



21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

NORMATIVAS E APLICAÇÕES NUMÉRICAS PARA VERIFICAÇÕES DE ANCORAGENS DE BANCOS VEICULARES

Flávio, Paulo G. M, paulo.gmf@aluno.unb.br¹

Rita de C., ritasilva@unb.br¹

Oliveira, Alessandro B. S, abso@unb.br¹

¹Universidade de Brasília, Área Especial de Indústria Projeção A.

Resumo: No contexto de um estudo que visa a modelagem e a avaliação da segurança de assentos de veículos automotores, o presente trabalho vem colaborar apresentando uma revisão bibliográfica das principais normas aplicáveis à verificação da segurança relacionada aos bancos veiculares. De fato, os bancos têm por função precípua suportar os ocupantes durante todo o trajeto percorrido e, em caso de colisões, deve resistir ao impacto sem corroborar ao risco eminente de lesão. Nesse contexto, as principais normas a serem abordadas são: FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standards), Fórum Mundial pela Harmonização de Regulamentos de Veículos (World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations) e ABNT (Associação Brasileiras de Normas Técnicas). Também será apresentada uma revisão da literatura técnica, que terá por objetivo destacar trabalhos que tratem da avaliação da segurança de bancos veiculares, tanto através de estudos numéricos (simulações computacionais) como por testes experimentais. Assim, serão evidenciados os principais softwares comerciais utilizados, bem como os equipamentos utilizados em testes de laboratório.

Palavras-chave: *assento veicular, ancoragem, normas, simulações numéricas, ensaios experimentais*

1. INTRODUÇÃO

Ainda que, atualmente os veículos sejam mais seguros do que já foram há algumas décadas atrás; fatores que contribuem para acidentes letais, lesões graves, assim como defeitos de funcionamento que gerem riscos à saúde e à segurança dos ocupantes com menor gravidade ainda são passíveis de ocorrer.

De fato, as principais causas de ocorrência desses episódios encontram-se: na condução desatenta e não defensiva, falta de uso de itens de segurança, más condições de estradas; colisões (crashes) e falhas inadvertidas de componentes automotivos.

Diante de tal cenário, características do projeto estrutural do veículo, assim como de seus itens de segurança ativos e passivos são indicadores, que permitem avaliar o quão seguro seus ocupantes estão. Nesse contexto, de acordo com a normativa europeia ECE 17 (2009), o assento veicular tem um papel vital na restrição, posicionamento e amortecimento dos ocupantes no momento de uma colisão, por exemplo.

O assento veicular, em conformidade com as normativas, além de ser um elemento de relevância no que tange o conforto, estética, ergonomia, entre outros fatores, é o equipamento primário que permite ao motorista/passageiro utilizar o veículo (Grujicic, 2009 e NBR: 15283, 2005). Em determinadas situações, qualquer que seja a solicitação submetida ao veículo, seja por sua utilização usual (trafegar em vias públicas), seja por algum motivo fortuito (colisões de qualquer gravidade), uma das formas de transferência desses efeitos ao ocupante ocorre pelo assento.

Assentos veiculares, costumeiramente, são fixados ao assoalho do veículo através de um sistema de ancoragem, que segundo as normativas que tratam deste equipamento (ECE 17, 2009; FMVSS 207, 2009), define-o como: “*Sistema através do qual o conjunto do banco é fixado à estrutura do veículo, incluindo também partes afetadas da estrutura deste veículo*”. Falhas presentes no sistema de ancoragem do assento do motorista, por exemplo, podem comprometer de forma decisiva a dirigibilidade.

Com base no exposto acima, o trabalho em questão vem contribuir com uma revisão bibliográfica das normativas internacionais e nacional que tratam do assunto referente à ancoragem de assentos veiculares. Não menos importante, traz ainda uma revisão acerca da aplicação do ensaio denominado por “*Sled Test*”, apresentando em seguida um

procedimento numérico para a implementação de verificações que façam uso dos procedimentos referentes a tal ensaio. Por fim, apresenta-se ainda os softwares mais comumente utilizados para tal finalidade.

O trabalho está dividido nos seguintes itens: item 2 tratará das duas principais normativas internacionais para a verificação da resistência em ancoragens veiculares, tratando também da normativa nacional. Neste item em questão serão apresentados o que se diz respeito aos requerimentos e verificações pertinentes aos ensaios experimentais necessários. No item 3, o leitor poderá encontrar informações sobre o “*Sled Test*”, tratando, subsequentemente (item 4), da modelagem desse procedimento experimental em softwares CAE, a partir da técnica numérica de elementos finitos (MEF). O item 5 trará uma síntese que apontará, principalmente, as principais diferenças entre as normativas apresentadas, o que possibilitará o leitor diferir e identificar os pontos de maior relevância nas normas, não obstante, trará ainda um rápido apanhado dos pontos de maior importância tratados.

2. PRINCIPAIS NORMATIVAS APLICÁVEIS NA AVALIAÇÃO DE BANCOS VEICULARES

Nesse item, serão tratadas as normativas relativas à verificação de quesitos relacionados às ancoragens de bancos veiculares. Apresentam-se as duas mais importantes, as quais são utilizadas em diversos países: Norma europeia nº 17 (ECE 17, 2009) e norma americana FMVSS 207 (2009). A Norma Brasileira (ABNT NBR 15283 intitulada por: Veículos Rodoviários Automotores – Resistência dos Bancos, suas Ancoragens e Apoio de Cabeça- Requisitos e Métodos de Ensaio) em um item específico, pelo fato dessa apresentar os mesmos requisitos e tipos de ensaios que a norma europeia nº 17.

2.1 NORMATIVA EUROPEIA (ECE 17)

O Fórum Mundial pela Harmonização de Regulamentos de Veículos (*World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations*), também conhecido por WP29 é um grupo de trabalho formado pela Comissão Econômica das Nações Unidas Europeias (UNECE). Cabe a esta organização a criação de normas de uso comum aplicáveis à concepção de veículos visando ajudar o comércio global. Esta norma é utilizada em grande parte dos países europeus, mas também por outros países como: Japão, Austrália, África do Sul, dentre outros.

A norma 17 (2009) é destinada ao estudo e estabelecimento de requisitos de verificação de ancoragens veiculares. É aplicável para veículos das categorias M1 (veículos de passeio), no que se diz respeito à resistência dos bancos e suas fixações, bem como os apoios de cabeça. Outro ponto diz respeito à concepção das partes posteriores dos encostos dos bancos e dos dispositivos destinados a proteger os ocupantes do deslocamento eventual de bagagens, em caso de choques frontal ou traseiro.

É importante ressaltar que o regulamento não é aplicável aos veículos que possuem bancos rebatíveis (bancos dobráveis), nem aos bancos voltados para os lados ou para a parte traseira do veículo, nem aos apoios de cabeça que, eventualmente, venham a equipar esses bancos. Ressalta-se, ainda, que a aplicação de tal normativa, somente pode ser efetuada, caso: estrutura, forma, dimensões, materiais e massa dos bancos, embora possam diferir no tipo de revestimento e na cor, não apresentem diferenças que excedam 5% do banco homologado pelo fabricante.

Há duas definições de suma importância para aplicação dessa normativa. Primeiramente, a norma ECE 17 - Apêndice 1 (2009) apresenta o ponto H, designando-o como o centro de articulação entre o tronco e as coxas da máquina 3-D H instalada no banco do veículo. O ponto H localiza-se no centro do eixo do dispositivo, entre os botões de mira do ponto H de cada lado da máquina. Este ponto corresponde, teoricamente, ao ponto R, Fig. 1.

A definição do ponto R (ECE 17 - Apêndice 2) refere-se a esse como o ponto de referência de lugar sentado, designa um ponto definido pelo fabricante do veículo e/ou banco veicular para cada lugar sentado e é estabelecido relativamente a um sistema tridimensional de referência para fins de localização. Tais pontos, são melhor retratados na Fig. 1.

Em tal normativa, para facilitar a exemplificação das zonas, onde se terá verificações a partir de ensaios, há uma definição e divisão de zonas. A Tabela 1 resume essas zonas.

Tabela 1. Descrição das zonas referentes ao encosto de bancos veiculares.

Zonas	Caracterização
Zona 1	Em bancos independentes e sem apoio de cabeças, esta zona é constituída pela parte posterior do encosto do banco compreendida entre os planos longitudinais verticais traçados a uma distância de 10 mm para ambos os lados e acima de um plano perpendicular à linha de referência situada 100 mm abaixo do ponto mais elevado do encosto.
Zona 2	Em bancos independentes ou corridos com ou sem apoios de cabeça destacáveis, a zona 2 ficará compreendida acima de um plano perpendicular à linha de referência situada a 100 mm do ponto mais elevado do encosto do banco com exclusão das partes da zona 1. No caso, onde há apoios de cabeça integrados, a zona 2 ficará compreendida acima de um plano perpendicular à linha de referência situada a 440 mm do ponto R do banco ou do lugar sentado. Com exclusão das partes da zona 1.

Designação dos elementos da máquina 3 DH

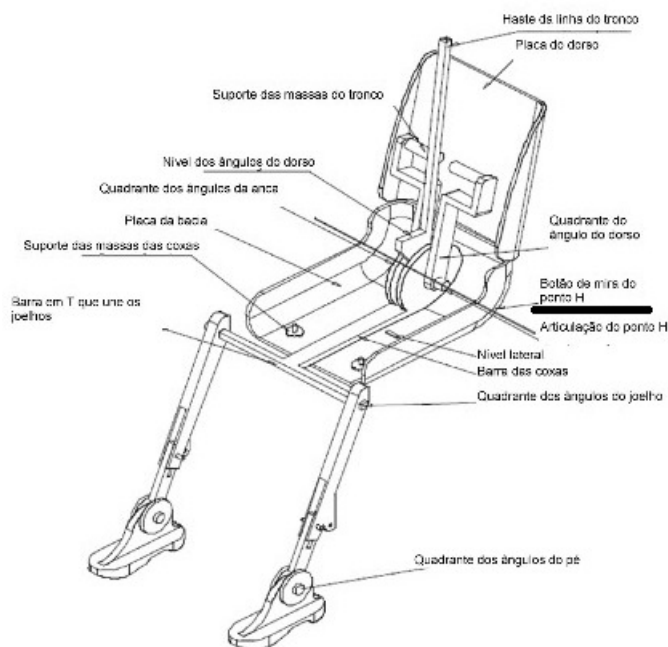


Figura 1. Designação dos elementos da Máquina 3 DH (ECE 17, apêndice 1, 2009)

Diante das definições básicas apresentadas a partir da normativa 17 (ECE 17, 2009), apresenta-se neste momento acerca das caracterizações preliminares (algo necessário para se proceder posteriormente na verificação das ancoragens). Esta deixa evidente que todos os sistemas de regulação e de deslocamento instalados devem dispor de um sistema de bloqueio automático. Os apoios de braço e outros dispositivos de conforto só terão de dispor de sistemas de bloqueio se a sua presença aumentar o risco de lesão dos ocupantes do veículo em caso de colisão. Este ponto é de suma importância no caso de análises que visem uma simplificação do sistema a ser analisado.

Ainda acerca das caracterizações, as partes posteriores dos bancos situadas na zona 1 devem ser aprovadas previamente em ensaios de dissipação de energia de acordo com as prescrições do anexo 6 da norma. Apresenta-se neste momento, de forma simplificada, o método de ensaio para a verificação da dissipação de energia de acordo com tal anexo.

Como aspectos gerais, o banco deve ser firmemente fixado com o uso das peças de fixação fornecidas pelo fabricante, de modo a se não se obter deslocamentos ao aplicar-se o impacto. O encosto, caso regulável, deve estar em uma posição de 25° para trás, este requisito referente ao ângulo de posicionamento do encosto é aplicável a todos os

ensaios pertinentes à normativa ECE 17. Por fim, caso o banco esteja equipado com um apoio de cabeça regulável, este deve ser colocado na posição mais desfavorável permitida pelo dispositivo (regra geral, a posição mais elevada).

No que se trata do equipamento de ensaio, este consiste em um pêndulo cuja a massa reduzida no centro de percussão é de 6,7 kg. A extremidade inferior do pêndulo consiste em uma peça rígida em forma de cabeça com 165 mm de diâmetro, cujo centro coincide com o centro de percussão do pêndulo.

O método de ensaio consiste: com o banco instalado, a direção do impacto, dirigido de trás para frente, deve estar situado num plano longitudinal e que forme um ângulo de 45° com a vertical. Os pontos de impacto devem ser aplicados em princípio na zona 1 e se necessário, também devem ser aplicados na zona 2.

A prescrição descrita acima é considerada cumprida se, nos ensaios realizados seguindo o método descrito no anexo 6, a desaceleração da peça em forma de cabeça não exceder 80g de forma contínua durante mais de 3ms. Além disso, não deve surgir a partir deste ensaio, quaisquer arestas perigosas que possam trazer riscos ao usuário, portanto, a presença de deformações plásticas é aceitável.

Retomando-se à caracterização a partir dos ensaios realizados na normativa 17 (2009), tem-se que, durante e após os ensaios, não deve ser detectada qualquer degradação da estrutura ou da fixação dos dispositivos de bloqueio correspondentes. Podem aceitar-se deformações permanentes, incluindo rupturas, desde que essas deformações não aumentem o risco de lesões em caso de colisões e sejam suportadas as cargas prescritas na legislação.

Três outros pontos de importância no que tange a caracterização são: Os bancos corridos e/ou bancos independentes deslocáveis devem bloquear-se automaticamente em todas as posições previstas; os encostos dos bancos reguláveis devem ser bloqueáveis em todas as posições previstas, por fim, todos os bancos que possam ser inclinados para frente, ou tenham encostos rebatíveis devem bloquear-se automaticamente na posição normal.

Como primeiro ensaio apresentado em tal normativa, tem-se: Aplicar à parte superior da estrutura do encosto do banco, por meio de um componente que simule o dorso do manequim referido em regulamento, uma força longitudinal e dirigida para trás, em que se produza um momento de 53 daN.m em relação ao ponto R. No caso dos bancos corridos, caso uma parte ou totalidade da estrutura de suporte (incluindo a estrutura dos apoios de cabeça) forem comuns a mais de um lugar sentado, o ensaio deve ser realizado simultaneamente para todo esses lugares sentados. Na Fig 2 que se segue tem-se uma melhor representação do ensaio apresentado.

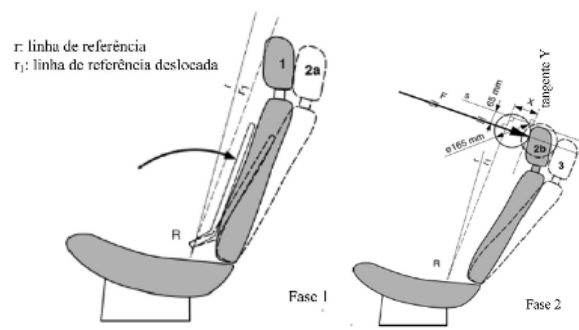


Figura 2. Esquemático da aplicação do momento para ensaio de acordo com a normativa europeia nº17.(ECE 17, anexo 5, 2009)

Como segundo ensaio tratado em tal normativa, tem-se a aplicação de uma desaceleração horizontal ou, por opção do avaliador, uma aceleração não inferior a 20 g durante 30 ms à totalidade da estrutura do veículo para simular um choque frontal. Senão, aplicar uma aceleração em conformidade com o gráfico apresentado abaixo, para simular um choque traseiro. A curva aceleração (m/s^2) pelo tempo (ms) pode ser melhor visualizada na Fig 3 que se segue.

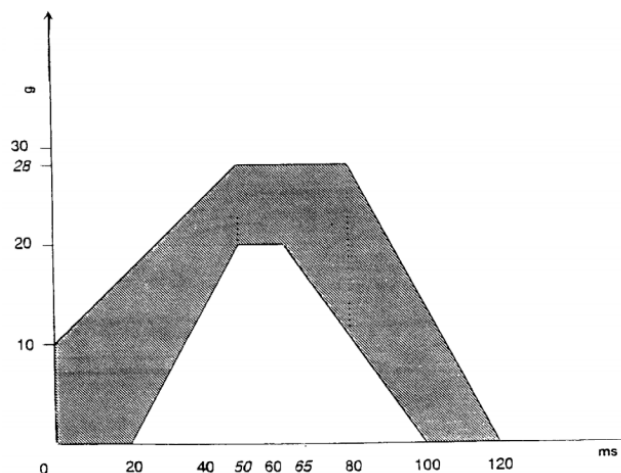


Figura 3. Curva ACELERAÇÃO X TEMPO (ECE 17, apêndice, 2009).

Os níveis de aceleração a serem aplicados na estrutura como um todo devem estar contidos na área sombreada no gráfico apresentado na Fig. 3. Por tal gráfico, vê-se que é possível aplicar diferentes níveis de aceleração e desaceleração, dentre eles, um início de ensaio com aceleração nula, ou com valor de 10g. É possível ainda se verificar que o nível de aceleração a ser prescrito deve ser superior a 20g, mas inferior a 30g.

2.2 NORMATIVA AMERICANA FMVSS 207

A Federal motor Vehicle Safety Standards (FMVSS, 2009) é uma instituição americana para a criação de regulamentos que especificam questões relacionadas ao design, construção, performance e durabilidade do requerido para motores veiculares, assim como para a regulamentação da segurança automotiva de componentes veiculares. Analogicamente ao FMVSS, há também a CMVSS (Canada Motor Safety Standards, 2011), neste caso, tal instituição trabalha na regulamentação no território canadense, no entanto, as normas são baseadas no especificado pela normativa americana.

A norma 207 (2009) da FMVSS tem por objetivo o estabelecimento das exigências relativas aos bancos veiculares, assim como aos dispositivos de fixação e das suas instalações, a fim de reduzir ao mínimo possível os possíveis riscos de falhas causadas pelas forças presentes em bancos veiculares na ocorrência de uma colisão.

Para os requisitos gerais de desempenho de bancos onde não há a possibilidade de ajuste do encosto deste, afirma-se que, diante dos ensaios a serem realizados, com exceção de bancos em posicionamento laterais, e de bancos de passageiros de ônibus, tais componentes devem resistir às seguintes forças em Newtons:

- Em qualquer posicionamento, uma força de 20 vezes a massa do banco em quilogramas multiplicado por $9,8 \text{ m/s}^2$, aplicada na direção para a frente no sentido longitudinal do banco;
- Em qualquer posicionamento, uma força de 20 vezes a massa do banco em quilogramas multiplicado por $9,8 \text{ m/s}^2$, aplicada na direção para trás no sentido longitudinal do banco;
- No posicionamento mais recuado, uma força que produza 373 N.m no ponto de referência da pessoa sentada (ponto H), para cada assento, aplicada sobre a parte superior do encosto do banco, direcionado para trás no sentido longitudinal do banco.

Em termos gerais, deixa-se claro que o banco deve conservar seu posicionamento original após a realização dos ensaios conforme os métodos de ensaios previstos em tal normativa.

Diferentemente, para bancos onde se há dispositivos de retenção articulada ou bancos rebatíveis, ou para verificação dos encostos dos bancos, o ensaio é dividido em dois, primeiramente o ensaio de força estática, este afirma que:

- Depois de bloqueado, o dispositivo de retenção de um banco voltado para a frente deve resistir uma força em Newtons equivalente a 20 vezes em quilogramas da parte articulada ou dobrável do assento (encosto), multiplicada por $9,8 \text{ m/s}^2$. A força deve ser aplicada em direção para a frente no sentido longitudinal e passar necessariamente no centro de gravidade desta parte do assento.
- Depois de bloqueado, o dispositivo de retenção de um banco voltado para a frente deve resistir uma força em Newtons equivalente a 20 vezes em quilogramas da parte articulada ou dobrável do assento (encosto), multiplicada por $9,8 \text{ m/s}^2$. A força deve ser aplicada em direção para trás no sentido longitudinal e passando necessariamente no centro de gravidade desta parte do assento.

O segundo ensaio a ser realizado, é referente à aplicação de uma aceleração. Afirma-se que, depois de bloqueado, o dispositivo de retenção deve resistir uma aceleração de 20 g aplicada no sentido longitudinal. No entanto, diferentemente do apresentado na norma ECE 17 (2009), a norma americana não apresenta o tempo de aplicação de aceleração.

A figura (Fig. 4) que se segue, apresenta-se uma esquematização do local onde se há a aplicação da força horizontal de acordo com a normativa FMVSS 207 (2009) para bancos com a presença de dispositivos de retenção articulada.

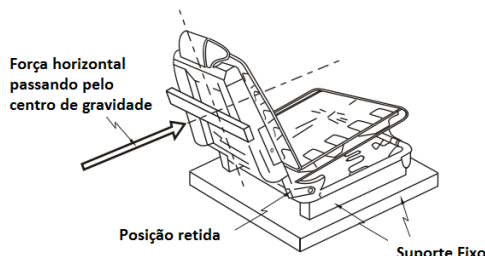


Figura 4. Aplicação de força referente à massa do encosto multiplicada por 9,8 m/s² (Banco rebatível, FMVSS 207, 2009).

3. AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA PERFORMANCE DE BANCOS VEICULARES: SLED TEST

De acordo com Bostrom (2011), o “*Sled test*” tem papel fundamental para a verificação e o desenvolvimento de sistemas de retenções. Utilizado no âmbito da engenharia referente à segurança veicular, este tem uma importância na aplicação de procedimento experimental para a realização de ensaios dinâmicos em carrocerias, bancos veiculares, sinto de seguranças, dentre outros dispositivos. Os parâmetros de saída de um ensaio onde faz-se o uso do “*Sled test*” traz pontos de grande importância para verificações tanto no que tange questões referentes à estrutura do alvo analisado quanto questões relacionadas aos danos presentes nos passageiros.

A instrumentação do teste permite análises da cinemática do ocupante, onde é possível se verificar, por exemplo, os níveis de acelerações que as partes do corpo humano estão sujeitas no momento de uma colisão, assim como o comportamento do componente estrutural durante tal incidente. Este fato se dá pela possibilidade da aplicação de diversos níveis de velocidades/acelerações a fim de melhor representar o que se é encontrado em episódios de colisões reais, análise apresentada por Herbst et al (2008).

Em termos gerais, os equipamentos a serem analisados (bancos veiculares, partes de veículo, etc) são fixados em um trenó, que através de um sistema de acelerações e desacelerações controlados por sistemas hidráulicos, pneumáticos ou elétricos, propiciam aos componentes do habitáculo do veículo, níveis de acelerações ou desacelerações similares aos encontrados em colisões reais.

Aplicado especificamente na verificação de ancoragens de bancos veiculares, tem-se que o uso do “*Sled test*” é capaz de propiciar a aplicação dos níveis de acelerações e/ou desacelerações presentes nas normativas (ECE 17, 2009 e FMVSS 207).

Herbst et al (2008) em seu trabalho realizou testes experimentais utilizando o “*Sled test*” juntamente com o especificado na norma FMVSS 207, onde os resultados possibilitaram verificar que os bancos veiculares do Chevrolet Trailblazer e do Ford Focus apresentavam falhas de ancoragens sob a aplicação dos níveis de força especificados em norma, como pode ser verificado das figuras 5 e 6 que se seguem.

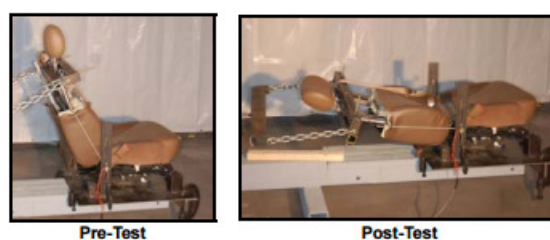


Figura 5. Sled Test seguindo a FMVSS 207: banco Chevrolet Trailblazer (Herbst et al, 2008).

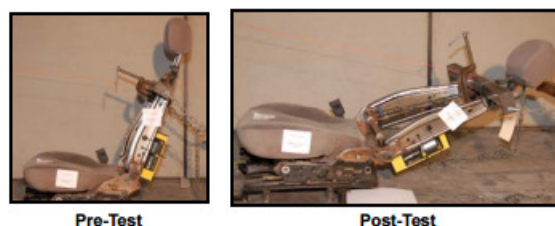


Figura 6. Sled Test seguindo a FMVSS 207: banco Ford Focus (Herbst et al, 2008)

4. MODELAGEM NUMÉRICA APLICADA À VERIFICAÇÃO DE DESEMPENHO DE BANCOS VEICULARES

Devido a diversos fatores, dentre eles, ao alto custo das aplicações experimentais de “*Sled Test*”, onde um ensaio seguindo a norma FMVSS 207 (2009) pode custar aproximadamente \$30.000 (Engineering, Manufacturing and Motorsports), ou até mesmo ao fato da complexidade de se obter e/ou avaliar alguns parâmetros, como por exemplo, questões pertinentes à plasticidade e à mecânica do dano (Malcher, 2011), há uma evidente presença de modelos numéricos para tais avaliações, visando-se, por exemplo, a simulação do comportamento de seres humanos durante situações de impacto, assim como verificações estruturais de bancos veiculares. Ressalva-se, no entanto, que verificações experimentais são de suma importância para validar ensaios via modelos numéricos (Cardoso et al, 2010).

O modelo numérico mais comumente utilizado baseia-se no método em elementos finitos, onde atualmente, para análises no âmbito da engenharia mecânica, faz-se o uso comumente de elementos em casca (quadriláteros e triangulares), elementos unidimensionais (vigas) e elementos sólidos (tetraedros e hexaedros). Cada tipo de elemento é constituído por formulações matemáticas, também conhecidas por funções interpoladores, que têm um papel de representar o comportamento do sólido discretizado durante a análise realizada, como por exemplo, a capacidade de representar deformações elásticas ou plásticas.

Dentre os diversos softwares atualmente no mercado, destaca-se o LS-DYNA (Farahani, 2002), por ser, de fato, um software destinado para verificações no âmbito da engenharia automotiva, mais especificamente na segurança veicular. Para uma melhor idealização dos softwares comumente utilizados na literatura para verificações estruturais, apresenta-se a seguir a tab. 2 (Yadav et al, 2014), onde é possível verificar uma gama de softwares utilizados juntamente com questões relacionadas às suas aplicações.

Tabela 2. Softwares em MEF para verificações estruturais (Yadav et al, 2014, modificado)

Software	FACILIDADES	VANTAGENS	APLICAÇÕES
LS-DYNA	Não linearidades, análises dinâmicas, quasi-estática...	Análise de várias situações de modelos de acidentes	Resistência ao choque, proteção do ocupante, impacto em altas velocidades...
PAMCRASH	Avaliação de dano aos ocupantes em cenários de colisões	Permite a verificação de colisões sob vários cenários	Análise aeroespacial, aplicações nucleares...
RADIOSS	Análise não linear implícita e explícita	Análises lineares e não lineares	Solução de análises com grandes não-linearidades de cargas dinâmicas
MSC DYTRAN	Análises de curta duração e análise de deformação estrutural	Trabalha não linearidade de materiais, grandes não linearidades de material e de contato	Aplicações automotivas e aeroespaciais
MADYMO	Simulações dinâmicas com ênfase colisões veiculares e dano ao passageiro	Solução de problema de colisões	Modelagem de airbag, impacto frontal e lateral de veículo, capotamento...
ABAQUS	Análises eletromagnéticas, dinâmica dos fluidos...	Integração explícita para verificações não lineares com grande complexidade de contatos sob cargas transientes	Verificações em veículos e aeroespacial

ANSYS	Análise estrutural linear e não-linear	Bom para análises estáticas e transientes	Análise estrutural
-------	--	---	--------------------

Verifica-se pela tabela 2 apresentada acima que nenhum software apresenta explicitamente o seu uso para análises de bancos veiculares, no entanto, a partir da verificação da aplicabilidade de cada software é possível se determinar aquele que melhor se adaptará às necessidades.

No entanto, a partir da investigação dos artigos e estudos na literatura, verifica-se que os pesquisadores preferem utilizar determinados softwares à outros. Das bibliografias apresentadas, afere-se que em seus trabalhos, Muhamad (2013); Galganski (2004) e Haan (2002) fazem uso do software Madymo, enquanto Wirotrarranaphaphisan (2007); Kang (2000); Grujicic (2009); Ferreira et al (2006) fazem uso do Abaqus e Singh (2014), Morge (2014) e Chen (2014) fazem uso do LS-DYNA.

Ainda pela tabela, vê-se que os dados apresentados são referentes exclusivamente às etapas de processamento e pós-processamento. Alguns dos softwares apresentados não possuem a etapa de pré-processamento referente à criação de malhas. Uma parte daqueles que o possuem, não apresentam um bom algoritmo de criação de malha, diante deste fato, há a presença de softwares destinados à criação de malhas em elementos finitos, que trabalham em conjunto com os softwares apresentados, como é o caso do HYPERMESH e do SIMLAB, ambos da empresa ALTAIR. Estes softwares são frequentemente utilizados para tal fim em grande parte de estudos e produções científicas na área de verificações estruturais consultados (Yadav, 2014; xu, 2009; Wirotrarranaphaphisan, 2007; Muhamad, 2013 e Singh et all 2014).

Como já dito anteriormente, a escolha do software está diretamente relacionada a dois pontos de suma importância. Primeiramente à capacidade deste realizar as análises almejadas a partir dos inputs (forças externas, deslocamentos prescritos, contatos, condições de contorno entre outros) e à solução e apresentação ao usuário, seja por forma de dados ou graficamente, dos resultados obtidos das análises realizadas, também denominados por outputs, como por exemplo, gráficos de tensões, deformações e deslocamentos. No entanto, vale ressaltar, que a partir das avaliações realizadas, os estudos referentes às análises de ancoragens em bancos veiculares são realizadas prioritariamente por verificações onde faz-se o uso de integrações implícitas ou explícitas, portanto, este deve ser um ponto de suma importância no momento de se definir o software.

Em um ambiente numérico, a aplicação do experimento retratado pelo “*Sled test*” pode ser idealizado por etapas, cada qual dependente da outra. A fim de retratar ao leitor, tem-se na figura que se segue um esquemático dos pontos a serem tratados para a aplicações dos ensaios apresentados no item 2, tal esquemático foi construído por uma síntese das informações apresentadas nos artigos e trabalhos tratados.

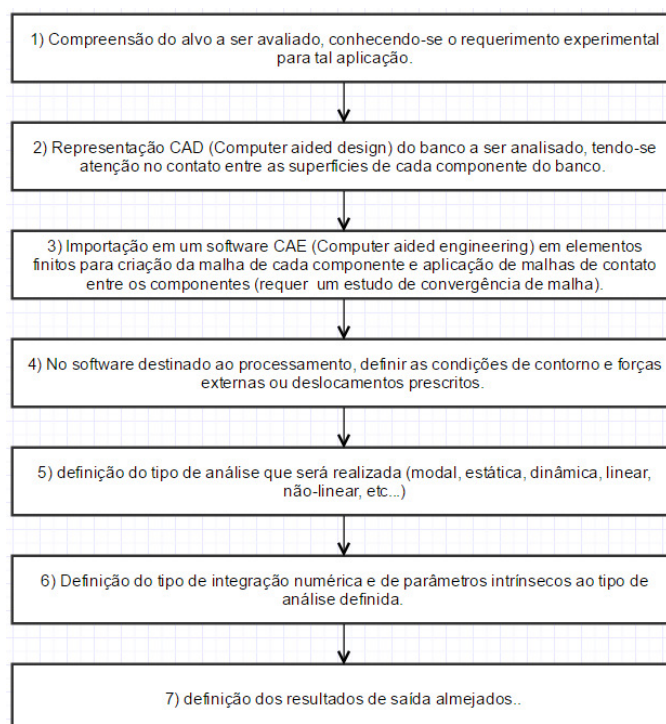


Figura 7. Esquemático simplificado para uma verificação numérica geral de bancos veiculares.

Este fluxograma tem unicamente o propósito de apresentar ao leitor um fluxograma dos principais pontos a serem tratados em uma verificação numérica em elementos finitos que tanja verificações no âmbito de análises estruturais. Em termos gerais, pode ser aplicável para diversos tipos de análises, o que engloba as verificações presentes neste trabalho em questão (banco veicular). Dos pontos apresentados no fluxograma acima, este trabalho apresentou de forma mais minuciosa os pontos 1 (ECE 17, 2009 e FVMSS 207) e 4. O primeiro ponto é referente ao reconhecimento do objeto tratado, algo apresentado tanto na introdução do trabalho, quanto na introdução das normas apresentadas. Já os pontos 4, referente à definição das condições de contorno e da aplicação das forças externas, foram tratados nos pontos concernentes às especificações dos ensaios a serem realizados, assim como dos requerimentos para as aplicações de ensaios. Os pontos restantes, ou seja, 2,3,5,6, e 7, não foram melhor tratados por não serem o foco deste trabalho, corroborado pelo fato de necessitarem de um melhor embasamento teórico e maior rigor matemático.

5. CONCLUSÃO

Pela revisão bibliográfica realizada, pôde-se ter um melhor embasamento acerca de normativas internacionais e nacional para a verificação da ancoragem de bancos veiculares. Apurando-se questões referentes aos métodos de ensaio para tal fim. Verificou-se ainda que a normativa europeia apresenta de forma mais minuciosa os procedimentos e requisitos necessários para a verificação da resistência de ancoragens presentes em bancos veiculares, talvez este venha a ser o porquê de tal normativa ser mais utilizada em nível global que a normativa americana.

Em termos gerais, verifica-se que a norma américa (FMVSS 207) pode ser aplicada para qualquer tipo de banco, salvo bancos laterais e bancos de passageiros de ônibus. Já a norma europeia (ECE 17) é somente aplicável aos bancos de veículos pertinentes à categoria M1 (veículos de passeio), no entanto, não é aplicável para bancos rebatíveis nem aqueles de são voltados para os lados ou para a retaguarda.

Em ambas as normas apresenta-se acerca da aplicação de uma força sob o banco para a verificação da resistência de suas ancoragens, no entanto, a regra europeia é mais enfática ao se afirmar que há a aplicação de uma força resultante à partir da massa do banco multiplicada por um determinado nível de aceleração em um espaço de tempo definido (fig. 3), esta força agirá em todo o banco pelo fato da aceleração imposta ser aplicada no corpo como um todo. Diferentemente da norma europeia, a norma americana não apresenta o local de aplicação da força, tampouco o tempo necessário de aplicação.

O fato desta divergência entre as normas é algo que deve ser levado em consideração no momento de definição da estratégia que será tomada para a verificação de ancoragens em bancos veiculares. No entanto, verifica-se que ambas as normas são difundidas e utilizadas em diversos estudos de grande importância no que tange estas verificações. Este artigo de revisão bibliográfica trouxe os pontos de maior importância de cada uma das normas tratadas, no entanto, para uma melhor compreensão do procedimento que deve ser tomado, faz-se necessário uma leitura detalhada dos requerimentos de cada uma.

Por fim, utilizando-se da apresentação dos requisitos e métodos de ensaio, mostrou-se ao leitor um esquemático para a realização do ensaio de '*sled test*' em ambiente numérico assim como os softwares mais comumente utilizados pelas bibliografias para verificações de componentes automotivos. Onde para tanto, fez-se o uso como parâmetros de entrada para as condições de contorno e aplicações de força, parâmetros os quais foram detalhados nas normativas expostas ao decorrer do trabalho.

6. BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. "NBR: 15283: A resistência dos bancos, suas ancoragens e apoio de cabeça nos veículos", 2005, ABNT, Rio de Janeiro.
- COMISSÃO ECÔNOMICA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EUROPA. Regulamento nº 17, 2009 "Prescrições uniformes relativas à homologação de veículos no que se refere aos bancos, suas fixações e apoios de cabeça".
- Yadav, S., Prandhan, S. K., 2014, "Intestigation into Dynamic Response of Automobile Components During Crash Simluation", 12th Global Congres on Manufacturing and Management.
- Chen, H. et al., 2014, "Analysis of Vehicle Seat and Research on Structure Optimization in Front and Rear Impact", World Journal of Engineering an Technology.
- Baik, W. Et al, 2012, "Optmization of Car Seat Considering Whiplash Injury", International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufactring Engineering, vol 6.
- Morge, M. Et al, 2014, "Analysis and Optimization of Cushion Seat Supporting Members", Journal of Mechanical an Civil Engineering, vol 11, pages 06-10.
- Singh, V., Shaikh, S. A. , 2014, "Automotive Seat Modeling and Simulation for Occupant Safety Using Dynamic Sled Testing, international Journal of engineering Research and Technology.

- FEDERAL MOTOR SAFETY STANDARDS AND REGULATIONS, “FMVSS 207: Seating Systems”, 2009..
- TRANSPORTS CANADA SECURITE DES VEHICULES AUTOMOBILES.CMVSS 207, 2011: “Ancrage des sièges”.
- Bostrom, O., 2011 “A SLED TEST METHOD FOR SMALL OVERLAP CRASHES AND FATAL HEAD INJURIES », 22nd ESV Conference, Suécia, Paper number 11-0369.
- Zekkner, H., 2010, “Crash Test facility Design”, International Course on Transportation Planning and Safety, New Delhi.
- Silva, M., 2010, “Curso de Biomecânica do movimento”, Instituto Superior Técnico, 2004.
- E. Cardoso, B. F. Oliveira, “Estudo do comportamento do chassi de veículo em Espuma Metálica Submetido a Teste de Impacto”, Universidade do Rio Grande do Sul.
- Muhamad. W. M. W., et al, 2013, “A preliminary analysis for design improvement of child car seat (CCS) Using finite element method (MEF) ”, Science Engineering Technologie Conference.
- Wirotrannaphaphisan, K., 2007, “Innovative Conceptual Design for a Convenient Seat”, King Mongkuts University of Technology North Bangkok.
- Xu, Z. et al, 2009, “Car seat Backrest Stati Strength Experiment and Simulation”, Applied meechanics and Materials vol 16-19, Suíça.
- Herbst, B. R. et al, « Rear Impact Test Methodologies : Quasistatic and Dynamic”, Safety and Forensic Engeneering, Estados Unidos.
- Herbst, B. R. et al, 2008, “Quasi-static and Dynamic Testing as a basis fot Determining Seat back Strength”, ASME International mechanical Engineering Congress and Exposition, Estados unidos.
- Farahani, A., 2002, “A Virtual Crash and Safety Environment for FMVSS an ECE Standards », 7th international LS-Dyna Users Conference, Estados Unidos.
- Galganski, R. A. et al “Integrated Sled Testing”, Computer modeling, and Scientific Visualization for Crashworthy Child Restraint System Design, intelligent Transportation System Safety and Security Conferece, 2004.
- Grujicic, m., 2009 “Seat-cushion ans soft-tissue material modeling and a finite element investigation af the seating comfort for passanger-vehicle occupants”, Materials and Design.
- Hann, R., 2002 “FE model of a car, creating an assessment tool for comfort analysis”, Departamento de mecânica da universidade de Eindhoven.
- Kang, S. J. Et al, 2000, “An effective approach to prediction of the collapse mode in automotive seat strucure”, Thin-Walled Structures, volume 37, pages 113-125.
- Ferreira, J. C et al. , 2006, “Hybrid Prototypes to Assist Modeling Automotive Seats”, 17th Solid Freeform Fabrication Symposium.

STANDARDS AND NUMERICAL APPLICATIONS FOR ANCHORAGENS CHECKS OF VEHICLE SEATS

Flávio, Paulo G. M, paulo.gmf@aluno.unb.br¹

Rita de C., ritasilva@unb.br¹

Oliveira, Alessandro B. S, abso@unb.br¹

¹Universidade de Brasília, Área Especial de Indústria Projeção A.

Abstract. *In the context of a study aimed at modeling and assessing the safety of vehicle seats, this paper presents a literature review of the main safety verification rules related to vehicle seats. Since their primary purpose is to support people during the travel, in case of collisions, seats must withstand the impact without corroborating the imminent risk of injury. Main standards that will be addressed are: FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standards), World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations and Brazilian Association of Technical Standards (ABNT). This paper also presents a technical review of the literature, aiming to highlight papers that deal with safety assessment of vehicle seats, using either numerical studies or experimental tests. Thus main commercial softwares will be highlighted as well as equipments used in laboratories.*

Keywords: *vehicle seat, anchorages, standards, numerical simulations, experimental tests.*