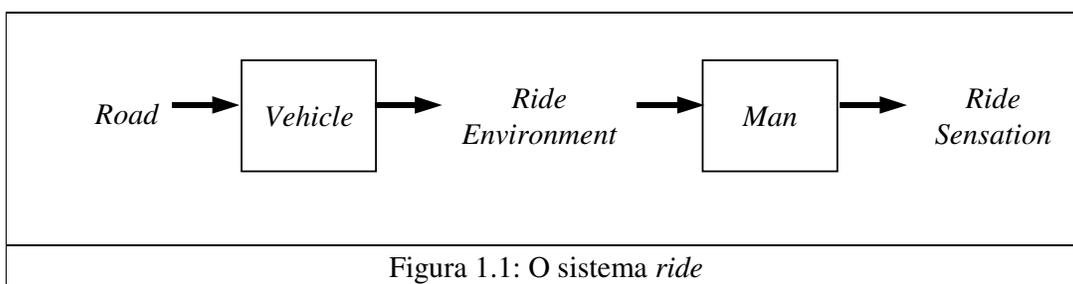


Capítulo 1

Introdução

1.1 Introdução ao *ride*

O diagrama da Figura 1.1, apresentado por Butkunas (1966), contém um resumo global dos fatores pertencentes à uma avaliação de *ride* para veículos, iniciando com a excitação gerada pelo perfil da pista (entre outras) e terminando com a sensação obtida pelo motorista ao utilizar o veículo.



O veículo é um sistema dinâmico complexo que transforma o sinal de excitação em outros sinais de vibração nas superfícies do veículo com as quais o motorista está em contato (*ride environment*). Apesar dos perfis de pista serem as principais fontes de excitação ao se tratar de *ride*, existem outras fontes significativas, como as excitações de desbalanceamento e excentricidade dos conjuntos de rodas e pneus, e as excitações do conjunto *powertrain* (motor e cardan). As avaliações de *ride* englobam as componentes destes sinais com valores de frequência até aproximadamente 25 Hz.

O ser humano é outro sistema físico, com complexidade muito maior, que através dos sinais de excitação (*ride environment*), de suas características física e de seu estado psicológico, obtém sensações relativas à conforto (*ride sensation*) durante a utilização do veículo. A complexidade desse último sistema dificulta o estabelecimento de métricas precisas que quantifiquem a influência do *ride environment* na avaliação subjetiva (*ride sensation*) que o motorista faz de seu veículo.

Mas, apesar de ser um sistema extremamente complexo e de depender de parâmetros de difícil quantificação, uma grande quantidade de testes foram realizados para

correlacionar a avaliação subjetiva do ser humano quando exposto a vibrações com grandezas que quantificam essas vibrações objetivamente. Entre as grandezas avaliadas, a aceleração na interface com o ser humano aparentam ser a mais adequada para avaliações relativas a *ride*. Essa grandeza é amplamente utilizada na literatura e nas normas relativas à avaliações de conforto.

Com base no descritivo acima, pode-se definir *ride* como um sistema que transforma as excitações de entrada no veículo em sensações subjetivas relativas a conforto para o motorista.

No entanto, no cotidiano da indústria automobilística é comum ouvir a palavra *ride* ao se referir apenas à dinâmica do veículo que influencia no *ride*. Frases do tipo "o *ride* desse veículo precisa ser melhorado porque o veículo do concorrente é melhor de *ride*" são comuns.

1.2 Resumo das contribuições desse trabalho

O foco desse trabalho é restrito ao estudo de duas áreas da avaliação de *ride*, a participação da dinâmica do veículo no *ride* e a avaliação de métricas adequadas para quantificar o *ride environment*.

Nesse trabalho são explicados os porquês da existência dos elementos de uma suspensão e suas respectivas influências na dinâmica do veículo relativa ao *ride*. Nesse processo de explicação fica clara a necessidade de entendimento e uso da teoria básica de vibrações para essas avaliações. Através do uso dessa teoria, a explicação da necessidade de cada componente e de sua influência é feita com um nível de detalhes e de resultados não encontrados em literatura.

Novas métricas são propostas para avaliação da dinâmica do veículo no *ride*. Essas novas métricas, quando comparadas com as métricas usuais, conseguem fornecer uma melhor idéia qualitativa da influência dos elementos da suspensão no *ride* e, em alguns casos, chegam a eliminar algumas crenças relativas a esse assunto.

Nessa busca pela melhor forma de se avaliar a influência das características do veículo na avaliação final feita pelo motorista, fez-se necessário a utilização de métricas baseadas tanto em análises no domínio da frequência quanto em respostas no tempo para excitações transientes.

A definição dessas métricas foi baseada não só em resultados apresentados em literatura, com relação a experimentos realizados sobre a tolerância do ser humano quando exposto a vibrações, como também em opiniões comuns de profissionais “avaliadores de veículos” com relação a alterações no conforto do veículo a partir da alteração de suas características dinâmicas.

1.3 Descrição do conteúdo

No capítulo dois desse trabalho está apresentada uma revisão bibliográfica sobre o assunto *ride* de veículos rodoviários. Essa revisão inicia-se com a necessidade de utilização de molas como forma de isolar as excitações de pista e com a apresentação dos benefícios obtidos com a posterior introdução do pneumático. Com base na literatura fica clara a necessidade de utilização da teoria de vibrações mecânicas para entendimento da influência das características do veículo no *ride*. Trabalhos do início do século XX fazem uso dessa teoria através de modelos simplificados da suspensão do veículo. A partir dessa época modelos cada vez mais complexos foram utilizados para descrever diversos fenômenos do veículo relativos ao *ride*. Verifica-se também que existem poucas métricas para as avaliações em questão. Essas métricas, apresentadas em toda literatura do século XX, estão atualmente amplamente difundidas na indústria automobilística e nas instituições de pesquisa.

O capítulo três contém uma revisão teórica sobre a influência das características do veículo no *ride*. São utilizados modelos matemáticos com complexidade crescente para explorar desde fenômenos básicos, como a massa suspensa sobre molas, até modos de vibrar de veículos completos incluindo movimento de flexibilidade da estrutura. A seqüência de apresentação visa fornecer o entendimento global das propriedades dinâmicas do veículo nas avaliações em questão. A função de cada componente do sistema de suspensão do veículo e sua influência na resposta final foram apresentados de forma a proporcionar um conhecimento mais detalhado do que o disponível atualmente na literatura.

Nesse capítulo três também são apresentadas propostas de novas métricas que facilitam o entendimento da influência dos parâmetros do veículo no *ride*. Com base nessas novas métricas, verifica-se que algumas formas de avaliação utilizadas atual e amplamente no meio, não fornecem uma real noção qualitativa dos efeitos obtidos com alterações em

componentes do veículo. Portanto, conforme explicado no item 1.2, essa é uma das principais contribuições desse trabalho.

O capítulo quatro contém resultados de medições e de simulações de um veículo real que servem como exemplificação e comprovação de muitos aspectos da teoria apresentada no capítulo três. São apresentados resultados relativos desde os fenômenos básicos da dinâmica do veículo relativa ao *ride*, como modos de massa suspensa e não suspensa, até fenômenos relacionados à flexibilidade do chassi do veículo.

O capítulo cinco apresenta as conclusões do trabalho e o capítulo seis descreve algumas propostas de estudo para trabalhos futuros, pois o autor acredita que ainda existe muito a ser descoberto ou renovado no que diz respeito ao *ride* de veículos.

As referências bibliográficas estão apresentadas no capítulo sete.

1.4 Descrição do conteúdo

Apesar de serem utilizadas informações com relação à tolerância do ser humano quando exposto à vibrações, estudos sobre o sistema físico ser humano não fazem parte do escopo desse trabalho e, por esse motivo, optou-se também por não abordar as normas de conforto.

A teoria de vibrações mecânicas foi de fundamental importância no desenvolvimento desse trabalho. Verifica-se que é necessário que os conceitos básicos de vibrações estejam bem claros e consolidados para os profissionais que pretendem atuar nessa área. Com relação à conceitos mais específicos de vibrações, verificou-se que noções gerais de aplicação dessa teoria foi suficiente para a proposta desse trabalho. As próprias funções de transferência em Laplace foram utilizadas como uma ferramenta de avaliação do comportamento de sistemas mecânicos com poucos graus de liberdade, sendo necessário apenas a escrita das equações de movimento para cada grau de liberdade e um *software* adequado de cálculo.