

SIMULAÇÃO DO IMPACTO DE UMA ESFERA RÍGIDA SOBRE PLACAS PLANAS

Matthieu Remigio Roux Gravade

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campus Santa Mônica, Uberlândia – MG – Brazil
gravade@yahoo.com.fr

Tobias Souza Morais

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campus Santa Mônica, Uberlândia – MG – Brazil
tsmorais@yahoo.com.br

Domingos Alves Rade

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campus Santa Mônica, Uberlândia – MG – Brazil
domingos@ufu.br

Resumo: Neste trabalho é apresentado o estudo sobre os aspectos básicos importantes a serem abordados em uma simulação de impacto usando o ANSYS LS-DYNA. De uma maneira geral o desenvolvimento da simulação no ANSYS LS-DYNA segue os mesmos passos utilizados para os outros tipos de análises do ANSYS. Primeiramente definem-se as Preferências, em seguida o Pré-processamento (tipos de elementos, reais constantes, modelagem...), a Solução (restrições, velocidades iniciais, tempo...) e por fim o Pós-processamento em geral e o Pós-processamento feito com relação ao tempo para obtenção de resultados. Os aspectos que caracterizam uma simulação no ANSYS LS-DYNA citados neste trabalho são os tipos de elementos disponíveis e suas características principais (propriedades e constantes reais) para análise dinâmica e como definir o contacto adequado dependendo do modelo físico. O trabalho limita-se a simulação do impacto de uma esfera rígida em uma placa plana fixa nas suas extremidades. Esta simulação é feita para três diferentes tipos de materiais da placa, primeiramente o comportamento linear, seguido de um comportamento não linear e por ultimo um material composto. Será apresentado como resultados gráficos de deformação em relação ao tempo. Salienta-se que este trabalho foi desenvolvido como parte dos requisitos de avaliação da disciplina de elementos finitos ministrado anualmente pelo professor Domingos Alves Rade.

Palavras-chave: Impacto, LS-DYNA, Material composto.

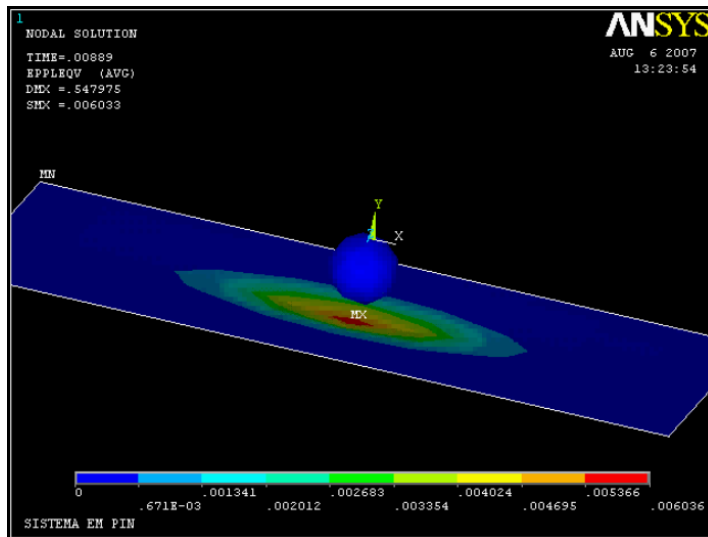
1 INTRODUÇÃO:

1.1 Introdução ao impacto:

Quando dois corpos colidem, estes sofrem deformações, de modo que a área de contato entre os corpos aumenta até atingir um valor máximo, e a partir desse momento, dependendo das propriedades dos corpos, estes tendem a retomar a sua forma original, fazendo com que os corpos voltem a se afastar entre si. Se durante o contato entre os corpos não houver perda de energia mecânica, estes terão rapidez de afastamento com o mesmo valor da rapidez de aproximação. Porém este tipo de colisão não ocorre no mundo macroscópico, onde sempre há perda de energia mecânica. Durante uma colisão, forças impulsivas, de curta duração e grande intensidade atuam

sobre as estruturas dos corpos em contato, quanto maior for a rapidez de aproximação, tanto maior será o módulos das forças impulsivas, aumentando significativamente a perda de energia mecânica quando estas forças atingem intensidades suficientes para romper as estruturas dos corpos. Para estudar as colisões entre os corpos há uma grandeza física útil, o coeficiente de restituição, que foi definido como sendo o quociente entre os módulos da impulsão de restauração e de deformação. Porém, pelo que foi exposto no parágrafo anterior, o coeficiente de restituição não deve depender somente das propriedades dos corpos que colidem, ele também deve depender da velocidade a e aproximação entre os corpos.

Segundo Rade 2005, o método dos elementos finitos (MEF) é uma técnica de análise numérica destinada à obtenção de soluções aproximadas de problemas regidos por equações diferenciais. Embora o método tenha sido originalmente desenvolvido para a análise estática de sistemas estruturais, ele tem sido utilizado no estudo de uma grande variedade de problemas de Engenharia, nos domínios da Mecânica dos Sólidos, Mecânica dos Fluidos, Transmissão de Calor e Eletromagnetismo. Devido à sua eficiência e flexibilidade, além de sua adequação à implementação em computadores digitais, o MEF tem hoje uma grande difusão tanto no meio acadêmico como no industrial, estando disponível em grande número de “pacotes” comerciais existentes no mercado (ANSYS, NASTRAN, ABAQUS, SYSTUS, etc.). Contudo, deve ser lembrado que a utilização eficaz destes programas e a correta interpretação dos resultados requerem o amplo conhecimento, por parte do Engenheiro, dos fundamentos do MEF. Sendo que, a principal motivação para o uso do MEF reside no fato que, devido à complexidade dos problemas práticos de Engenharia, soluções analíticas em forma fechada tornam-se inviáveis ou mesmo impossíveis. Assim, devemos recorrer a técnicas capazes de fornecer soluções numéricas aproximadas.



Neste trabalho foram apresentados três tipos diferentes de placas para a simulação. Considerou-se uma placa de alumínio na qual ocorreria somente deformação elástica, também foi modelado uma placa do mesmo material considerando a deformação elástico-plástico e por fim, uma placa formada por material composto. Durante a simulação, uma esfera considerada rígida é deixada cair de uma determinada altura. Com a finalidade de redução do tempo computacional, considerou-se que a simulação inicia-se em um instante pouco antes do impacto, a 0.5 in.

Neste instante a velocidade da esfera foi determinada por meio da conservação da energia mecânica.

Os resultados encontrados são apresentados para os três casos percorridos anteriormente:

- 1) Material com deformação elástica (linear)
- 2) Material com deformação elástica (linear)
- 3) Material composto

1.2 Introdução ANSYS LS-DYNA

ANSYS LS-DYNA combina o programa de elementos finitos LS-DYNA com a poderosa capacidade do pré e pós-processamento do programa ANSYS. O método de solução usado pelo LS-DYNA consegue soluções rápidas para um pequeno espaço de tempo, grandes deformações dinâmicas, problemas quase-estáticos com grandes deformações e múltiplas não linearidades, e

complexos problemas de contato/impacto. Usando este produto integrado, pode-se modelar uma estrutura no ANSYS, obter soluções através do LS-DYNA, e ler os resultados usando a ferramenta de pós-processamento do ANSYS.

Pode-se também se fazer a transferência da geometria e dos resultados entre ANSYS e ANSYS LS-DYNA para performance em vários tipos de testes (Ex: droptest, espringback e outras aplicações)

2 VISTA GERAL DAS ETAPAS EM UMA ANÁLISE DINÂMICA:

O procedimento para uma análise dinâmico é similar às outras análises disponíveis no programa ANSYS. Três principais etapas:

2.1 Construção do modelo (com PREP7 pré-processador)

Neste trabalho em particular, essa etapa é utilizada para determinação dos tipos de elementos que serão utilizados, suas constantes reais dependendo do tipo de material a ser analisado. Propriedades dos materiais. Modelagem das geometrias. Malhagem das geometrias. Definição do tipo de contato e entre quais componentes este ocorrerá.

2.2 Aplicação dos carregamentos e obtenção da solução (com o SOLUTION processador)

Nesta fase impõem-se restrições aos nós. Velocidade inicial a esfera rígida. Para se especificar carregamentos, criam-se parâmetros de aceleração e tempo para serem aplicados ao sistema. Define-se o tempo e tipo de análise. Determina-se a quantidade de passos da análise com relação ao tempo e as respostas a serem obtidas.

2.3 Ler os resultados (com o POST1 e POST26 pós-processadores)

Finalmente nesta etapa se obtêm os dados da solução podendo-se assim analisar os resultados e discutida coerência dos mesmos.

Este documento descreve alguns procedimentos e conceitos que são aplicados unicamente para análises dinâmicas feitas usando o produto ANSYS LS-DYNA. Ele não descreve todos os detalhes das três etapas listadas acima. Para quem não têm ainda familiaridade com o ANSYS, os dois seguintes manuais podem ser consultado para o aprendizado dos procedimentos básicos de análise:

- ANSYS Basic Analysis Guide
 - ANSYS Modeling and Meshing Guide
- Quando se usa ANSYS LS-DYNA, é recomendado usar o padrão definido pelo programa. Muitas vezes, estes padrões são definidos apropriadamente para a resolução dos problemas.

3 ALGUMAS CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DA ANÁLISE DINÂMICA:

3.1 Elementos:

De acordo com o Capítulo 2 do **LS-DYNA User's Guide**:

Os elementos seguintes se encontram disponíveis e podem ser usados para uma análise dinâmica: LINK160; BEAM161; PLANE162; SHELL163; SOLID164; COMBI165; MASS166; LINK167; SOLID168.

3.2 Carregamentos:

Capítulo 4 do LS-DYNA User's Guide:

A fim modelar corretamente o comportamento da sua estrutura, é necessário respeitar o intervalo de tempo especificado.

Este capítulo do LS-DYNA User's Guide discute os tópicos relacionados abaixo:

- Opções gerais de carregamentos
- Restrições e condições iniciais (como as restrições são usadas)
- Equações de acoplamento e restrições
- Nonreflecting boundaries [EDNB]
- Aplicação de temperaturas
- Dynamic relaxation

3.3 Superfícies de contato:

Com relação ao Capítulo 6 do LS-DYNA User's Guide, tem-se que as superfícies de contato no ANSYS LS-DYNA permitem representar uma larga faixa de tipos de interações entre os componentes e um modelo. O Cap. 6 fornece orientações para definição física realística no contato em uma análise dinâmica.

Deve ser notado que o contato é representado diferentemente em uma análise dinâmica dos outros tipos de análises no ANSYS. Em outras análises, o contato é representado pelo contato real entre elementos de contato. Para o caso dinâmico, não há contato nos elementos. Simplesmente se indica as superfícies de contato, o tipo de contato entre elas, e outros parâmetros relacionados com o tipo de contato.

Devido a complicada grande deformação dinâmica que tipicamente ocorre durante análises dinâmicas, determinar contato entre os componentes do modelo pode ser extremamente difícil.

Todas as superfícies de contato podem ser definidas no ANSYS LS-DYNA através do comando EDCGEN:

Usam-se as seguintes etapas quando se usa o comando EDCGEN:

Passo 1: Determinar o tipo de superfície de contato que melhor define o modelo físico.

Passo 2: Identificar as entidades de contato.

Passo 3: Especificar os coeficientes de fricção.

Passo 4: Especificar alguma entrada de dados que é requerida pelo tipo de contato.

Passo 5: Especificar o início e fim do tempo para definir o contato.

4 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA A SER SIMULADO:

Serão três as simulações apresentadas neste trabalho. O problema é constituído de componentes. Uma esfera rígida de 2,5 cm de diâmetro que será apresentada com as mesmas características para as três simulações. E uma placa plana de forma quadrada com 12,5 cm de lado que terá propriedades definidas diferentemente para cada uma das simulações.

A placa é fixada com deslocamentos igual a zero nas direções x, y e z para os nós que se encontram nos lados da placa. A esfera é solta a uma distância de 1,25 cm do centro da placa com uma velocidade de 5 m/s com uma gravidade de 10 m/s². O tempo de análise foi definido como 0,05 segundos.

As propriedades das três placas são:

- Propriedade linear (elástico).
- Propriedade não-linear (elástico-plástico).
- Material composto.

5 RESULTADOS:

5.1 Material 1- Deformação elástica (linear)

A figura abaixo representa o deslocamento na posição do impacto da bola.

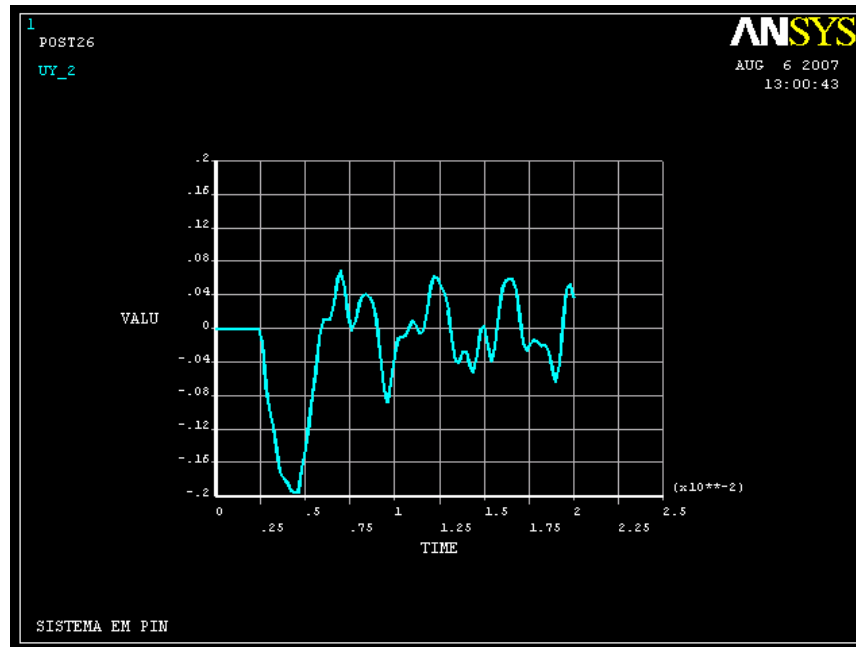


Figura 1 – Resposta do sistema modelado.

Verifica-se que a placa, após o impacto não sofre deformações permanentes. Na figura que segue apresenta-se uma visão geral do sistema simulado.

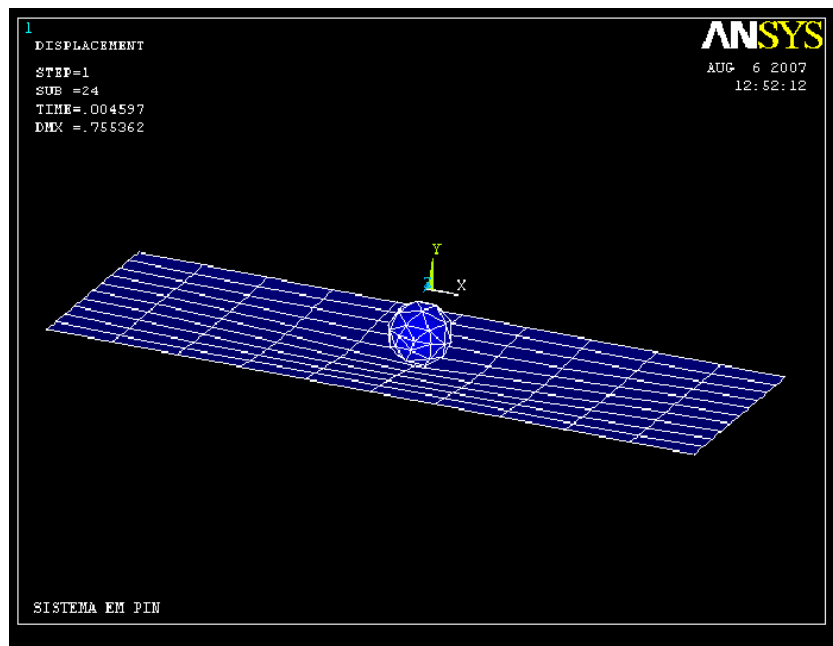


Figura 2 – Sistema modelado.

5.2 Material 2 - Deformação elástico-plástica (não-linear)

A figura abaixo representa o deslocamento da placa na posição do impacto da bola.

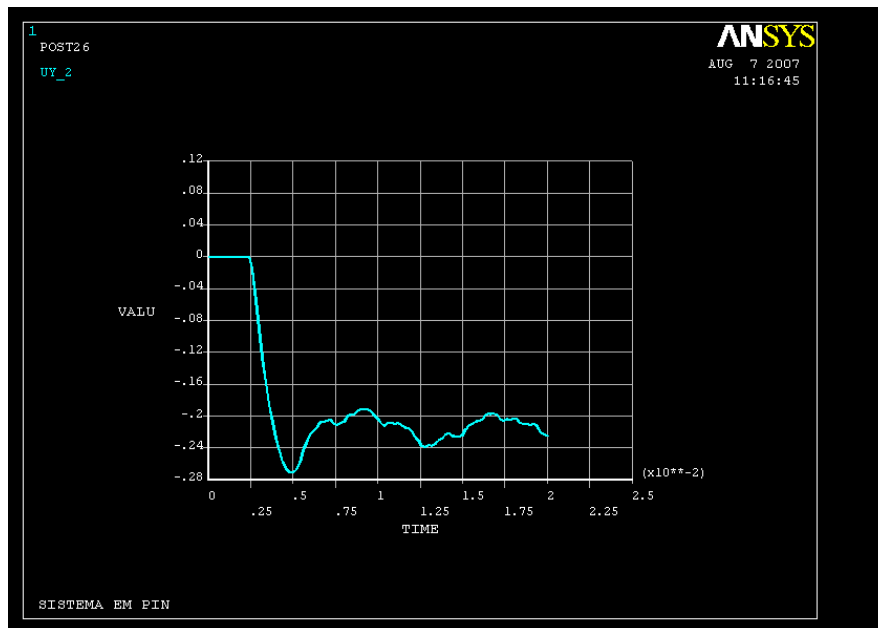


Figura 3 – Resposta do sistema modelado.

Verifica-se que neste caso a placa sofre deformações permanentes após o impacto da esfera. Na figura que segue apresenta-se uma visão geral do sistema simulado.

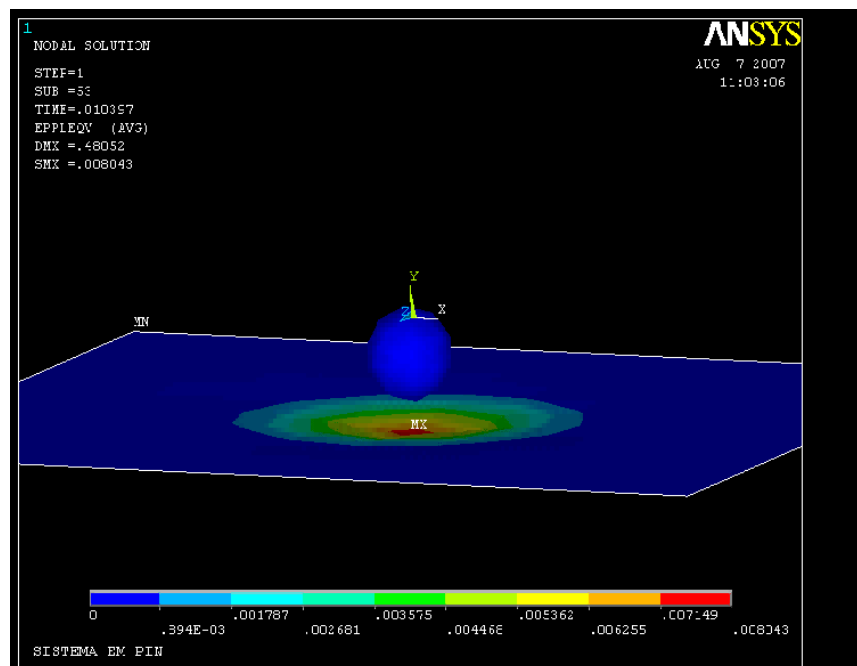


Figura 4 – Sistema modelado.

5.3 Material composto

A figura abaixo representa o deslocamento da placa na posição do impacto da esfera.



Figura 5 – Resposta do sistema modelado.

Verifica-se que neste caso a placa não sofre deformações permanentes após o impacto da esfera. Na figura que segue pode-se verificar a estrutura composta utilizada durante a simulação

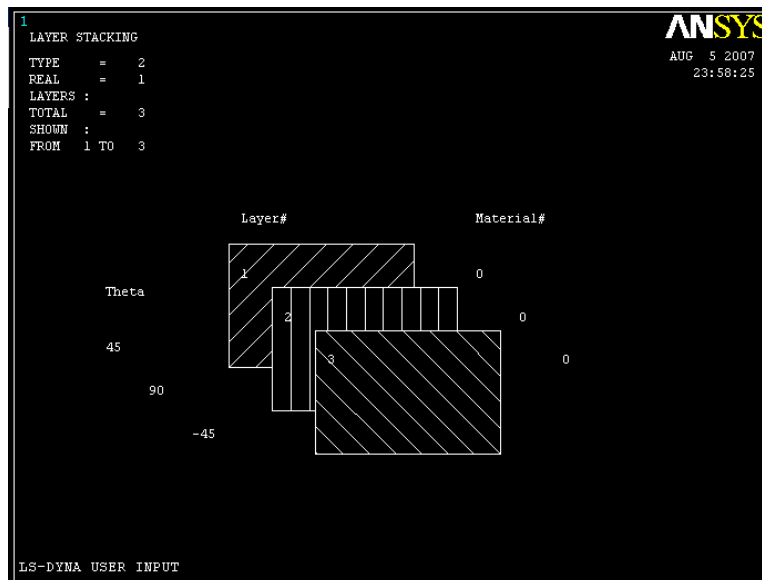


Figura 6 – Material Composto

Na figura que segue apresenta-se uma visão geral do sistema simulado.

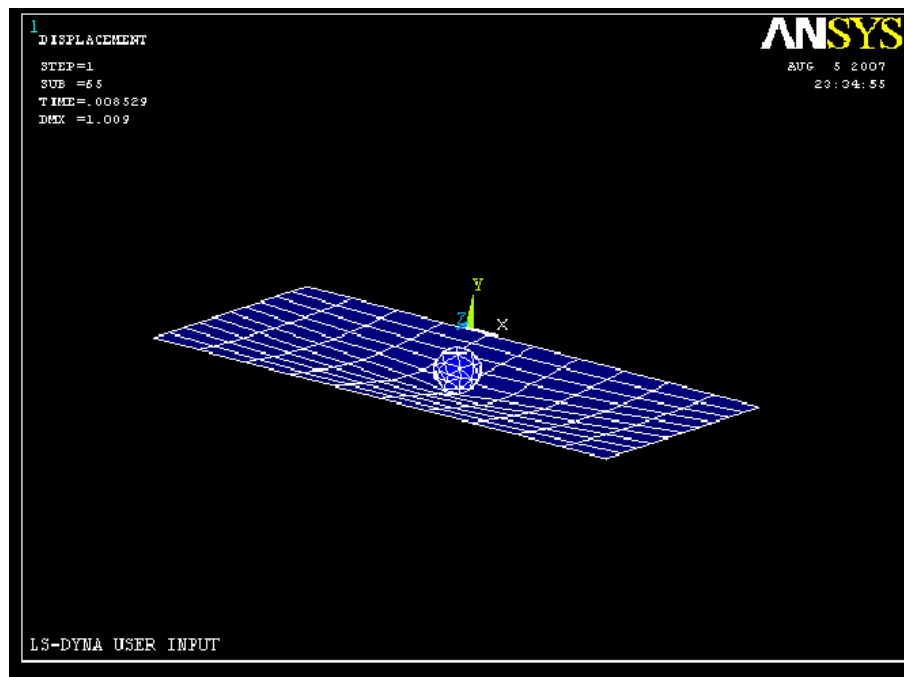


Figura 7 – Sistema modelado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram estudados impactos sobre placas de três tipos diferentes de materiais, possibilitando assim, ter-se uma idéia de como trabalhar com este fenômeno. De uma maneira geral os problemas encontrados foram:

- Pouco conhecimento do software.
- Unidades, não conseguiu-se trabalhar com unidades no Sistema Internacional de Unidades SI.
- Malha pouco refinada para o composto acarretou imprecisão no contato.
- A malha e o tempo para ocorrer o impacto foram escolhidos de modo que o tempo computacional fosse pequeno.
- Tivemos a ocorrência de erros, principalmente nas modificações do modelo.

7 COMO PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS TEMOS:

Analisar o comportamento das camadas do composto a fim de otimizar as propriedades para se obter uma alta ou baixa absorção de impactos.

A possibilidade de comparar testes experimentais de impactos feitos no LMEst com simulações utilizando o ANSYS LS-DYNA.

8 BIBLIOGRAFIA:

- [1] Tutorial do Ansys.
- [2] Rade D.A., 2004, “Introdução ao Método dos Elementos Finitos”, Apostila do professor.
- [3] Manual teórico do LS-DYNA.
- [4] ANSYS LS-DYNA User's Guide.