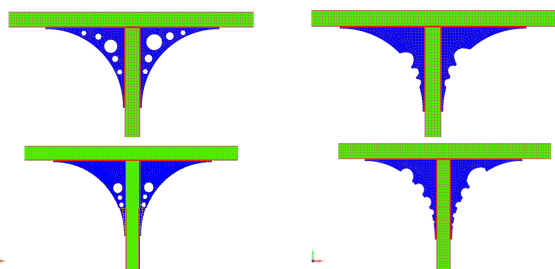
**Figura 1** – Carroceria modelada em elementos finitos

Na sequência foram iniciadas as propostas de melhoria, introduzindo-se primeiramente flâmulas com medidas de 300mm de base, 300mm de altura, 3mm de espessura e com raio também de 300mm na região de estudo, conforme mostra a Fig. 2.



**Figura 2** – Utilização de flâmulas como proposta de melhoria

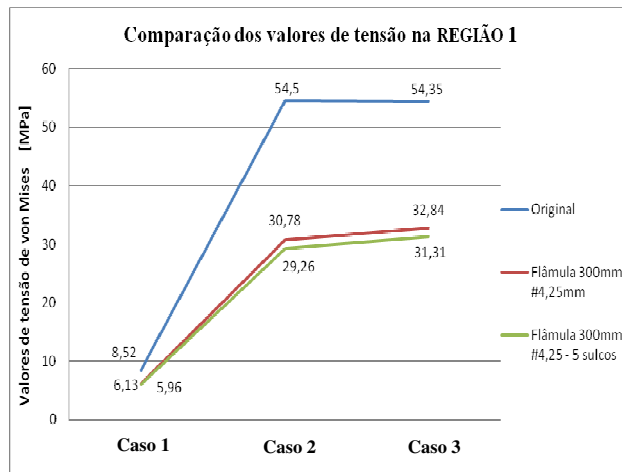
Também foram realizados estudos propondo melhorias através da implementação de furos e sulcos na mesma flâmula apresentada acima, com objetivo de reduzir ainda mais os valores de tensão encontrados nos pontos críticos. As novas propostas podem ser vistas na Fig. 3.



**Figura 3** – Propostas de melhoria implementando furos e sulcos

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realizadas todas as simulações numéricas, pôde-se então comparar os modelos e perceber os seguintes resultados, apresentados pelas figuras abaixo, relativos aos valores de tensão observados.



**Figura 4** – Resultados das simulações

Nota-se que o modelo contendo apenas a flâmula apresentou uma redução nos valores de tensão de 28% para o Caso 1 (flexão), 43,5% para o Caso 2 (TDD) e 39,6% para a o Caso 3 (TDE), quando comparada com o modelo original. Após a implementação dos furos e sulcos, a flâmula que melhor apresentou resultados foi aquela contendo 5 sulcos, reduzindo as tensões em 30% para o Caso 1, 46% para o Caso 2 e redução de 42% para o Caso 3, comparando também com o modelo original.

## CONCLUSÃO

Analisando os resultados pode-se observar que a introdução das flâmulas com intuito de suavizar os cantos vivos de fato gerou uma significativa redução de tensão nos locais críticos. Na sequência, a introdução de furos e sulcos contribuiu para reduzir ainda mais estes valores. Como passo seguinte deste estudo, sugere-se um processo de otimização topológica para determinar a posição ótima dos furos e sulcos nas flâmulas.

## REFERÊNCIAS

- Alves Filho, A., 2005. “Elementos Finitos. A base da tecnologia CAE – Análise Dinâmica”. Editora Érica, São Paulo, 1 ed.
- Araújo, J.M., 2003. “Curso de Concreto Armado”, Editora Dunas, Vol. 2, 2 Ed., Rio Grande, RS.
- Azevedo, A.F.M., 2003. “Método dos Elementos Finitos”. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 1 ed.

## DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.