

## ANÁLISE EXPERIMENTAL

A fase de prototipagem descrita no capítulo anterior fornece como resultado os componentes em sua forma pré-estabelecida virtualmente. Em paralelo às simulações, sejam estas análises estáticas, dinâmicas ou dimensionais, são realizados diversos testes nestes componentes protótipos. Os resultados obtidos nesta fase servem como insumo para alimentar estas análises, através da coleta de dados por sistemas de instrumentação ou por inspeção.

A análise experimental tem ainda como finalidade certificar que os componentes, os sistemas, e o veículo atendem aos requisitos exigidos durante o projeto conceitual, as normas neles contidos e a legislação em vigor para o mercado ao qual o veículo se destina.

Para a execução da fase de experimentos são elaboradas listas de verificação. Nestas listas estão contidos os itens a serem testados ou inspecionados, indicando para cada um deles, o item relacionado nos requisitos e demais normas e legislações, o responsável pelo teste e sua data de conclusão.

Durante a fase de experimentos estas listas são preenchidas à medida que os testes são concluídos. Os relatórios dos testes e listas de verificação neles contidos comprovam o atendimento destas premissas de projeto e da legislação vigente e serve como instrumento para a homologação dos itens neles contidos. O objetivo final da análise experimental é que o veículo como um sistema único possa ser homologado para a venda.

### 8.1

#### Testes estáticos

Os testes estáticos são aqueles em que não há a variação de forças em relação ao tempo nos componentes do veículo sujeitos à análise.

Entre os testes estáticos podemos citar:

- inspeção visual;
- inspeção por metrologia;

- testes de resistência ao tempo por fatores climáticos (resistência à corrosão, deterioração de borrachas e componentes não metálicos etc.);

A figura 8.01 mostra um equipamento para a verificação dos seguintes sistemas quanto à análise estática e seus resultados estão na figura 8.02:

- Alinhamento de direção;
- Suspensão - determinação da massa suspensa por roda;
- Inspeção visual de componentes;
- Verificação de folgas do sistema de suspensão.



Figura 8.01 – Detector de folgas na suspensão

O detector de folgas na suspensão facilita a inspeção visual dos componentes, articulações e fixações dos sistemas de direção, suspensão e freios.

## 8.2 Testes dinâmicos

Os testes dinâmicos são aqueles em que a variação de forças em relação ao tempo nos componentes do veículo é o objetivo da análise.

A figura 8.02 mostra os resultados que podem ser obtidos pelo uso do dinamômetro de chassis (figura 8.03). Os resultados podem ser os seguintes:

- Atuação dos freios;
- Medição de ruído e outros;
- Atenuação da tensão da suspensão;
- Medição do alinhamento;

- Medição da aderência ao solo, através do analisador de suspensão;
- Análise dos freios.

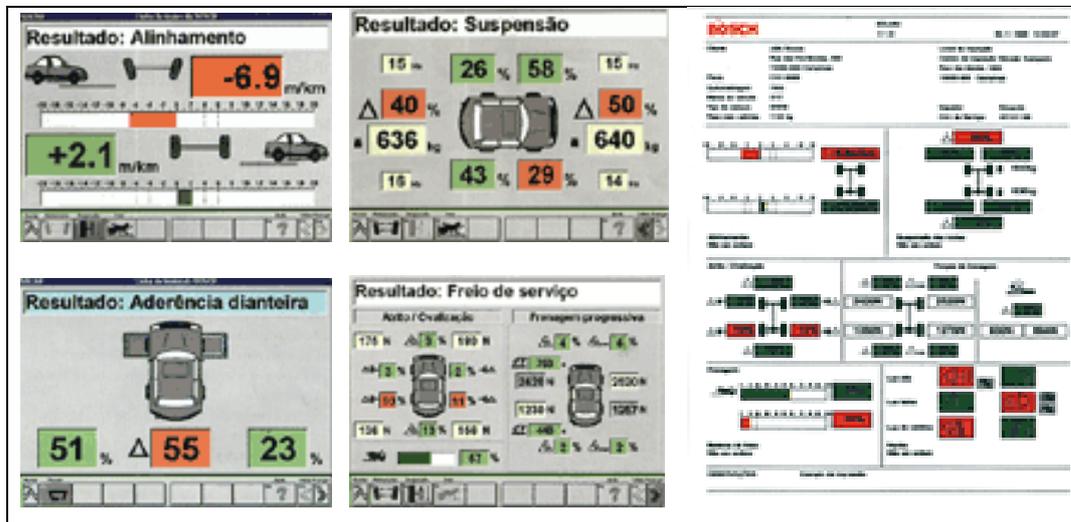


Figura 8.02 - Resultados obtidos por um dinamômetro de chassi.



Figura 8.03: Sistema modular de inspeção técnica de veículos.

Além de testes realizados em ambiente fechado também são realizados testes na suspensão do veículo em pistas e rampas, conforme visto na figura 8.04.

A execução de testes em pista com várias condições de atrito (asfalto, concreto poroso e concreto liso nas condições de seco e molhado) pode ter várias finalidades:

- Teste de aceleração - para verificação de quebra em componentes do veículo em condição de grande solicitação; medição da aceleração do veículo, comportamento do veículo acelerando numa curva;
- Teste de velocidade máxima – determinação da velocidade máxima do veículo, podendo ser realizado juntamente com o teste de aceleração;
- Teste de frenagem - para verificação de quebra em componentes do veículo em condição de grande solicitação; medição do trajeto de frenagem necessário relativamente a várias velocidades iniciais;
- Execução de curvas em raios tangenciais (30°, 60°, 90, 120°);
- Execução de curvas em raios estáticos (*steady-state cornering*), para verificação de raio mínimo e do ângulo de escorregamento lateral (*side slip angle*).



Figura 8.04 – Teste em pista – Aceleração, frenagem e execução de curvas em raios tangenciais (30°, 60°, 90, 120°), ou em raio estático (raio mínimo), em pista de teste com várias condições de atrito (asfalto, concreto poroso e concreto liso nas condições de seco e molhado) –[25].

A execução de testes em rampa pode ocorrer em mesas angulares onde vários valores de inclinação são permitidos (figura 8.05). Também podem ser realizados em pistas e neste caso o valor da inclinação é fixo.



Figura 8.05 – Rampa lateral em mesa angular – [25].

Além dos testes de pista, de rampa, de dinamômetro podem ser empregados testes com o uso de atuadores nas rodas do veículo. Estes atuadores transmitem as mesmas cargas impostas pelo solo, como se o veículo estivesse em utilização em pista. Este teste serve principalmente para tornar mais ágil a obtenção dos resultados de fadiga quando um determinado componente é alterado durante o projeto (figura 8.06).



Figura 8.06 - Teste de durabilidade com a utilização de atuadores – [27].

Por último, seguindo a seqüência de projeto apresentada na figura 1.01, após a realização dos testes e validação do protótipo final é realizada a validação para os protótipos da linha de fabricação quando se tratar de fabricação em série.

Durante o ciclo de vida do produto, que ocorre até o seu término de produção a empresa montadora do produto final é responsável por realizar “recall” no caso de falhas que ponham em risco a segurança, sendo ainda responsável por disponibilizar os componentes de reposição no mercado por mais dez anos após o término de produção do veículo.

### 8.3 Sistema de instrumentação

A execução de testes estáticos e dinâmicos, além de fornecer respostas que podem ser obtidas por inspeção visual, também fornece respostas que requerem o uso de instrumentos de aquisição de dados.

Vários fornecedores de instrumentos de aquisição de dados estão presentes no mercado nacional. Entre eles são bastante conhecidos os equipamentos da empresa National Instruments (com o software LabVIEW), Fluke, Lynx, entre outros.

Os instrumentos disponibilizados pelos fabricantes, conforme figura 8.07, diferem-se e devem ser selecionados principalmente de acordo com a resolução do sinal obtido, da quantidade de canais necessários para aquisição simultânea, do tipo de sinal a ser obtido, da quantidade de aquisições por segundo e do tipo de software e hardware capaz de conexão com o instrumento.

No caso de instrumentos embarcados, tanto os sensores como a base de coleta de dados devem suportar a poeira e as cargas dinâmicas impostas a estes e deve ser verificada a sua capacidade de armazenamento de informações. O mercado utiliza de 32 a 64 canais para a aquisição de dados de veículos em campo.

No caso de instrumentos de bancada, estes possuem a resistência de um equipamento eletrônico comum, não sendo robustecidos como os anteriormente mencionados e, portanto, comparativamente mais baratos.



Figura 8.07 – Equipamentos de instrumentação existentes no mercado.

Por meio destes instrumentos, podem-se obter informações tais como:

- aceleração;
- velocidade;
- temperatura;
- Força/ Torque;
- deformações;
- ruído;
- rotações (por giroscópio e clinômetro) e;
- tolerância à corrosão entre outros.

Existem instrumentos que obtêm a propriedade do solo, permitindo adequar o projeto ao tipo de solo que o veículo será submetido.

Estas informações são armazenadas e transmitidas a sistemas de análise por programas específicos, capazes de fazer a exportação de informações para outros formatos no caso do sistema de aquisição não ser equivalente ao do software que irá utilizar os sinais.

Os sinais obtidos podem ser utilizados de acordo com o tipo. Por exemplo, os que forem obtidos por sensores do tipo acelerômetros localizados no centro da roda (cubo da roda), posicionados na vertical, podem determinar a aceleração vertical da roda durante o trajeto percorrido pelo veículo. Este sinal cria uma

função aceleração x tempo que pode ser utilizada para determinar a velocidade e o deslocamento da roda a cada instante. Esta função pode então ser utilizada para a realização de teste de fadiga em meio virtual ou em meio real.

No meio virtual, esta função pode ser utilizada para a obtenção das forças envolvidas nos componentes em análise dinâmica, ou ainda, na simulação do teste de fadiga, segundo a análise dimensional entre outros necessários à homologação do veículo. Para isto pode ser empregado, por exemplo, a modelagem do sistema por Simulink com interface com o ADAMS para a análise virtual do controle desempenhado por componentes eletrônicos atuando nos componentes mecânicos.

Da mesma forma, esta mesma função também pode ser transmitida a atuadores que simulam as acelerações relativas entre pavimento x roda durante o trajeto do veículo. Se a função de entrada ainda vier de um trajeto de ciclo de vida acelerado, este equipamento permite diminuir em muito o tempo de teste, pois pode ser utilizado em qualquer condição climática e 24 horas por dia.

De acordo com o exemplo, existem diversas formas de utilização dos dados coletados, sendo sua escolha de acordo com o interesse da equipe e da necessidade de certificação.