

## A PREVISÃO DO DESEMPENHO DE ÔNIBUS

Omar Moore Madureira  
Prof. Assistente da Escola Politécnica da USP  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Diretor da PROMEC-Projetos Mecânicos S.C. Ltda.

### 1. Apresentação

Este trabalho descreve como prever o desempenho de veículos para diversas condições de rodagem e com várias combinações possíveis dos parâmetros que caracterizam o seu sistema moto-propulsor, através da utilização de computadores.

A simulação digital fornece previsões para variáveis como rotação de motor, velocidade e aceleração do veículo, entre outras, que são extremamente úteis ao desenvolvimento do projeto do veículo, permitindo por via analítica a otimização do desempenho. Reservam-se aos testes de rodagem na pistas, muito mais caros, os ajustes e calibrações finais necessários para o refinamento da otimização.

O presente trabalho teve como origem um programa de computador desenvolvido anteriormente, que tratava de veículos com transmissões convencionais (caixas de mudanças manuais e embreagens de atrito). (1)

A partir de uma série de ampliações, foi possível aplicar o programa a quaisquer sistemas moto-propulsor cujas características funcionais possam ser expressas por tabelas ou por curvas, matematicamente ajustáveis.

Este programa foi escrito na linguagem FORTRAN IV, e testado no sistema B-6900 do CCE-USP.

### 2. Descrição do Método

O sistema considerado é um veículo que se desloca para a frente em trajetória retilínea, sobre um pavimento plano, não necessariamente horizontal.

O moto-propulsor consta de um motor de combustão interna acoplado a um conversor hidrodinâmico de conjugado e uma caixa de mudança automática.

Para o equacionamento do sistema, toma-se como referência o ponto de contato entre uma das rodas

do veículo e o pavimento, e de acordo com a segunda lei de Newton, tem-se:

$$F_t - F_{res} = M_{eq} \cdot a$$

onde:

$F_t$  = força trativa no solo (N)

$F_{res}$  = força de resistência ao movimento (N)

$M_{eq}$  = massa equivalente do veículo (Kg)

$a$  = aceleração do veículo ( $m/s^2$ )

A força de resistência, segundo Taborek (2), é composta pelas parcelas devidas ao rolamento dos pneus sobre o pavimento, à resistência aerodinâmica, e à inclinação do aclone.

A atuação do conversor caracteriza-se pela existência de uma diferença das velocidades angulares entre os componentes motor e movido. Esta diferença é que gera a multiplicação variável e contínua do conjugado de entrada, tornando o conversor especialmente útil na partida do veículo. Sob condições de velocidades maiores o conversor é travado por embreagem de atrito, para evitar o escorregamento, e portanto, aumentar a eficiência da transmissão.

A descrição do princípio de funcionamento de um conversor, e o modelo matemático que é aplicado em cada uma das situações acima mencionadas, encontram-se amplamente discutidos em Pippert (3).

Quanto à mudança de marchas, pode-se afirmar que a caixa de mudanças atua no sentido de compatibilizar a rotação do motor à velocidade do veículo, de acordo com a relação de marcha a ser engatada.

O programa desenvolvido avalia as diversas expressões relacionadas às situações em que se encontra o veículo, para em seguida, integrar numericamente as equações bá-

sicas, obtendo as rotações do motor e da "turbina" isto é, as rotações de saída do conversor, proporcionais à velocidade do veículo (4).

As entradas necessárias ao programa são as seguintes:

- a) Condições de simulação: instantes inicial e final, número de passos, rotação inicial do motor, velocidade inicial do veículo, densidade do ar, e aclone.
- b) Características do veículo: massa, área frontal, coeficiente aerodinâmico, raio estático do pneu, coeficiente de aumento do raio do pneu, coeficiente de rolamento.
- c) Características do conversor: curvas características (conjugado x rotação), tempo de travamento.
- d) Características da caixa automática, para cada marcha: relação de redução, rendimento, velocidade máxima, rotação de travamento do conversor.
- e) Características do eixo traseiro: relação de redução, rendimento.
- f) Características do motor: curva característica (conjugado x rotação), curva de rendimento, momento de inércia, rotação máxima de operação.

O programa fornece os seguintes resultados para cada intervalo de simulação: rotação de saída do conversor, rotação do motor, total de rotações do motor, distância percorrida, velocidade, aceleração e tranco do veículo, aclone equivalente e a energia total consumida.

A seguir é apresentado o diagrama de blocos do programa.

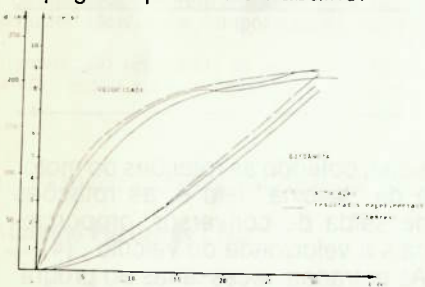
### 3. APLICAÇÃO DO MÉTODO

Este programa foi aplicado para um ônibus urbano equipado com motor de combustão interna, conversor de conjugado e caixa de mudança automática, acelerando a partir do repouso em pavimento plano horizontal, e posteriormente, em



um acento de 7%.

Os resultados obtidos são mostrados a seguir na forma de gráficos, uma vez que não foi possível incluir-se a reprodução da listagem emitida pelo computador, devido à limitação de páginas para este trabalho.



Comparação entre os resultados obtidos pela simulação e os experimentais: ÔNIBUS URBANO SOBRE ACELERAÇÃO DE 7%, ACELERAÇÃO A PARTIR DO REPOUSO.

## 4. Conclusões e Recomendações

A simulação produziu resultados muito próximos aos experimentais, tanto no plano horizontal quanto no acento. Tomando-se a curva experimental mais próxima da curva obtida por simulação, verifica-se que, quanto à velocidade, a diferença entre as duas curvas não ultrapassa 10% em nenhum ponto.

Este programa, inicialmente concebido para veículos com conversor de conjugado e caixa de mudança automática, pode ser utilizado para veículos com quaisquer sistemas moto-propulsores, desde que as características funcionais dos seus componentes possam ser expressas matematicamente. ■

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 Madureira, O.M., "Aplicação de Computadores Digitais ao Estudo de Desempenho de Veículos", palestra proferida no Instituto de Engenharia de São Paulo, Agosto de 1967 (mimeo).
- 02 Taborek, J.J., Mechanics of Vehicles - coletânea de artigos publicados em Machine Design, 1957.
- 03 Pippert, H., "Antriebsstechnik", Vogel Verlag, Wuerzburg, 1974.
- 04 International Mathematical and Statistical Libraries - subrotina Dverk, volume 1.

# COMPUTAÇÃO E INFORMÁTICA

Prof. Moyses Szajnbock  
Departamento de Engenharia Mecânica - EPUSP  
Diretor da PROMEC - Projetos Mecânicos S/C Ltda.  
Ex-presidente do Conselho Estadual de Processamento de Dados

## 1. INTRODUÇÃO

A ênfase no uso da computação eletrônica nas escolas de engenharia é dada à resolução de problemas técnicos e científicos. É bom que assim seja, já que a chamada programação científica é potente ferramenta no ensino, pesquisa e atividade profissional, que deve ser dominada pelo engenheiro.

Entretanto, uma vez concluído o curso, o estudante descobre que não é essa a única aplicação dos computadores, e talvez nem a mais importante, na organização em que vai atuar. Surpreso, o recém-formado verifica que a administração começa a se preocupar, cada vez mais, com a utilização do computador na informatização da empresa. Este é o tema que vamos abordar a seguir.

## 2. A INFORMÁTICA

O ditado popular diz que "Saber é Poder". Quem tem a informação

decide melhor porque sabe, e pode agir com maior proveito para seus objetivos.

O acesso aos dados é necessário para ter informações, mas não é suficiente. É preciso algo mais, que é o objetivo da informática.

A informática pode ser entendida como o planejamento, desenvolvimento e processamento de sistemas de informações.

A informação é hoje, reconhecidamente, um poderoso instrumento para a administração de empresas. Por isso mesmo os recursos materiais, humanos e financeiros para sua utilização têm sido crescentes. Entretanto, os investimentos requeridos para sua correta utilização, embora volumosos, são bastante compensadores.

Além das aplicações tradicionais do processamento de dados, compatíveis com os procedimentos manuais e perfeitamente definidos, ou, destinados para os serviços de caráter repetitivo, hoje se procura de-

envolver e implantar aplicações avançadas voltadas para grande número de usuários e servindo para sistemas gerenciais de apoio à decisão.

Por isto, o planejamento da informação deve ser visto como parte do planejamento global da empresa. Para isto se deve desenvolver um plano de Informática.

Relacionando-se com atividade-meio, o Plano deve se constituir num guia básico para as atividades de processamento de dados, gerando para os diversos níveis hierárquicos da empresa as necessárias informações gerenciais, operacionais, técnicas e científicas.

## 3. COMO INFORMATIZAR

Será que alguém compraria um aquário para depois ficar imaginando como usá-lo? Ou um trator, tapetes, imóveis, etc.? É claro que não.

O bom senso recomenda que se adquira aquilo que se vai precisar para nosso lazer, trabalho, conforto