

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PMC 581 - PROJETO MECÂNICO II

PROJETO DE UM PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO MATEMÁTICA
DO DESEMPENHO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES RODOVIÁRIOS

PROF. ORIENTADOR: OMAR M. DE MADUREIRA

ALUNO: OSWALDO LUIZ RAVANINI JR.

N.USP: 5225117

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	1
APRESENTAÇÃO.....	2
PRIMEIRA PARTE: ESTUDO DE VIABILIDADE.....	4
ESTABELECIMENTO DA NECESSIDADE.....	4
FORMULAÇÃO DO PROJETO - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA....	6
SÍNTESE DAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES.....	10
EXEQUIBILIDADE FÍSICA.....	13
VALOR ECONÔMICO.....	15
VIABILIDADE FINANCEIRA.....	17
CONCLUSÃO.....	18
SEGUNDA PARTE: PROJETO BÁSICO.....	19
A ESCOLHA DA MELHOR SOLUÇÃO.....	19
A CONSTRUÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS -	
DESCRIÇÃO DO SISTEMA VEÍCULO.....	20
A ANÁLISE DA SENSIBILIDADE.....	24
A ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE.....	27
ANÁLISE DA ESTABILIDADE:.....	28
A OTIMIZAÇÃO FORMAL.....	30
AS PREVISÕES PARA O FUTURO E DE	
TEMPO DE FUNCIONAMENTO.....	32
COMPARAÇÕES COM TESTES PRÁTICOS.....	33
O PROGRAMA DESEMP.....	35
CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao prof. orientador Omar Moore de Madureira pelo ótimo direcionamento do trabalho e indispensável auxílio da sua ampla experiência e conhecimentos da área automobilística.

Gostaria também de agradecer a colaboração dos setores de engenharia da MWM Motores Diesel Ltda., que muito me auxiliaram na obtenção de informações necessárias à realização deste programa.

APRESENTAÇÃO

O desempenho de um veículo é um dos itens que mais influenciam a sua avaliação global. Na indústria automobilística, o teste de desempenho é um fator preponderante no projeto dos subsistemas componentes dos veículos.

Os testes de desempenho realizados na prática têm custo elevado, pois implicam na instalação de todos os componentes a serem testados (motor, caixa de transmissão, etc.) em um veículo protótipo. Esses testes devem ser realizados em pistas especiais, por técnicos qualificados, com uma instrumentação especial, dispendendo, além de uma grande soma em dinheiro, um tempo relativamente grande.

Por esta razão foram desenvolvidos à partir da década de 50 nos Estados Unidos, métodos matemáticos para a previsão do desempenho de veículos à partir de características do motor, caixa de transmissão, peso e outros.

Mais tarde, esses métodos foram transformados em métodos numéricos para serem executados por computador, com maior rapidez e precisão dos resultados.

No Brasil, esses métodos matemáticos foram introduzidos com sucesso, na década de 60 pelo Prof. Eng. Omar Moore de Madureira. Atualmente, apesar de todas as vantagens, apenas poucas indústrias no Brasil recorrem a esse tipo de previsão do desempenho.

O intuito deste projeto é a elaboração de um programa de simulação matemática do desempenho de veículos, específico para a MWM Motores Diesel Ltda., destinado a uma gama de veículos cujos motores são ou poderão vir a ser por ela fornecidos.

PRIMEIRA PARTE: ESTUDO DE VIABILIDADE

ESTABELECIMENTO DA NECESSIDADE

A lista de produtos da MWM Motores Diesel Ltda., para aplicações veiculares, baseia-se no motor diesel série 229, de 3, 4 e 6 cilindros em linha, com 0,98 litros por cilindro, nas versões aspiração natural e turboalimentado, todos com potências entre 54 e 172 CV, a rotações de 2000 a 3000 rpm. A empresa atende a um grande número de clientes, fabricantes de veículos. Apresentamos abaixo uma relação dos clientes de motores veiculares, com os respectivos veículos de linha equipados com motores MWM:

Cliente	Aplicação	Veículo	Motor
Agrale	caminhões leves	TX 1600	MWM D.229.3
		TX 1800	MWM D.229.4
Volkswagen	caminhões médios	7.90.S	MWM D.229.4
		7.110.S	MWM TD.229.EC.4
		14.140	MWM D.229.EC.6
		22.140	MWM D.229.EC.6
Ford	picape cam. leve caminhões médios	F-1000	MWM D.229.4
		F-4000	MWM D.229.4
		F-11000	MWM D.229.6
		F-14000	MWM D.229.6
		F-22000	MWM D.229.6
		Cargo 1313	MWM D.229.6

A empresa tem interesse que os veículos produzidos pelos seus clientes apresentem o melhor desempenho possível, face à concorrência com outros fabricantes. Por isso, a MWM auxilia seus clientes a fazerem bom uso dos

DADOS PARA CALCULO DE PERFORMANCE EM VEICULO

DATA 18.01.88 EMISSAO:1 ENGENHARIA DE APLICACOES - AA

APLICACAO: CARGO 1313 # MOTOR : MM D 229-6 # POTENCIA:127.0CV-2800RPM # TOQUE: 38.1MKGF-1600RPM # NORMA: DIN 70020 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO CL 450 # RELACAO : 1M-8.05:1 # 2M-4.35:1 # 3M-2.45:1 # 4M-1.48:1 # 5M-1.00:1 #
PNEU: 9.00X20 # RAO DINAMICO: 0.491 M # GVM: 13.4 T # DIFERENCIAL: N- 5.86C:1 # R- 8.170:1 # REND. TRANS.: 0.87 #
AREA FRONTAL: 4.8 M2 # CX: 0.653

APLICACAO: CARGO 1313 # MOTOR : MM D 229-6 # POTENCIA:127.0CV-2800RPM # TOQUE: 38.1MKGF-1600RPM # NORMA: DIN 70020 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO CL 450 # RELACAO : 1M-8.05:1 # 2M-4.35:1 # 3M-2.45:1 # 4M-1.48:1 # 5M-1.00:1 #
PNEU: 10.00X20 # RAO DINAMICO: 0.509 M # GVM: 13.4 T # DIFERENCIAL: N- 6.500:1 # R- 9.070:1 # REND. TRANS.: 0.87 #
AREA FRONTAL: 4.8 M2 # CX: 0.652

APLICACAO: CARGO 1313 # MOTOR : MM D 229-6 # POTENCIA:127.0CV-2800RPM # TOQUE: 38.1MKGF-1600RPM # NORMA: DIN 70020 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO CL 450 # RELACAO : 1M-8.05:1 # 2M-4.35:1 # 3M-2.45:1 # 4M-1.48:1 # 5M-1.00:1 #
PNEU: 10.00X20 # RAO DINAMICO: 0.509 M # GVM: 22.0 T # DIFERENCIAL: N- 6.500:1 # R- 9.070:1 # REND. TRANS.: 0.87 #
AREA FRONTAL: 4.8 M2 # CX: 0.652

CLIENTE: FCR

APLICACAO: TX 1600 D -AGRALE # MOTOR: MM D-229 3 # POTENCIA: 64CV-2800RPM # TOQUE: 19.0MKGF-1600RPM # NORMA: DIN70020 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO 240 FS # RELACAO : 1M-5.833:1 # 2M-2.852:1 # 3M-1.556:1 # 4M-1.000:1 #
PNEU: 7.00X16 # RAO DINAMICO: 0.372 M # GVM: 4.5 T # DIFERENCIAL: N- 3.54:1 # R- # REND. TRANS.: 0.9 #
AREA FRONTAL: 3.4 M2 # CX: 0.75

APLICACAO: TX 1800 D -AGRALE # MOTOR: MM D-229 4 # POTENCIA: 88CV-2800RPM # TOQUE: 26.4MKGF-1600RPM # NORMA: DIN70020 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO 280 V # RELACAO : 1M-6.330:1 # 2M-3.600:1 # 3M-2.150:1 # 4M-1.400:1 # 5M-1.000:1 #
PNEU: 7.00X16 # RAO DINAMICO: 0.372 M # GVM: 4.5 T # DIFERENCIAL: N- 3.730:1 # R- # REND. TRANS.: 0.9 #
AREA FRONTAL: 3.4 M2 # CX: 0.75

CLIENTE : AGRALE

DADOS PARA CALCULO DE PERFORMANCE EM VEICULO

DATA 18-01-88 EMISSAO:1 ENGENHARIA DE APLICACoes - AA

APLICACAO: F 11000 # MOTOR : MM D 229-6 # POTENCIA: 127.0CV-2800RPM # TOQUE: 36.8MKGF-1600RPM # NORMA: NBR5484 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO 282 VH # RELACAO : 1M-7.25:1 # 2M-4.09:1 # 3M-2.17:1 # 4M-1.17:1 # 5M-1.00:1 #
PNEU: 9.00X20 # RAO DINAMICO: 0.491 M # GVM: 11.0 T # DIFERENCIAL: N- 6.500:1 # R- # REND. TRANS.: 0.9 #
AREA FRONTAL: 4.2 M2 # CX:0.70

APLICACAO: F 14000 # MOTOR : MM D 229-6 # POTENCIA: 127.0CV-2800RPM # TOQUE: 36.8MKGF-1600RPM # NORMA: NBR5484 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO 282 VH # RELACAO : 1M-7.25:1 # 2M-4.09:1 # 3M-2.17:1 # 4M-1.17:1 # 5M-1.00:1 #
PNEU: 10.00X20 # RAO DINAMICO: 0.509 M # GVM: 13.6 T # DIFERENCIAL: N- 5.860:1 # R- # REND. TRANS.: 0.9 #
AREA FRONTAL: 4.2 M2 # CX:0.70

APLICACAO: F 14000 # MOTOR : MM D 229-6 # POTENCIA: 127.0CV-2800RPM # TOQUE: 36.8MKGF-1600RPM # NORMA: NBR5484 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO 282 VH # RELACAO : 1M-7.25:1 # 2M-4.09:1 # 3M-2.17:1 # 4M-1.17:1 # 5M-1.00:1 #
PNEU: 10.00X20 # RAO DINAMICO: 0.509 M # GVM: 13.6 T # DIFERENCIAL: N- 6.500:1 # R- # REND. TRANS.: 0.9 #
AREA FRONTAL: 4.2 M2 # CX:0.70

APLICACAO: F 14000 # MOTOR : MM D 229-6 # POTENCIA: 127.0CV-2800RPM # TOQUE: 36.8MKGF-1600RPM # NORMA: NBR5484 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO 282 VH # RELACAO : 1M-7.25:1 # 2M-4.09:1 # 3M-2.17:1 # 4M-1.17:1 # 5M-1.00:1 #
PNEU: 10.00X20 # RAO DINAMICO: 0.509 M # GVM: 20.6 T # DIFERENCIAL: N- 5.860:1 # R- 8.170:1 # REND. TRANS.: 0.87 #
AREA FRONTAL: 4.2 M2 # CX: .70

APLICACAO: F 14000 # MOTOR : MM D 229-6 # POTENCIA: 127.0CV-2800RPM # TOQUE: 36.8MKGF-1600RPM # NORMA: NBR5484 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO 282 VH # RELACAO : 1M-7.25:1 # 2M-4.09:1 # 3M-2.17:1 # 4M-1.17:1 # 5M-1.00:1 #
PNEU: 10.00X20 # RAO DINAMICO: 0.509 M # GVM: 20.6 T # DIFERENCIAL: N- 6.500:1 # R- 9.070:1 # REND. TRANS.: 0.67 #
AREA FRONTAL: 4.2 M2 # CX: .70

APLICACAO: F 22000 # MOTOR : MM D 229-6 # POTENCIA: 127.0CV-2800RPM # TOQUE: 36.8MKGF-1600RPM # NORMA: NBR5484 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO 282 VH # RELACAO : 1M-7.25:1 # 2M-4.09:1 # 3M-2.17:1 # 4M-1.17:1 # 5M-1.00:1 #
PNEU: 10.00X20 # RAO DINAMICO: 0.509 M # GVM: 22.0 T # DIFERENCIAL: N- 6.830:1 # R- 15.18:1 # REND. TRANS.: 0.87 #
AREA FRONTAL: 4.2 M2 # CX: .70

CLIENTE: FORD

APLICACAO: F -1000 (DIESEL) # MOTOR: MMH D-229 4 # POTENCIA: 83-OC-V3000RPM # TOQUE: 25-3MKGF-1600RPM # NORMA: DIN70020
CAMBIO: CLARK - 4 MARCHA # MODELO # RELACAO : 1M-4.22:1 # 2M-2.36:1 # 3M-1.47:1 # 4M-1.00:1 #
PNEU: 7.00X16 # RAO DINAMICO: 0.372 M # GVM: 2.765 T # DIFERENCIAL: N- 3.310:1 # R- # REND. TRANS.: 0.9 #
AREA FRONTAL: 2.88M2 # CX:0.70 #
APLICACAO: F -4000 # MOTOR: MMH D 229-4 # POTENCIA: 88-1CV-3000RPM # TOQUE: 28-0MKGF-160GRPM # NORMA: DIN70020
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO: 240 V # RELACAO : 1M-6.33:1 # 2M-3.60:1 # 3M-2.15:1 # 4M-1.40:1 # 5M-1.00:1 #
PNEU: 7.50X16 # RAO DINAMICO: 0.388 M # GVM: 6.25 T # DIFERENCIAL: N- 4.100:1 # R- # REND. TRANS.: 0.9 #
AREA FRONTAL: 3.25 M2 # CX:0.70 #
CLIENTE: FORD

DATA 18-01-88 EMISSAO:1 ENGENHARIA DE APLICACGES - AA

DADOS PARA CALCULO DE PERFORMANCE EM VEICULO

APLICACAO: VM 14-140 # MOTOR: MMH D-229 EC 6 # POTENCIA:138CV-2800RPM # TOQUE: 43-0MKGF-1600RPM # NORMA: DIN70020
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO CL 450 # RELACAO : 1M-8.556:1 # 2M-4.625:1 # 3M-2.601:1 # 4M-1.572:1 # 5M-1.000:1 #
PNEU:10-00X20PR 16 # RAO DINAMICO: 0.509 M # GVM: 13.8 T # DIFERENCIAL: N- 6.17:1 # R- # REND. TRANS.: 0.87 #
AREA FRONTAL: 4.7 M2 # CX: 0.70 #
APLICACAO: VM 22-140 # MOTOR: MMH D-229 EC 6 # POTENCIA:138CV-2800RPM # TOQUE: 43-0MKGF-1600RPM # NORMA: DIN70020
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO CL 450 # RELACAO : 1M-8.556:1 # 2M-4.625:1 # 3M-2.601:1 # 4M-1.572:1 # 5M-1.000:1 #
PNEU:10-00X20PR 16 # RAO DINAMICO: 0.509 M # GVM: 13.8 T # DIFERENCIAL: N- 5.860:1 # R- 8.170:1 # REND. TRANS.: 0.87 #
AREA FRONTAL: 4.7 M2 # CX: 0.70 #
APLICACAO: VM 22-140 # MOTOR: MMH D-229 EC 6 # POTENCIA:138CV-2800RPM # TOQUE: 43-0MKGF-1600RPM # NORMA: DIN70020
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO CL 450 # RELACAO : 1M-8.556:1 # 2M-4.625:1 # 3M-2.601:1 # 4M-1.572:1 # 5M-1.000:1 #
PNEU:10-00X20PR 16 # RAO DINAMICO: 0.509 M # GVM: 13.8 T # DIFERENCIAL: N- 6.830:1 # R- # REND. TRANS.: 0.87 #
AREA FRONTAL: 4.7 M2 # CX: 0.70 #

DADOS PARA CALCULO DE PERFORMANCE EM VEICULO

DATA 18.01.88 EMISSAO:1 ENGENHARIA DE APLICACOES - AA

APLICACAO: VM 7-90 S # MOTOR: MM D-229 4 # POTENCIA: 51CV-2800RPM # TOQUE: 26.4MKGF-1600RPM # NORMA: DIN70020 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO CL 455 # RELACAO : 1M-6.990:1 # 2M-3.780:1 # 3M-2.120:1 # 4M-1.280:1 # 5M-1.000:1 #
PNEU: 7.50X16 # RAIO DINAMICO: 0.388 M # GVM: 6.7 T # DIFERENCIAL: N- 4.56:1 # R- # REND. TRANS.: 0.9 #
AREA FRONTAL: 3.6 M2 # CX: 0.75

APLICACAO: VM 7-90 S # MOTOR: MM D-229 4 # POTENCIA: 91CV-2800RPM # TOQUE: 26.4MKGF-1600RPM # NORMA: DIN70020 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO CL 455 # RELACAO : 1M-6.990:1 # 2M-3.780:1 # 3M-2.120:1 # 4M-1.280:1 # 5M-1.000:1 #
PNEU: 7.50X16 # RAIO DINAMICO: 0.388 M # GVM: 6.7 T # DIFERENCIAL: N- 4.10:1 # R- # REND. TRANS.: 0.9 #
AREA FRONTAL: 3.6 M2 # CX: 0.75

APLICACAO: VM 7-90 S # MOTOR: MM D-229 4 # POTENCIA: 51CV-2800RPM # TOQUE: 26.4MKGF-1600RPM # NORMA: DIN70020 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO CL 455 # RELACAO : 1M-6.990:1 # 2M-3.780:1 # 3M-2.120:1 # 4M-1.280:1 # 5M-1.000:1 #
PNEU: 7.50X16 # RAIO DINAMICO: 0.388 M # GVM: 6.7 T # DIFERENCIAL: N- 4.100:1 # R- # REND. TRANS.: 0.9 #
AREA FRONTAL: 3.6 M2 # CX: 0.75

APLICACAO: VM 7-110 S # MOTOR: MM TD-229 EC 4 # POTENCIA: 115CV-2600RPM # TOQUE: 38.6MKGF-1600RPM # NORMA: DIN70020 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO CL 450 # RELACAO : 1M-6.990:1 # 2M-3.780:1 # 3M-2.120:1 # 4M-1.280:1 # 5M-1.000:1 #
PNEU: 7.50X16 # RAIO DINAMICO: 0.388 M # GVM: 6.7 T # DIFERENCIAL: N- 3.730:1 # R- # REND. TRANS.: 0.9 #
AREA FRONTAL: 3.6 M2 # CX: 0.75

APLICACAO: VM 7-110 S # MOTOR: MM TD-229 EC 4 # POTENCIA: 115CV-2600RPM # TOQUE: 38.6MKGF-1600RPM # NORMA: DIN70020 #
CAMBIO: CLARK - 5 MARCHA # MODELO CL 450 # RELACAO : 1M-6.990:1 # 2M-3.780:1 # 3M-2.120:1 # 4M-1.280:1 # 5M-1.000:1 #
PNEU: 7.50X16 # RAIO DINAMICO: 0.388 M # GVM: 6.7 T # DIFERENCIAL: N- 3.900:1 # R- # REND. TRANS.: 0.9 #
AREA FRONTAL: 3.6 M2 # CX: 0.75

CLIENTE : V.M.

seus motores, fornecendo informações sobre o desempenho desses veículos. Através dessas informações, a MWM pode recomendar ao cliente os melhores motores para seus veículos, inclusive fazendo modificações nesses motores, realizando a otimização dos parâmetros visando desempenho funcional específico, além de indicar outros parâmetros do moto-propulsor. Atualmente, as informações de desempenho são conseguidas através de cálculo manual, realizado por engenheiros especializados.

Em 1988, sua participação no mercado interno foi de 34,3 % das vendas de motores diesel para veículos (2 a 22 t), representando 67,7 % das vendas da empresa em 1988. A empresa espera ampliar sua participação no mercado, equipando um maior número de veículos.

Um programa de simulação do desempenho de veículos teria uma grande utilidade, tanto para o desenvolvimento dos motores para atender às especificações dos clientes, melhorando o desempenho de seus veículos, quanto para conseguir novos clientes, oferecendo uma previsão do desempenho de seus veículos com motor MWM.

Há, portanto, a necessidade de um programa que simule o desempenho de veículos por computador, com grande rapidez e eficiência.

FORMULAÇÃO DO PROJETO - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

O programa deverá simular o desempenho a plena carga dos seguintes tipos de veículos: caminhões, caminhonetes, veículos de transporte urbano e eventualmente veículos de passeio, para atender às necessidades da MWM. Em anexo, apresentamos uma tabela com os veículos de linha equipados com motor MWM com os respectivos parâmetros do moto-propulsor.

O programa a ser desenvolvido terá as seguintes entradas:

1) parâmetros do veículo:

- 1.1) peso bruto total (com carga máxima e mínima);
- 1.2) área frontal;
- 1.3) coeficiente de arrasto aerodinâmico;
- 1.4) raio estático do pneu;
- 1.5) coeficiente de aumento de raio do pneu com a velocidade;
- 1.6) coeficiente de atrito de rolamento;
- 1.7) coeficiente de atrito de rolamento proporcional à velocidade;
- 1.8) coeficiente de atrito estático;
- 1.9) tempo de mudança de marcha;
- 1.10) distância entre eixos;

1.11) distância do centro de gravidade do veículo ao eixo dianteiro;

1.12) altura do centro de gravidade do veículo;

1.13) densidade ao ar;

1.14) tração: traseira, dianteira ou integral;

1.15) relações de transmissão:

1.15.1) redução de cada marcha - no máximo 18 marchas;

1.15.2) redução do diferencial - no máximo com duas relações de transmissão (simples e reduzida);

1.16) rendimento da transmissão;

2) parâmetros do motor:

2.1) curva de torque em função da rotação do motor a plena carga - são fornecidos pontos da curva a serem regredidos e/ou interpolados;

2.2) curva de potência do motor em função da rotação em plena carga - em substituição à curva de torque (uma das curvas deve ser fornecida).

2.3) curvas de consumo específico em função da pressão média efetiva ou torque à diferentes rotações (curvas de consumo em cargas parciais). Juntamente com esta curva, deve-se fornecer a cilindrada do motor (ou a cilindrada unitária e o número de cilindros).

3) ciclo de percurso de velocidades

Será fornecido um ciclo constando instante de tempo, velocidade no instante e marcha utilizada, a ser seguido pelo veículo;

O programa deverá ter as seguintes saídas (resultados):

1) curva de potência reduzida (transmitida ao eixo da roda trativa), bem como a curva de potência requerida na última marcha;

2) gráfico da força de tração disponível do veículo em função da velocidade para todas as marchas; juntamente com este gráfico, o programa deverá fornecer os valores dos aclives máximos que o veículo poderá subir em cada marcha a velocidade constante, bem como a curva de resistência total ao deslocamento no plano.

3) gráfico de escalonamento de marchas - velocidade do veículo em função da rotação do motor para todas as marchas, bem como o valor da rotação de torque máximo;

4) gráfico da aceleração líquida disponível do veículo em função da velocidade (para todas as marchas) ou valores do aclave equivalente que o veículo pode subir com velocidade constante (na situação de plena carga);

5) tabela de consumo instantâneo em função da velocidade para o ciclo de percurso de velocidades fornecido, bem como o consumo médio para este ciclo.

O programa deverá simular o desempenho de veículos, atendendo aos seguintes requisitos:

a) funcionalidade - para todos os parâmetros dos veículos previstos;

b) precisão da ordem de 2% - comparados com resultados de testes práticos;

c) rapidez de processamento - da ordem de alguns segundos (no máximo 5 segundos);

d) operacionalidade - facilidade de utilização por parte do usuário;

e) flexibilidade para se adaptar a novos tipos de veículos;

f) concisão - ocupar o menor espaço disponível em disco no computador (menor custo de armazenamento).

SÍNTESE DAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Inicialmente, consideraremos as seguintes funções executadas pelo programa cujas alternativas poderão diferir dentre as várias soluções:

F.a: regressão dos pontos da curva de torque ou potência em função da rotação do motor;

F.b: interpolação polinomial dos pontos da curva de torque ou potência em função da rotação;

F.c: determinação da resistência ao rolamento;

F.d: cálculos das curvas de velocidade em função do tempo e espaço em função do tempo;

F.e: método de integração utilizado na função F.d;

F.f: determinação do rendimento da transmissão;

F.g: tipo de resultados (saídas).

Consideraremos agora as diversas alternativas para as diferentes funções:

A.F.a) 1: método dos mínimos quadrados;

2: análise harmônica;

A.F.b) 1: polinômio interpolador na forma de Newton;

2: polinômio interpolador na forma de Lagrange;

3: polinômio interpolador por resolução de um sistema de equações;

A.F.c) 1: equação desenvolvida no Institute of Technology in Stuttgart;

2: coeficiente de atrito de rolamento constante;

3: coeficiente de atrito de rolamento linearmente proporcional à velocidade;

A.F.d) 1: integração por incrementos de tempo;

2: integração por incrementos de velocidade;

A.F.e) 1: fórmula dos trapézios;

2: fórmula de Simpson;

3: fórmula de Gauss;

A.F.f) 1: em função da rotação e da marcha utilizada, a partir de dados experimentais;

2: somente em função da marcha utilizada, estabelecida como dado de entrada do programa;

A.F.g) 1: resultados na forma de gráficos;

2: resultados na forma de tabelas.

As soluções possíveis serão as combinações das alternativas para as diversas funções:

S.1) A.F.b.1, A.F.c.3, A.F.d.2, A.F.e.1, A.F.f.2, A.F.g.1 e 2;

S.2) A.F.b.1, A.F.c.3, A.F.d.2, A.F.e.1, A.F.f.1, A.F.g.1 e 2;

S.3) A.F.b.1, A.F.c.3, A.F.d.2, A.F.e.2, A.F.f.2, A.F.g.1 e 2;

S.4) A.F.b.1, A.F.c.3, A.F.d.1, A.F.e.1, A.F.f.2,
A.F.g.1 e 2;

S.5) A.F.b.1, A.F.c.2, A.F.d.2, A.F.e.1, A.F.f.2,
A.F.g.1 e 2;

S.6) A.F.b.3, A.F.c.3, A.F.d.2, A.F.e.1, A.F.f.2,
A.F.g.1 e 2;

S.7) A.F.a.1, A.F.c.3, A.F.d.2, A.F.e.1, A.F.f.2,
A.F.g.1 e 2;

EXEQUIBILIDADE FÍSICA

Solução S.1:

Os pontos da curva de torque fornecidos devem apresentar uma boa precisão, pois não havendo regressão, a curva pode apresentar ondulações e pontos de inflexão indesejáveis. A alternativa A.F.e.1 (fórmula dos trapézios) deve ser utilizada com um grande número de pontos (aproximadamente 100) para compensar a imprecisão do método. A alternativa A.F.f.2, desde que utilizada com critério, não introduz erros significativos.

Solução S.2:

Necessita de dados experimentais para cada veículo, bem como um modelamento matemático adequado para a curva de superfície: rendimento da transmissão em função da rotação e do torque de entrada. Como esses dados experimentais são difíceis de serem conseguidos e o modelamento matemático é complicado e leva aproximadamente 3 semanas para ser feito, essa solução pode ser descartada.

Solução S.3:

O método de integração numérico (regra de Simpson) tem maior precisão que a regra dos trapézios, mas a integração deve ser feita de 3 em 3 pontos e não ponto a ponto, apresentando alguma dificuldade de interfaceamento com subrotinas de cálculo.

Solução S.4:

A integração por incrementos de tempo apresenta menor facilidade de realização do cálculo do que o método de integração por incrementos de velocidade.

Solução S.5:

Na determinação da resistência ao rolamento, o modelo utilizando o coeficiente de atrito de rolamento constante apresenta pior representação da situação real do que o modelo utilizando o coeficiente de atrito linearmente proporcional à velocidade.

Solução S.6:

O método de interpolação utilizando o polinômio interpolador por resolução de um sistema de equações (Método de Triangularização de Gauss) é mais extenso e mais demorado que o método utilizando o polinômio interpolador na forma de Newton.

Solução S.7:

Utiliza regressão dos pontos ao invés de interpolação, servindo para curvas de torque não muito precisas (ou que apresentem bicos). Os pontos de torque máximo e potência máxima podem afastar-se dos reais devido à regressão.

VALOR ECONÔMICO

Para análise do valor econômico, devemos primeiramente considerar as três situações sobre a previsão do desempenho de veículos:

1) não se fazer a previsão do desempenho. A avaliação (medição) do desempenho será feita somente com testes práticos, necessitando instalar diversas combinações de componentes do moto-propulsor em todas as versões dos veículos protótipos, tendo um alto custo, dispendendo um tempo grande (algumas semanas), exigindo pessoal especializado. O intercâmbio de informações entre o fabricante de motores e o de veículos acerca do desempenho seria muito menor, com um grande tempo de resposta, dificultando a cooperação entre os setores técnicos das duas empresas.

2) fazer a previsão do desempenho, realizando cálculos manuais, utilizando o método gráfico. Isso seria feito por um engenheiro ou técnico especializado, levando um tempo relativamente grande (40 horas ou 5 dias). O custo seria basicamente o de mão-de-obra do engenheiro que realizaria o cálculo, mais despesas diretas e indiretas.

3) previsão realizada através do programa de simulação por computador. A MWM dispõe de um setor dentro do departamento de CAD/CAE especializado na elaboração de programas de cálculo de engenharia, dispondo dos recursos de um computador IBM de grande porte. Portanto, não haveria

o custo de investimento em equipamento e organização do setor. O custo para implantação do programa seria apenas o de utilização da CPU e de armazenamento do programa em disco, que são irrisórios, face ao tempo de utilização da CPU pelo programa (décimos de segundo para efetuar o cálculo, alguns minutos para a construção de tabelas e gráficos) e o espaço em disco ocupado pelo programa (algumas centenas de blocos). Como o programa levará da ordem de três meses para ser elaborado e implantado, o custo inicial será o de elaboração do programa por um engenheiro, correspondendo à sua mão-de-obra por três meses, mais despesas diretas e indiretas.

Para fazermos uma análise do valor econômico deste programa, devemos levar em conta os benefícios em termos de vendas e desenvolvimento de motores/veículos pela MWM em cooperação em seus clientes. A utilização deste programa trará, seguramente, uma maior satisfação por parte dos clientes. Esse programa terá importância no desenvolvimento de motores, aperfeiçoando-os para melhorar o desempenho dos veículos em que são utilizados. Para o cliente (fabricante de veículos) o programa irá auxiliá-lo no projeto dos subsistemas componentes dos veículos, ajudando a otimizá-los para melhorar o seu desempenho. Isso será revertido em uma crescente melhoria da imagem da MWM, como uma empresa de nível técnico elevado, preocupada em melhor atender seus clientes, sendo uma das empresas mais competitivas do país no seu ramo.

Portanto, o valor econômico do programa de simulação do desempenho é muito superior aos dos casos anteriores.

VIABILIDADE FINANCEIRA

Tendo em vista que a MWM dispõe de recursos computacionais e organizacionais para a elaboração e utilização do programa de simulação do desempenho de veículos, os recursos financeiros necessários para a implantação do programa seriam apenas os gastos para a elaboração deste.

Para um tempo de elaboração estimado em três meses, os recursos financeiros a serem movimentados seriam:

- mão-de-obra do engenheiro que irá elaborar o programa: custo de mão-de-obra/hora x número de horas trabalhadas x 2,5 (encargos e despesas) =

= US\$4,15/hora x 8 horas/dia x 20 dias/mês x 3 meses x 2,5 = US\$5.000

- utilização do sistema computacional para testar o programa (fase de elaboração) - estimado em US\$1.000.

Custo total de investimento na implantação do programa = 5.000 + 1.000 = US\$6.000.

CONCLUSÃO

Desse estudo de viabilidade, resultaram 6 soluções consideradas viáveis para o projeto, levando em conta o tempo e os recursos disponíveis para a sua execução.

SEGUNDA PARTE: PROJETO BÁSICO

A ESCOLHA DA MELHOR SOLUÇÃO

No Estudo de Viabilidade, foram apresentadas 6 soluções consideradas viáveis para o projeto, cujas características e valores foram discutidos na Exequibilidade Física. Dentre essas, a melhor solução apresentada foi a S.1, preenchendo os requisitos de: representação bastante satisfatória do sistema real, facilidade de obtenção de dados de entrada, facilidade e tempo de programação, facilidade de interfaceamento entre subrotinas dentro do programa, precisão satisfatória do cálculo.

A CONSTRUÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS -

DESCRIÇÃO DO SISTEMA VEÍCULO

O sistema estudado é um veículo automotor que se desloca para a frente em trajetória retilínea num pavimento plano, não necessariamente horizontal. A transmissão do veículo é convencional (caixa de mudanças manual e embreagem de atrito).

O veículo é admitido um corpo rígido. De acordo com o modelo adotado, não há vento, e portanto a velocidade do veículo em relação ao ar é igual a em relação ao solo. O aumento do raio de rolamento do pneu é proporcional à velocidade do veículo.

A inércia das massas rotativas (árvore de manivelas, volante, engrenagens, rodas, etc.) afetará a aceleração do veículo, devido à sua rotação estar sincronizada ao movimento deste. Esta inércia pode ser considerada através de uma massa equivalente de translação, que é função da relação de transmissão, como segue:

$$M_e = (I \cdot i^2) / r^2 ,$$

onde: M_e = massa equivalente devido à inércia rotativa;

I = momento de inércia em relação ao eixo de rotação;

i = relação de transmissão entre o eixo da massa considerada e o eixo da roda;

r = raio dinâmico do pneu.

portanto,

$$M_t = M + M_e,$$

onde: M_t = massa total considerando as inércias rotativas;

M = massa do veículo.

O coeficiente Gama, que multiplicado por M fornece M_t é:

$$Gama = 1 + M_e/M$$

De acordo com as Refs.1 e 2, uma relação para Gama, levantada a partir de dados experimentais, proporcional à redução total, pode ser escrita como:

Para veículos leves:

$$Gama = 1 + (0,04 + 0,0025 \cdot i^{**2})$$

Para veículos pesados:

$$Gama = 1 + (0,03 + 0,00033 \cdot i^{**2})$$

Com todas as hipóteses feitas, a equação de equilíbrio do veículo pode ser escrita, tomando-se como referência o ponto de contato entre uma das rodas do veículo e o pavimento:

Segunda Lei de Newton:

$$F_t - C_x \cdot A \cdot R_{Oar} \cdot v^{**2} / 2 - F_{rol} \cdot (1 + C_r \cdot v) \cdot M_t \cdot g - M_t \cdot g \cdot \sin(\theta) = M_t \cdot a,$$

onde: F_t = força trativa do veículo;

C_x = coeficiente de arraste aerodinâmico;

A = área frontal do veículo;

R_{Oar} = densidade do ar;

v = velocidade do veículo;

F_{rol} = coeficiente de atrito de rolamento;

C_r = coeficiente de atrito de rolamento linearmente proporcional à velocidade;

θ = ângulo do aclone com a horizontal;

M_t = massa total do veículo (incluindo as inércias de rotação);

g = aceleração da gravidade;

a = aceleração do veículo.

A velocidade do veículo é proporcional à rotação do motor (dividida pela redução total e multiplicada pelo raio dinâmico do pneu). A força de tração é proporcional a torque do motor (multiplicado pela redução e dividido pelo raio dinâmico do pneu e pelo rendimento da transmissão).

Desse modo, pode-se calcular diversos parâmetros de desempenho do veículo, como por exemplo a inclinação de aclives equivalentes a velocidade constante, potência requerida em função da velocidade, aceleração do veículo em função da velocidade (todos esses parâmetros são calculados para a condição de plena carga).

Para o cálculo das curvas de velocidade em função do tempo e espaço em função do tempo para a condição de plena carga, utilizamos a equação anterior, que na sua forma diferencial pode ser escrita (de acordo com a Ref.1):

$$M_t \cdot (dv/dt) = F_t - F_{res} = F_l,$$

onde: F_{res} = somatória das forças resistivas;

F_l = força líquida de tração.

então:

$$dt = Mt \cdot dv / F1 ,$$

onde: $F1$ é uma função da velocidade do veículo, que origina uma equação relacionando tempo e velocidade, integrável numericamente:

$$t = C \int_{v_1}^{v_2} dv / f(v) .$$

Obtida a curva velocidade em função do tempo, pode-se integrá-la numericamente, obtendo a curva espaço em função do tempo, do seguinte modo:

$$s = \int_{t_1}^{t_2} v(f(t)) dt .$$

Para o cálculo do consumo instantâneo e médio dado um ciclo de percurso de velocidades, foi adotado o seguinte procedimento (de acordo com a Ref.3):

Sendo V_r a velocidade real do veículo num dado instante e V_c a velocidade do ciclo a ser seguido no instante posterior:

$$A_{req} = (V_c - V_r) / T_{incr} ,$$

onde: A_{req} = aceleração requerida para o veículo percorrer o ciclo;

T_{incr} = intervalo de tempo (incremento) entre dois instantes sucessivos do ciclo de velocidades.

Para cada valor da velocidade real e marcha utilizada, calcula-se a rotação do motor. Com o valor da aceleração, calcula-se o torque necessário no motor (que será menor ou igual ao máximo disponível àquela rotação), do seguinte modo:

$$T_{req} = (A_{req} \cdot Mt + F_{res}) \cdot r / i ,$$

onde: T_{req} = torque requerido;
 r = raio dinâmico do pneu;
 i = relação de transmissão total.

Com o valor de torque do motor (convertido para pressão média efetiva do motor) e o valor de rotação do motor, utiliza-se uma subrotina desenvolvida pelo Eng. Richard Streck Neto na MWM Motores Diesel Ltda. que relaciona o consumo específico a essas duas variáveis de entrada. Para a utilização dessa subrotina, são necessários valores de consumo em cargas parciais a diversas rotações do motor.

A ANÁLISE DA SENSIBILIDADE

Uma vez desenvolvido o modelamento matemático utilizado no programa, tem-se um conhecimento intenso do sistema, através das relações matemáticas (equações) entre a entrada e saída de dados.

Desse modo, pode-se saber a influência de cada parâmetro de entrada nos parâmetros de saída, sendo o programa, por esta razão, muito útil no projeto de veículos.

O programa foi elaborado para diferentes tipos de veículos automotores rodoviários, com ampla variação nos seus parâmetros característicos: massa, área frontal, coeficiente de arraste aerodinâmico, raio estático do pneu, relações de transmissão, etc.; e para diferentes motores,

representados pela curva de torque em função da rotação a plena carga e dados de consumo em cargas parciais. Por isso, os parâmetros de entrada a serem variados são muitos, com uma vasta amplitude.

A título de exemplo, consideramos um veículo protótipo - caminhão Volkswagen 6.90 - e variamos a relação de transmissão do diferencial de 3,54:1 para 3,31:1. Executamos a simulação do desempenho para esses dois veículos (protótipo e modificado), comparando os resultados. A seguir apresentamos uma tabela comparativa dos parâmetros de desempenho mais importantes dos dois veículos.

TABELA COMPARATIVA DE DESEMPENHO DO CAMINHÃO

VOLKSWAGEN 4.20 (DIFERENCIAL 3.54:1 E 3.31:1)

	Diferencial 3,54	Diferencial 3,31	Variação
Aceleração			
Distâncias(m)	tempo(s)	tempo(s)	%
0 - 200	21,45	21,67	1,03
0 - 400	32,76	33,11	1,07
0 - 500	37,80	37,95	0,40
0 - 600	42,42	42,64	0,52
0 - 800	51,03	51,51	0,94
0 - 1000	59,28	59,61	0,57
Velocidades(m/s)	tempo(s)	tempo(s)	%
0 - 2,78	3,20	3,50	9,37
0 - 5,56	5,22	5,53	5,94
0 - 11,11	11,90	12,33	3,61
0 - 16,67	23,70	23,91	0,89
0 - 22,22	42,78	44,16	3,23
Consumo a velocidades ctes.			
velocidade(m/s)	km/l	km/l	%
11,11	10,98	10,97	-0,10
16,67	9,91	9,93	0,20
22,22	8,22	8,34	1,46
	m/s	m/s	%
Velocidade máxima	32,13	34,39	7,03

Analisando os resultados da tabela acima, vemos que para uma variação de -6,5% da relação de transmissão do diferencial, houve um ganho de 7,03% na velocidade máxima para uma perda na aceleração de (0 a 22,22 m/s) de 3,23%.

A ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE

Para o programa de simulação do desempenho, é necessário que haja compatibilidade entre as diversas subrotinas e os procedimentos de cálculo adotados.

Para a escolha da melhor solução, um dos requisitos fundamentais foi a facilidade de compatibilização entre subrotinas. Analisando a solução escolhida S.1, observamos que existe compatibilidade entre a subrotina de interpolação polinomial e o método de integração utilizado, entre a precisão dos dados de entrada, principalmente dos pontos de torque e potência máximos e a subrotina de interpolação polinomial, entre a determinação do rendimento da transmissão e os dados experimentais disponíveis e, por fim, entre os resultados na forma de gráficos e tabelas e a necessidade do cliente.

Finalmente, podemos observar que o programa de simulação do desempenho, instalado em um computador central, permite o seu acesso por grande número de terminais, bem como seus arquivos de entrada de dados e de saída de resultados.

ANÁLISE DA ESTABILIDADE

Nesta parte do trabalho, estabeleceremos os limites para as variáveis de entrada do programa de simulação do desempenho. Para que o programa realmente simule o desempenho de veículos automotores, é necessário que os dados de entrada sejam o mais próximo possível da realidade, baseados, principalmente, em experiências práticas. Portanto, para cada tipo de veículo, componente ou subsistema, teremos que encontrar dados que representem a sua condição real de funcionamento. Para os motores, teremos que fornecer a curva de torque a plena carga e curvas de consumo a cargas parciais de motores de linha, sem nenhuma modificação.

A seguir apresentamos tabelas com os dados característicos do veículo e suas respectivas amplitudes de variação e também do motor:

CARACTERÍSTICAS DO VEÍCULO

Peso bruto total.....(200 a 40.000 kgf)
Área frontal.....(0,3 a 10 m²)
Coeficiente de arraste aerodinâmico....(0,2 a 1,0)
Raio estático do pneu.....(0,010 a 1,0 m)
Coeficiente de aumento de raio do pneu.(0,0005 a 0,005)
Coeficiente de atrito de rolamento.....(0,007 a 0,025)

Coef. de atr. de rol. prop. à veloc... (0,005 a 0,10 s/m)
 Coef. de atrito estático..... (0,70 a 0,80)
 Tempo de mudança de marcha..... (0,10 a 0,50 s)
 Distância entre eixos..... (0,5 a 10 m)
 Distância do cg ao eixo dianteiro..... (0,25 a 5 m)
 Densidade do ar (CNTP)..... (1,204 kg/m**3)
 Número de eixos..... (2)
 Tração: (dianteira, traseira, integral)
 Número de relações de transmissão na caixa de
 mudanças..... (1 a 18)
 Número de relações de transmissão no diferencial. (1 a 2)

CARACTERÍSTICAS DO MOTOR

Motor de combustão interna (ciclo Otto ou Diesel), cujas curvas de torque a plena carga e consumo a cargas parciais sejam fornecidas (máximo de 10 e mínimo de 3 pontos da curva de torque em função da rotação e mínimo de 8 e máximo de 17 curvas de consumo específico em função da pressão média efetiva a diferentes rotações do motor).

Um conjunto veículo e motor cujas características estejam dentro do campo de variação dos parâmetros de entrada poderá ser simulado, obtendo-se os parâmetros de desempenho deste com precisão de 2 a 5 %.

Para um veículo atípico, onde algumas características estejam fora do campo de variação dos parâmetros, poderá ter-se uma idéia qualitativa do seu desempenho, embora com uma certa imprecisão.

A OTIMIZAÇÃO FORMAL

Tendo já sido escolhidos os procedimentos de cálculo adotados, a otimização poderá ser feita na apresentação dos resultados do programa, isto é, nos gráficos indicativos do desempenho e nas tabelas de resultados, uma vez que a boa apresentação desses resultados ao cliente garantirá o sucesso deste programa.

Os gráficos foram desenvolvidos para serem plotados em tamanho A3 e A4, com todas as informações acerca do veículo e as curvas representativas do desempenho: potência no eixo da roda motora em função da rotação e potência requerida na última marcha à plena carga; escalonamento de marchas (velocidade do veículo em função da rotação do motor para cada marcha, com pontos de troca de marcha ideais à plena carga); força de tração em função da velocidade à plena carga, bem como as forças resistivas totais máximas em cada marcha (fornecendo a inclinação do aclave máximo em %) e força resistiva total no plano; aceleração líquida disponível em função da velocidade à plena carga; velocidade e espaço em função do tempo à plena carga. Já a parte de consumo será apresentada na forma de tabela, constando velocidade instantânea do veículo, consumo instantâneo ($g/kw \cdot h$, l/h e km/l), e consumo médio no ciclo (km/l).

A otimização também foi feita em desenvolvimento de software interativo para funcionamento do programa. Para esse programa, foi desenvolvido em linguagem EXEC da IBM, um pequeno software para manipulação dos arquivos de entrada, execução do programa, manipulação dos arquivos de saída, execução de plotagens e impressão de tabelas.

AS PREVISÕES PARA O FUTURO E DE TEMPO DE FUNCIONAMENTO

Uma característica desse programa é sua versatilidade, adaptando-se a diversos tipos de veículos automotores rodoviários. Com isso, o programa pretende atender às necessidades futuras da MWM e dos seus clientes, considerando que num futuro de 10 à 15 anos os veículos automotores de rodas e com motores de combustão interna ainda serão economicamente viáveis. Outra característica fundamental é sua flexibilidade, sendo facilmente adaptável a modificações futuras nos veículos que alterem o modelamento do sistema.

Durante o desenvolvimento do programa, foram realizadas algumas modificações com vistas às necessidades futuras, como por exemplo a possibilidade de simular veículos com trações dianteira e integral.

COMPARAÇÕES COM TESTES PRÁTICOS

Para essa parte do trabalho, executamos a simulação do desempenho de um caminhão leve (caminhão 6.90 da Volkswagen) com motor MWM TD.229.EC.04 (de 4 cilindros em linha, turboalimentado). A seguir apresentamos os arquivos de entrada do programa (dados do veículo, dados do motor), os gráficos e tabelas indicativos do desempenho do veículo e, uma tabela, fornecendo as diferenças percentuais entre os resultados de teste e da simulação.

-----DADOS DO VEICULO-----

6.90	DENOMINACAO DO VEICULO
CLARK - MODELO 455	CAMBIO UTILIZADO
7.50 X 16	PNEU UTILIZADO
3.60 AREA FRONTAL (M2)	
0.590 COEFICIENTE DE ARRASTO AERODINAMICO	
6600. MASSA TOTAL DO VEICULO (KG)	
0.381 RAIO ESTATICO DO PNEU (M)	
0.0030 COEFICIENTE DE AUMENTO DE RAIO DO PNEU (S/M)	
0.012 COEFICIENTE DE ROLAMENTO	
0.010 COEFICIENTE DE ATRITO DE ROL. LINEARMENTE PROP. A VELOC.(S/M)	
0.80 COEFICIENTE DE ATRITO ESTATICO - MI	
0.25 TEMPO DE MUDANCA DE MARCHA (S)	
3.50 DISTANCIA ENTRE EIXOS (M)	
1.75 DISTANCIA DO CENTRO DE GRAVIDADE DO VEICULO A RODA DIANT.(M)	
0.60 ALTURA DO CENTRO DE GRAVIDADE DO VEICULO EM RELACAO AO SOLO(M)	
1.204 DENSIDADE DO AR (KG/M**3)	
1 TRACAO: 1 - TRASEIRA , 2 - DIANTEIRA , 3 - INTEGRAL	
3.54	REDUCAO DO DIFERENCIAL NORMAL E REDUZIDO
1A 2A 3A 4A 5A 6A 7A 8A 9A 10A	
6.99 3.78 2.12 1.28 1.00	
0.75 0.80 0.85 0.87 0.90	
	SIGLA DA SECAO

OBSERVACOES:

	1 LINHA
	2 LINHA

|TD.229.04 | MOTOR TIPO
|VEICULAR | VERSAO
|9.229.0.001.0805| CURVA NUMERO
|18.07.88| DATA DE EXPEDICAO
|0.98 | CILINDRADA UNITARIA (L)
| 4| NUMERO DE CILINDROS
|880.0 | DENSIDADE DO COMBUSTIVEL (G/L)

OBSERVACOES

ROTACOES DO MOTOR (rpm)

1200.0 1400.0 1600.0 2100.0 2400.0 2600.0				
---	--	--	--	--

TORQUE (kgf.m)

34.50 37.00 38.00 36.00 33.60 31.60				
--	--	--	--	--

NUMERO DE TESTES EM CARGA PARCIAL 10

NUMERO DE PONTOS - CARGA PARCIAL 01 .. 09

ROTACAO 1000 RPM

PME (BAR)	CE (G/CV*H)
03.70	188.0
04.55	181.0
05.45	175.0
06.00	172.5
06.63	170.0
08.58	170.0
09.70	172.5
10.40	175.0
12.00	181.0

Handwritten notes:
KW = 1 1/2
1 1/2

NUMERO DE PONTOS - CARGA PARCIAL 02 .. 12

ROTACAO 1200 RPM

PME (BAR)	CE (G/CV*H)
03.43	181.0
04.15	175.0
04.55	172.5
04.88	170.0
05.60	167.5
06.45	165.0
09.40	165.0
10.30	167.5
11.15	170.0
11.90	172.5
12.60	175.0
14.00	181.0

NUMERO DE PONTOS - CARGA PARCIAL 03 .. 13

ROTACAO 1400 RPM

PME (BAR)	CE (G/CV*H)
03.60	175.0
03.93	172.5
04.28	170.0
04.85	167.5
05.48	165.0
06.33	162.5
07.20	160.0
09.30	160.0
10.45	162.5
11.45	165.0
12.28	167.5
13.00	170.0
13.58	172.5

NUMERO DE PONTOS - CARGA PARCIAL 04 .. 13

ROTACAO 1600 RPM

PME (BAR)	CE (G/CV*H)
03.45	175.0
03.90	172.5
04.25	170.0
04.80	167.5
05.30	165.0
05.95	162.5
06.55	160.0
07.28	158.5

08.05	157.0
09.05	157.0
10.00	158.5
10.90	160.0
11.90	162.5

NUMERO DE PONTOS - CARGA PARCIAL 05 .. 14

ROTACAO 1800 RPM

PME (BAR)	CE (G/CV*H)
03.75	175.0
04.20	172.5
04.60	170.0
05.10	167.5
05.58	165.0
06.18	162.5
06.75	160.0
07.33	158.5
07.95	157.0
09.90	157.0
10.85	158.5
12.00	160.0
12.73	162.5
13.50	165.0

NUMERO DE PONTOS - CARGA PARCIAL 06 .. 13

ROTACAO 2000 RPM

PME (BAR)	CE (G/CV*H)
03.50	181.0
04.33	175.0
04.80	172.5
05.28	170.0
05.70	167.5
06.18	165.0
06.85	162.5
07.50	160.0
08.40	158.5
10.35	158.5
12.00	160.0
12.80	162.5
13.48	165.0

NUMERO DE PONTOS - CARGA PARCIAL 07 .. 11

ROTACAO 2200 RPM

PME (BAR)	CE (G/CV*H)
03.55	188.0
04.25	181.0
05.18	175.0
05.70	172.5
06.15	170.0
06.70	167.5
07.25	165.0
08.20	162.5
11.50	162.5
12.65	165.0
13.55	167.5

NUMERO DE PONTOS - CARGA PARCIAL 08 .. 10

ROTACAO 2400 RPM

PME (BAR)	CE (G/CV*H)
03.48	193.0

04.50	188.0
05.38	181.0
06.40	175.0
07.00	172.5
07.60	170.0
08.50	167.5
11.80	167.5
12.90	170.0
13.83	172.5

NUMERO DE PONTOS - CARGA PARCIAL 09 .. 07

ROTACAO 2600 RPM

PME (BAR)	CE (G/CV*H)
04.73	193.0
06.00	188.0
07.10	181.0
08.50	175.0
10.20	172.5
10.98	172.5
12.70	175.0

NUMERO DE PONTOS - CARGA PARCIAL 10 .. 04

ROTACAO 2800 RPM

PME (BAR)	CE (G/CV*H)
06.45	193.0
07.95	188.0
10.50	181.0
12.15	181.0

|0.50| INCREMENTO DE TEMPO DO CICLO (SEGUNDOS)
| 31| NUMERO DE INTERVALOS DE TEMPO NO CICLO

DIAGRAMA DE VELOCIDADES (M/S) E MARCHAS UTILIZADAS

VELOCIDADE | MARCHA | DIFERENCIAL - 1(NORMAL), 2(REDUZIDO)|INST|
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 1
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 2
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 3
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 4
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 5
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 6
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 7
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 8
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 9
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 10
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 11
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 12
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 13
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 14
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 15
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 16
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 17
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 18
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 19
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 20
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 21
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 22
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 23
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 24
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 25
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 26
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 27
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 28
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 29
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 30
|11.11 |-----| 4|-----| 1| - 31

[0.50] INCREMENTO DE TEMPO DO CICLO (SEGUNDOS)
| 31| NUMERO DE INTERVALOS DE TEMPO NO CICLO

DIAGRAMA DE VELOCIDADES (M/S) E MARCHAS UTILIZADAS

VELOCIDADE | MARCHA | DIFERENCIAL - 1(NORMAL), 2(REDUZIDO)|INST|
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 1
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 2
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 3
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 4
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 5
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 6
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 7
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 8
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 9
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 10
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 11
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 12
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 13
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 14
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 15
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 16
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 17
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 18
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 19
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 20
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 21
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 22
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 23
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 24
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 25
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 26
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 27
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 28
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 29
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 30
[16.667]-----| 5|-----| 1| - 31

|0.50| INCREMENTO DE TEMPO DO CICLO (SEGUNDOS)
| 31| NUMERO DE INTERVALOS DE TEMPO NO CICLO

DIAGRAMA DE VELOCIDADES (M/S) E MARCHAS UTILIZADAS

VELOCIDADE | MARCHA | DIFERENCIAL - 1(NORMAL), 2(REDUZIDO)|INST|
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 1
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 2
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 3
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 4
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 5
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 6
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 7
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 8
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 9
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 10
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 11
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 12
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 13
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 14
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 15
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 16
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 17
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 18
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 19
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 20
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 21
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 22
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 23
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 24
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 25
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 26
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 27
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 28
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 29
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 30
|22.22 |-----| 5|-----| 1| - 31

DIAGRAMA DE POTENCIA REQUERIDA NO PLANO

VEICULO : 6.90

MOTOR : TD.229.04

CURVA : 9.229.0.001.0805

TRANSMISSAO : CLARK - MODELO 455

DIF. NORMAL : 3.54 : 1

MARCHA

REND.: NR.

PRIMEIRA : 6.99 : 1 0.75

SEGUNDA : 3.78 : 1 0.80

TERCEIRA : 2.12 : 1 0.85

QUARTA : 1.28 : 1 0.87

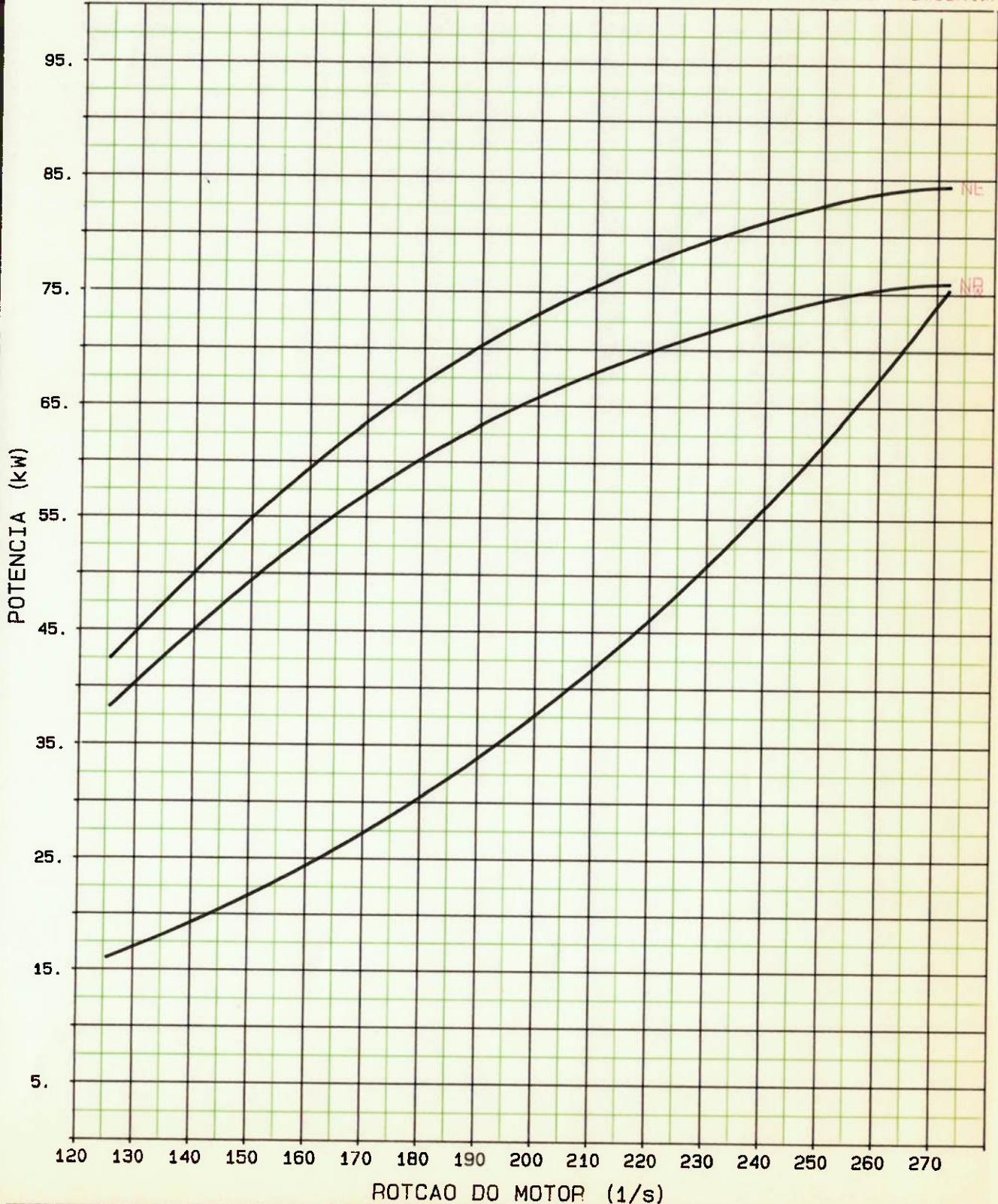
QUINTA : 1.00 : 1 0.90

CARACTERISTICAS DO VEICULO

PESO BRUTO TOTAL	6500.	kg
AREA FRONTAL	2.85	m ²
COEFICIENTE AERODINAMICO	0.85	
PNEUS	7.50 X 15	
RAIO ESTATICO	0.581	m
COEF. DE AUMENTO DE RAIO DO PNEU	0.0030	m/m
COEF. DE ATRITO DE ROLAMENTO	0.0120	
COEF. DE ATR. DE ROL. PROP. A VELOC.	0.0100	e/m
COEF. DE ATRITO ESTATICO	0.80	
TEMPO DE MUDANCA DE MARCHA	0.20	s
DISTANCIA ENTRE EIXOS	3.00	m
DISTANCIA DO CG A RODA DIANT.	1.25	m
ALTURA DO CG	0.75	m
DENSIDADE DO AR	1.204	kg/m ³

TRACAO : TRASEIRA

NE - POTENCIA EFETIVA NR - POTENCIA TRANSMITIDA AO EIXO NW - POTENCIA REQUERIDA



SECAO :

DATA : 18.07.88

DIAGRAMA DE PERFORMANCE

VEICULO : 6.90

MOTOR : TD.229.04

CURVA : 9.229.0.001.0805

CARACTERISTICAS DO VEICULO

PESO BRUTO TOTAL	6600.	kg
AREA FRONTAL	3.60	m ²
COEFICIENTE AERODINAMICO	0.55	
PNEUS	7.50 X 16	
RAIO ESTATICO	0.381	m
COEF. DE AUMENTO DE RAIO DO PNEU	0.0030	s/m
COEF. DE ATRITO DE ROLAMENTO	0.0120	s/m
COEF. DE ATR. DE ROL. PROP. A VELOC.	0.0100	s/m
COEF. DE ATRITO ESTATICO	0.0030	
TEMPO DE MUDANCA DE MARCHA	0.0030	s
DISTANCIA ENTRE EIXOS	2.50	m
DISTANCIA DO CG A RODA DIANT.	1.00	m
ALTURA DO CG	0.60	m
DENSIDADE DO AR	1.204	kg/m ³
TRACAO :	TRASEIRA	

TRANSMISSAO : CLARK - MODELO 455

DIF. NORMAL : 3.54 : 1

MARCHA

REND.: NR.

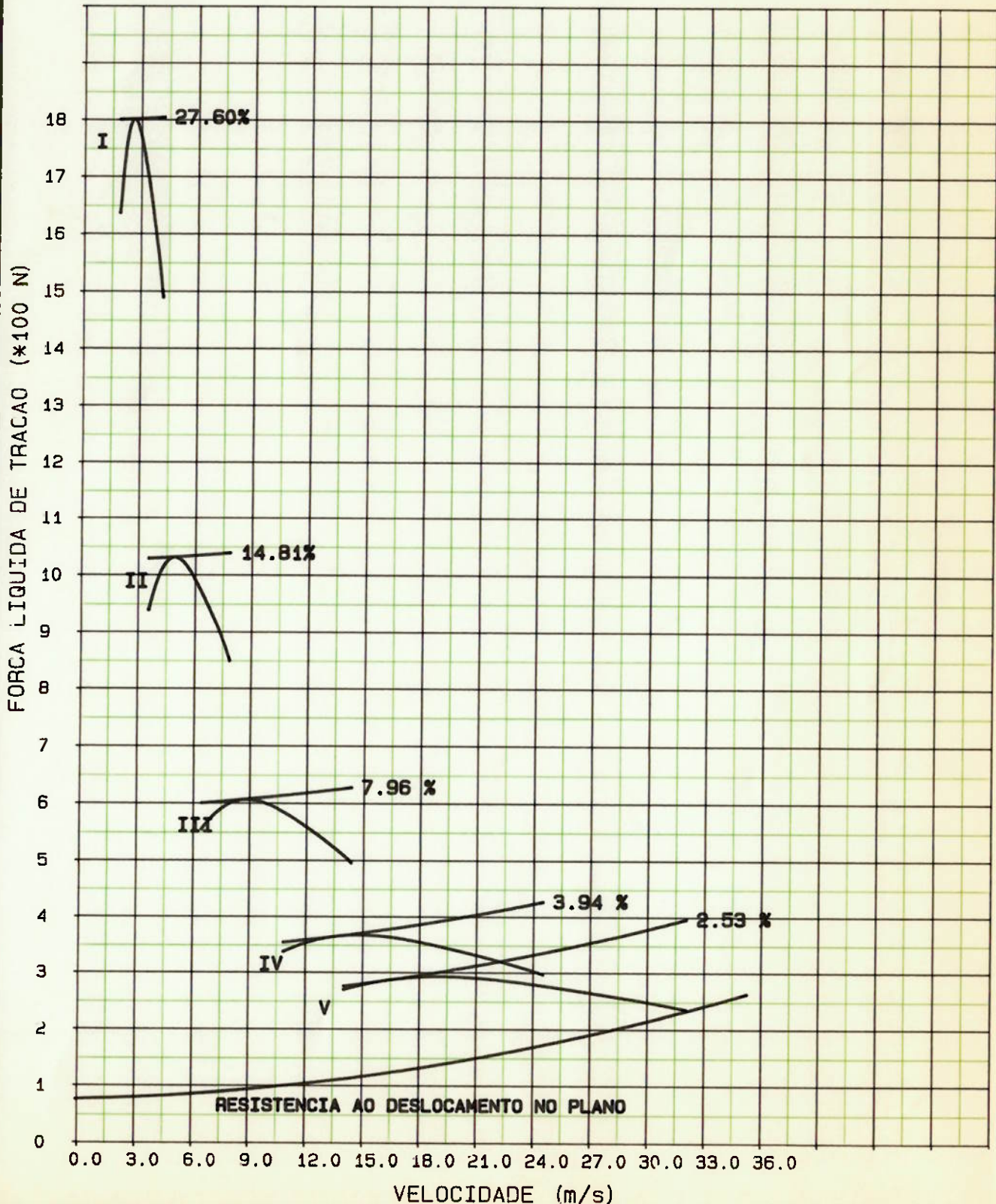
PRIMEIRA : 6.99 : 1 0.75

SEGUNDA : 3.78 : 1 0.80

TERCEIRA : 2.12 : 1 0.85

QUARTA : 1.28 : 1 0.87

QUINTA : 1.00 : 1 0.90



SECAO :

DATA : 18.07.88

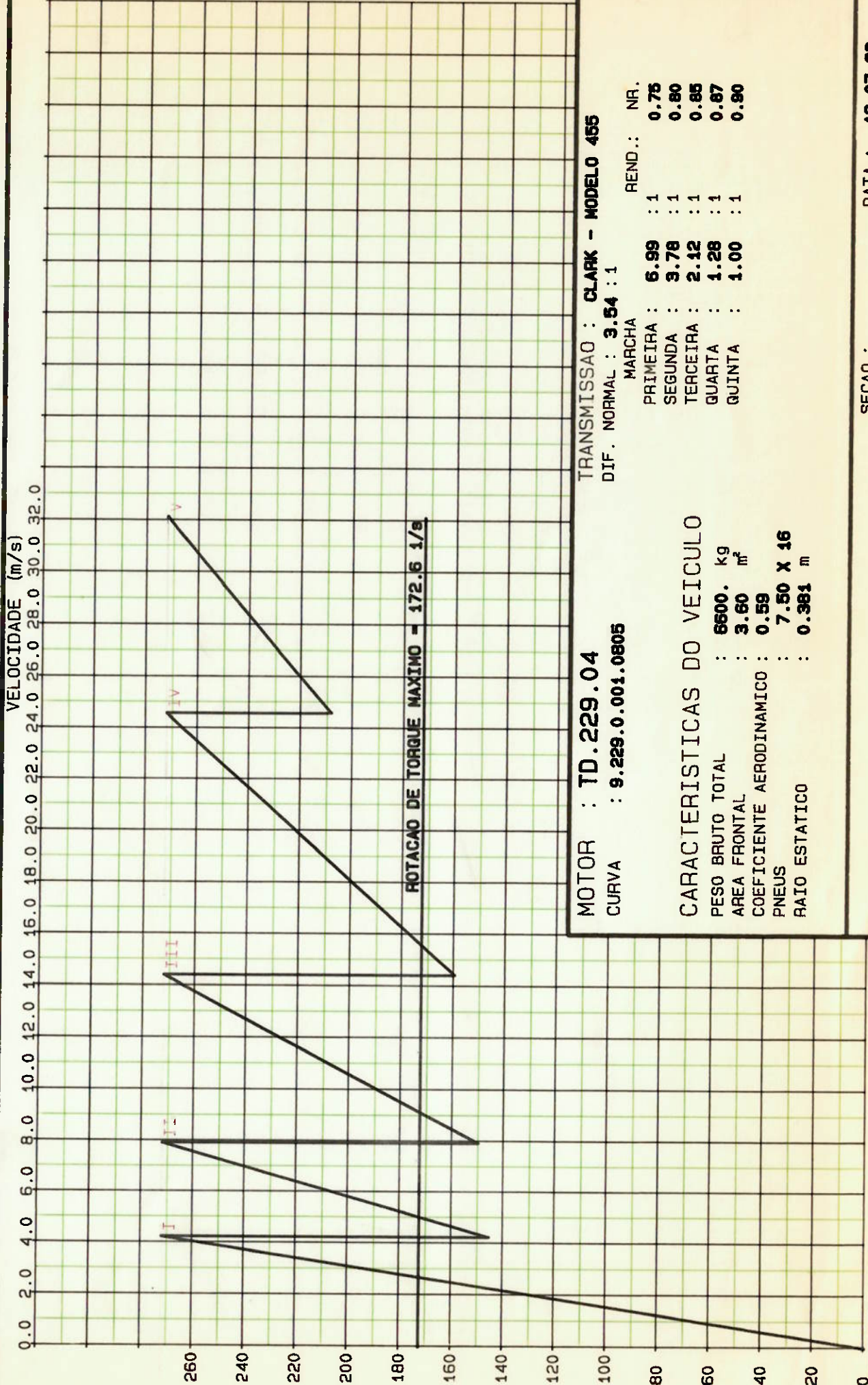
DIAGRAMA DE ESCALONAMENTO DE MARCHAS

VEICULO : 6.90

VELOCIDADE (m/s)

0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0

ROTACAO DO MOTOR (1/s)



MOTOR : TD.229.04

CURVA : 9.229.0.001.0805

TRANSMISSAO : CLARK - MODELO 455

DIF. NORMAL : 3.54 : 1

MARCA

REND. : NR.

PRIMEIRA : 6.99 : 1

SEGUNDA : 3.78 : 1

TERCEIRA : 2.12 : 1

QUARTA : 1.28 : 1

QUINTA : 1.00 : 1

CARACTERISTICAS DO VEICULO

PESO BRUTO TOTAL : 6500. kg
AREA FRONTAL : 3.60 m²
COEFICIENTE AERODINAMICO : 0.59
PNEUS : 7.50 X 16
RAIO ESTATICO : 0.381 m

SECAO :

DATA : 18.07.88

GRAFICOS DE DESEMPENHO

VEICULO : 6.90

MOTOR : TD.229.04

CURVA : 9.229.0.001.0805

TRANSMISSAO : CLARK - MODELO 455		
DIF. NORMAL : 3.54 : 1		
REND.: NR.		
PRIMEIRA :	6.99	1
SEGUNDA :	3.78	1
TERCEIRA :	2.12	1
QUARTA :	1.28	1
QUINTA :	1.00	1
0.75		
0.80		
0.85		
0.87		
0.80		

TEMPO DE MUDANCA DE MARCHA :	0.280	s
DISTANCIA ENTRE EIXOS :	3.50	m
DISTANCIA DO CG A RODA DIANT.:	1.78	m
ALTURA DO CG :	0.60	m
DENSIDADE DO AR :	1.204	kg/m³
TRASEIRA :		

CARACTERISTICAS DO VEICULO	
PESO BRUTO TOTAL	8600.
AREA FRONTAL	3.600
COEFICIENTE AERODINAMICO	0.590
PNEUS	7.50 x 16
RAIO ESTATICO	0.381
COEF. DE AUMENTO DE RAIO DO PNEU	0.0030
COEF. DE ATRITO DE ROLAMENTO	0.0120
COEF. DE ATR. PROP. A VELOC.	0.0100
COEF. DE ATRITO ESTATICO	0.80

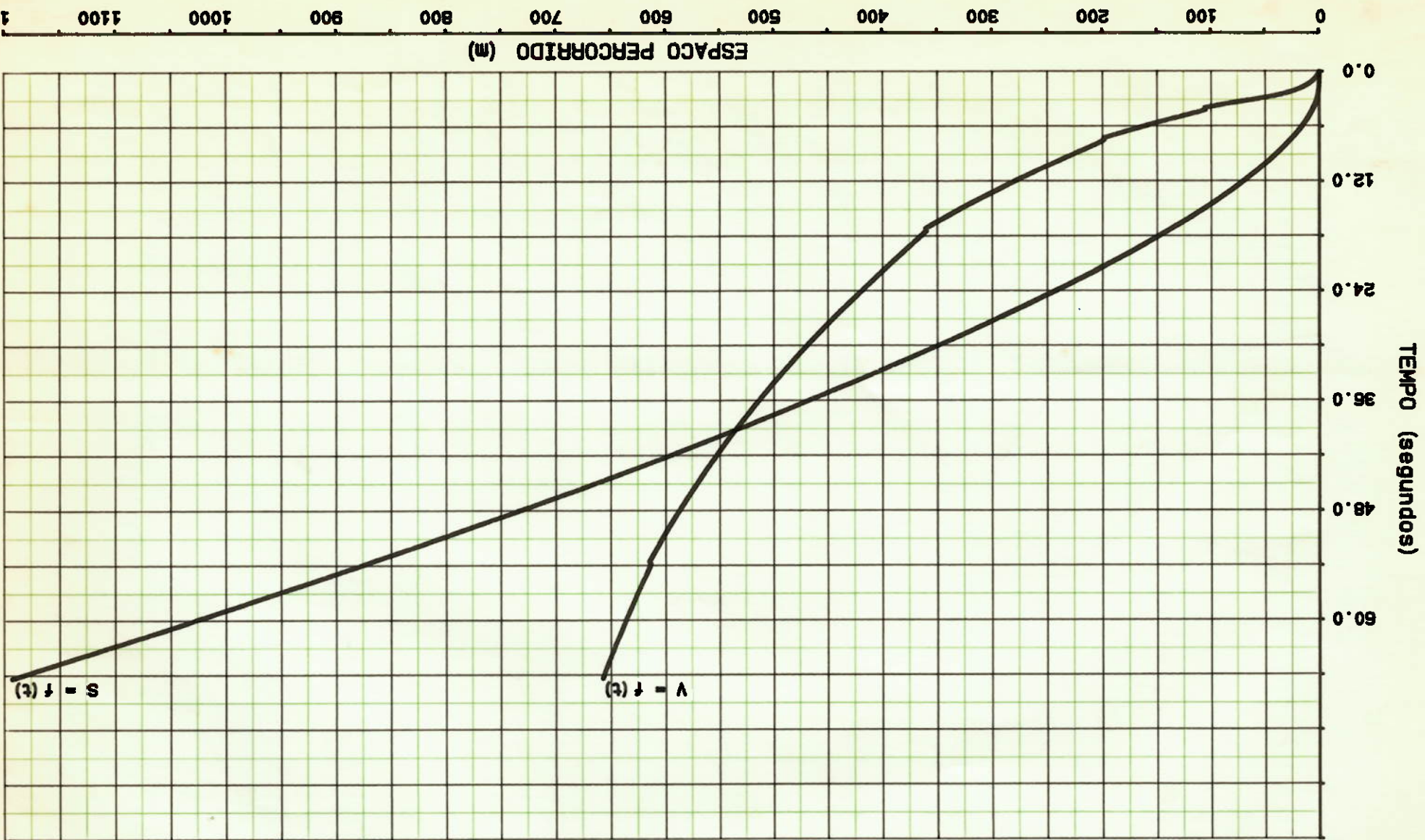
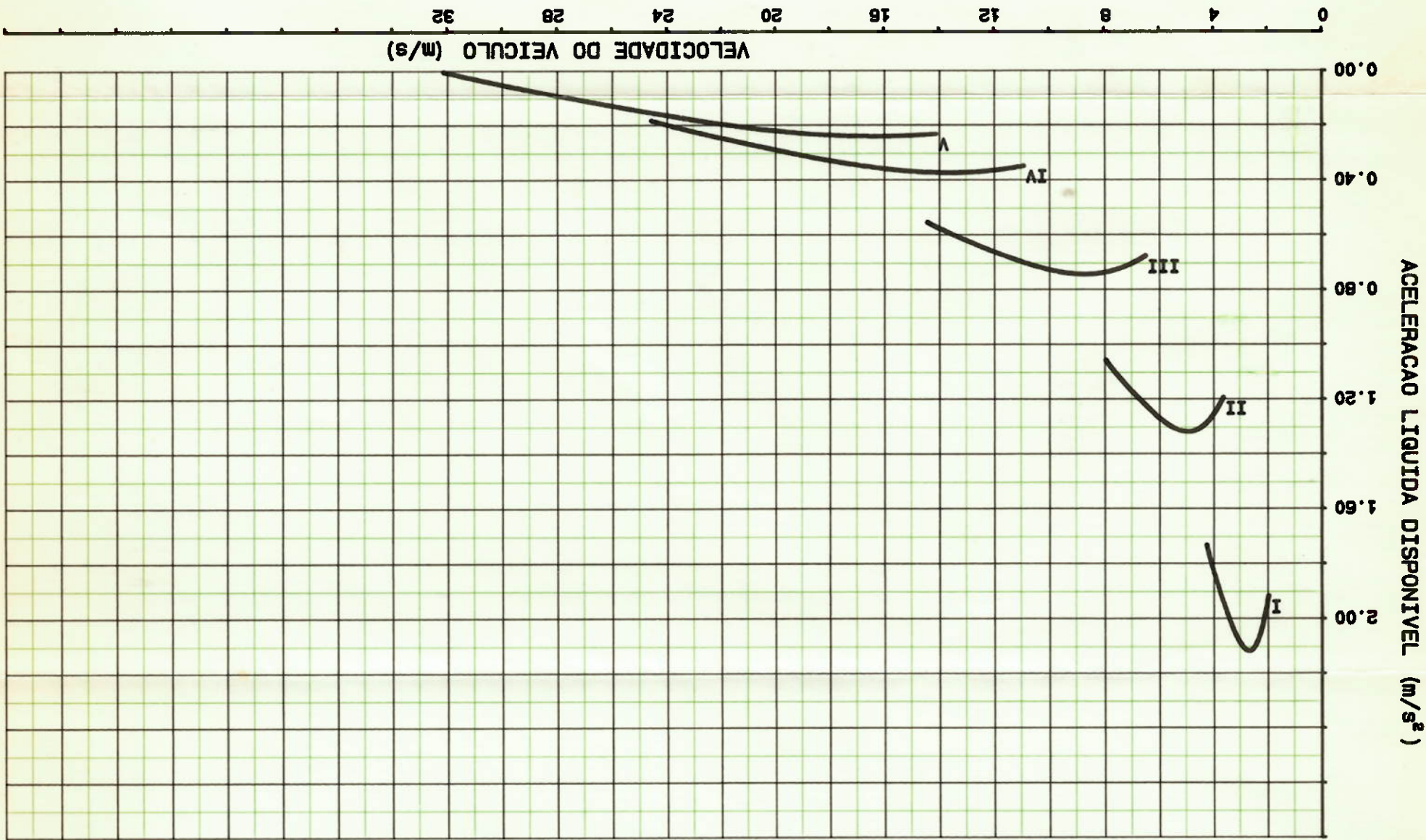


TABELA COMPARATIVA DOS RESULTADOS DE DESEMPENHO

	Teste prático	Simulação	Variação
Aceleração			
Distâncias(m)	tempo(s)	tempo(s)	%
0 - 200	21,0	21,45	2,14
0 - 400	32,4	32,76	1,11
0 - 500	38,1	37,80	-0,79
0 - 600	42,0	42,42	1,00
0 - 800	50,8	51,03	0,45
0 - 1000	59,5	59,28	-0,37
Velocidades(m/s)	tempo(s)	tempo(s)	%
0 - 5,56	5,2	5,22	0,38
0 - 11,11	12,0	11,90	-0,83
0 - 16,67	23,3	23,70	1,72
0 - 22,22	43,1	42,78	-0,74
Consumo a velocidades ctes.			
velocidade(m/s)	km/l	km/l	%
11,11	11,2	10,98	-1,96
16,67	10,1	9,91	-1,88
22,22	8,3	8,22	-0,96
Velocidade máxima	m/s	m/s	%
	31,44	32,13	2,19

Analisando os resultados comparativos desta tabela, concluímos que o erro máximo na previsão do desempenho foi por volta de 2%, valor considerado bastante satisfatório, comprovando a ótima representação do modelamento matemático para o sistema veículo e a precisão do método numérico de cálculo.

Esses valores conferem com os requisitos da especificação técnica do programa, feito no Estudo de Viabilidade.

O PROGRAMA DESEMP

O programa DESEMP - de simulação matemática do desempenho de veículos automotores rodoviários, é apresentado a seguir, juntamente com um diagrama de blocos dos principais procedimentos utilizados no programa. Ele foi desenvolvido em linguagem VS-FORTRAN, executável em computador 4381 da IBM.

```

C*****
C   Programa desenvolvido por Oswaldo L. Ravanini Jr. em 88/89
C   - ULTIMA VERSAO: 12/89
C*****
C*****
C   PROGRAMA PRINCIPAL
C*****
      CALL LEIA
      CALL CALC1
      CALL POTCUR
      CALL PERFOR
      CALL SCALON
      CALL ACELCR
      STOP
      END
C*****
      SUBROUTINE LEIA
C*****
      INTEGER*2 MA,D2
      CHARACTER*8 DATACR
      CHARACTER*10 NORMA
      CHARACTER*11 SECAO
      CHARACTER*16 CURVA
      CHARACTER*20 MOTOR,VERSAO,PNEU
      CHARACTER*30 NOME,CAMB
      CHARACTER*55 OBS1,OBS2
      REAL*4 FROL,LTOT,LF,HCG,MI
      DIMENSION REND(10,2),VELOC(1000),MA(1000),D2(1000),RDIF(10),RA(10),ROT(10)
      *,TOR(10),RPM(10)
      COMMON /U$1/ REND, RDIF, RA, RPM, TOR, RE, TMU
      *,GVH, KL, CP, MI, LTOT, LF, HCG, NTRAT
      COMMON /U$2/ NORMA,DATACR,SECAO,MOTOR,VERSAO,CURVA,NOME,CAMB,PNEU
      *,OBS1,OBS2
      COMMON /U$3/  CW, AF, RO
      COMMON /U$12/ FROL, CR
      COMMON /C$1/  TINCR, INSTT, VELOC, MA, D2
      COMMON /C$2/  CIL,NCIL,DCOMB
C
C ----LISTA DE VARIAVEIS DE LEITURA-----
C RE - RAO ESTATICO DO PNEU (M)| CW - COEFICIENTE AERODINAMICO |
C AF - AREA FRONTAL (M**2)| GVH - MASSA DO VEICULO CARREGADO (KG)|
C RO - DENSIDADE DO ARI(KG/M**3)| RDIF - REDUCAO DO DIFERENCIAL |
C REND - RENDIMENTO TOTAL DA TRANSMISSAO NUMA MARCHA |
C TORQ- TORQUE (N*M)| ROT - ROTACAO (RAD/S)| RA - REDUCAO DA MARCHA|
C CONS-CONSUMO ESPECIFICO (G/(KM*H))|CP-COEF.DE AUM.DE RAO DO PNEU(S/M)
C FROL-COEF.DE ROLAMENTO |CR - COEF.DE ROLAMENTO LIN.PROP. A VELOC.(S/M)
C MI - COEF.DE ATRITO ESTATICO|TMU - TEMPO DE MUDANCA DE MARCHA (S)
C LTOT-DISTANCIA ENTRE EIXOS(M)|LF-DISTANCIA DO CG AO EIXO DIANTEIRO(M)
C HCG-ALTURA DO CG (M)|CIL-CILINDRADA UNITARIA(L)|NCIL-NUM.DE CILINDROS
C DCOMB-DENSIDADE DO COMBUSTIVEL(G/L)|TINCR-INCREMENTO DE TEMPO (S)
C INSTT-NUMERO DE INCREMENTOS DE TEMPO|VELOC-VELOCIDADE DO CICLO(M/S)
C MA-MARCHA UTIL.NO CICLO|D2-RELACAO DO DIFERENCIAL UTIL. NO CICLO
C -----
      READ (1,30)NOME,CAMB,PNEU
      READ (1,40)AF,CW,GVH,RE,CP,FROL,CR,MI,TMU,LTOT,LF,HCG,RO
      READ (1,44) NTRAT
      READ (1,50)RDIF(1),RDIF(2)
      READ (1,60)(RA(I),I = 1 , 10)
      READ (1,60)(REND(I,1),I = 1 , 10)
      READ (1,64)(REND(I,2),I = 1 , 10)
      READ (1,68) SECAO
      READ (1,70)OBS1,OBS2
      READ (2,80)MOTOR,VERSAO
      READ (2,90)CURVA,DATACR,CIL,NCIL,DCOMB
      READ (2,100)(RPM(I),I = 1 , 10)
      READ (2,110)(TOR(I),I = 1 , 10)
      READ (3,200) TINCR,INSTT
      DO 220 I = 1 , INSTT

```



```

      READ (3,210) VELOC(I),MA(I),D2(I)
220 CONTINUE
      RETURN
30  FORMAT (/,1X,A30,/,1X,A30,/,1X,A20)
40  FORMAT (12(1X,F6.0,/,1X,F6.0)
44  FORMAT (1X,I1)
50  FORMAT (1X,F6.0,1X,F6.0,/)
60  FORMAT (10(1X,F5.0))
64  FORMAT (10(1X,F5.0))
68  FORMAT (1X,A11)
70  FORMAT (2(/,1X,A55))
80  FORMAT (1X,A20,/,1X,A20)
90  FORMAT (1X,A16,/,1X,A8,/,1X,F6.0,/,1X,I2,/,1X,F6.0)
100 FORMAT (7(/,10(1X,F6.0))
110 FORMAT (/,10(1X,F6.0))
200 FORMAT(2(/,1X,F4.0,/,1X,I6,4(/))
210 FORMAT(1X,F6.0,8X,I2,6X,I2)
      END
C*****
      INTEGER FUNCTION IVMAX(R)
C*****
      DIMENSION R(110)
      XMAX = R(1)
      DO 20 I = 2 , 101
      IF(.NOT.(R(I).GT.XMAX)) GO TO 20
      XMAX = R(I)
      IVMAX = I
20 CONTINUE
      RETURN
      END
C*****
      INTEGER FUNCTION IVMIN(R)
C*****
      DIMENSION R(110)
      XMIN = R(1)
      DO 20 I = 2 , 100
      IF(XMIN.LT.R(I)) GO TO 20
      XMIN = R(I)
      IVMIN = I
20 CONTINUE
      RETURN
      END
C*****
      FUNCTION V3MAX(P)
C*****
      COMMON /U$6/ NM,NDIF
      DIMENSION P(110,10,2)
      V3MAX = P(1,1,1)
      DO 50 J = 1 , NDIF
      DO 50 L = 1 , NM
      DO 50 I = 1 , 101
      IF(V3MAX.LT.P(I,L,J)) V3MAX = P(I,L,J)
50 CONTINUE
      RETURN
      END
C*****
      SUBROUTINE V3MAX1(P,IX,ACLDM)
C*****
      COMMON /U$6/ NM,NDIF
      DIMENSION P(110,10,2)
      ACLDM = P(1,1,NDIF)
      IX = 1
      DO 50 I = 2 , 101
      IF(ACLDM.LT.P(I,1,NDIF)) THEN
      ACLDM = P(I,1,NDIF)
      IX = I
      ENDIF
50 CONTINUE

```

```

50 CONTINUE
RETURN
END
C*****
SUBROUTINE V3TARG(P,ITAR,ACCAL)
C*****
COMMON /U$6/ NM,NDIF
DIMENSION P(110,10,2)
ITAR = 1
DO 50 I = 1 , 50
IF(P(I,1,NDIF).LE.ACCAL) THEN
IF(P(I+1,1,NDIF).GT.ACCAL) THEN
ITAR = I
GO TO 52
ENDIF
ENDIF
50 CONTINUE
52 RETURN
END
C*****
FUNCTION V3MIN(P)
C*****
COMMON /U$6/ NM, NDIF
DIMENSION P(110,10,2)
V3MIN = P(1,1,1)
DO 50 J = 1 , NDIF
DO 50 L = 1 , NM
DO 50 I = 1 , 101
IF(V3MIN.GT.P(I,L,J)) V3MIN = P(I,L,J)
50 CONTINUE
RETURN
END
C*****
FUNCTION VMIN(P)
C*****
DIMENSION P(110)
VMIN = P(1)
DO 30 I = 2 , 101
IF(VMIN.GT.P(I)) VMIN = P(I)
30 CONTINUE
RETURN
END
C*****
FUNCTION VMAX(P)
C*****
DIMENSION P(110)
VMAX = P(1)
DO 30 I = 2 , 101
IF(.NOT.(P(I).GT.VMAX)) GO TO 30
VMAX = P(I)
30 CONTINUE
RETURN
END
C*****
FUNCTION CMAX(P)
C*****
DIMENSION P(1010)
CMAX = P(1)
DO 30 I = 2 , 1001
IF(.NOT.(P(I).GT.CMAX)) GO TO 30
CMAX = P(I)
30 CONTINUE
RETURN
END
C*****
SUBROUTINE ORDEM(XK,XORD,YORD,CHORD)
C*****
CHARACTER*5 RCHA,CHORD

```

```

      XPMAX=XP(1)
      DO 60 I=2,N
      IF(XPMIN.GT.XP(I)) XPMIN=XP(I)
      IF(XPMAX.LT.XP(I)) XPMAX=XP(I)
60 CONTINUE
      DELTA=(XPMAX-XPMIN)/100
C-----
C   CALCULA TODOS OS PONTOS DA CURVA
C-----
      DO 200 I=1,101
      XI(I)=XPMIN+DELTA*FLOAT(I-1)
      INC=0.0
      PROD(1)=1.0
      DO 90 K=2,N
90 PROD(K)=PROD(K-1)*(XI(I)-XP(K-1))
      DO 150 K=2,N
150 INC=INC+PROD(K)*F(1,K)
      YI(I)=F(1,1)+INC
200 CONTINUE
      RETURN
      END
C*****
      FUNCTION XMIR(V)
C*****
C ----FUNCAO PARA CALCULO DO COEFICIENTE DO ATRITO DE ROLAMENTO ----
C ----EM FUNCAO DA VELOCIDADE -----
      COMMON /U$12/ FROL, CR
      XMIR = (1.0 + V*CR)*FROL
      RETURN
      END
C*****
      FUNCTION FV(V)
C*****
C ----FUNCAO PARA CALCULO DO ESFORCO RESISTIVO AERODINAMICO -----
      COMMON /U$3/  CW, AF, RO
      FV = CW*AF*RO*V**2/2.0
      RETURN
      END
C*****
      FUNCTION FRTPL(V)
C*****
      DIMENSION RA(10),RDIF(10),RPM(10),TOR(10),REND(10,2)
      COMMON /U$1/  REND, RDIF, RA, RPM, TOR, RE, TMJ
      *, GVM, KL, CP, MI, LTOT, LF, HCG, NTRAT
      COMMON /U$3/  CW, AF, RO
      COMMON /U$12/ FROL, CR
      FRTPL = CW*AF*RO*V**2/2.0 + (1.0 + V*CR)*FROL*GVM*9.81
      RETURN
      END
C*****
      FUNCTION WMEQ(LV1,JV1)
C*****
      REAL*4 WMEQ
      DIMENSION RA(10),RDIF(10),RPM(10),TOR(10),REND(10,2)
      COMMON /U$1/  REND, RDIF, RA, RPM, TOR, RE, TMJ
      *, GVM, KL, CP, MI, LTOT, LF, HCG, NTRAT
      IF(GVM.LE.3500.0) THEN
        WMEQ = ((RA(LV1)*RDIF(JV1))*2*0.0025 + 1.04)*GVM
      ELSE
        WMEQ = ((RA(LV1)*RDIF(JV1))*2*0.00033 + 1.03)*GVM
      ENDIF
      RETURN
      END
C*****
      SUBROUTINE MAIOR(ACLD1,I1,INDI,M1,N1,ACEL)
C*****
      COMMON /U$6/  NM, NDIF
      DIMENSION ACLD1(110,10,2),INDI(1010,10,2),M1(1010),N1(1010)

```

```

*,ACEL(1010)
XAX = 0.0
IF(INDI(I1,M1(I1-1),N1(I1-1)).LE.101) THEN
M1(I1) = M1(I1-1)
N1(I1) = N1(I1-1)
XAX = ACLD1(INDI(I1,M1(I1-1),N1(I1-1)),M1(I1-1),N1(I1-1))
ACEL(I1) = XAX
ELSE
ACEL(I1) = 0.0001
M1(I1) = M1(I1-1)
N1(I1) = N1(I1-1)
INDI(I1,M1(I1-1),N1(I1-1)) = 102
ENDIF
DO 100 J = 1 , NDIF
DO 100 L = 1 , NM
IF(ACLD1(INDI(I1,L,J),L,J).GT.XAX) THEN
K = 0
DO 55 I2 = 1 , I1 - 1
IF(L.EQ.M1(I2).AND.J.EQ.N1(I2)) K = 1
55 CONTINUE
IF(K.EQ.0) THEN
XAX = ACLD1(INDI(I1,L,J),L,J)
M1(I1) = L
N1(I1) = J
ACEL(I1) = XAX
ENDIF
ENDIF
100 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C*****
SUBROUTINE CALC1
C*****
INTEGER*2 MA,D2
INTEGER*4 NPTRT,ROTKEN
REAL*4 NE,NR,NW,K1,K2,K3,INCL,MI,LF,LTOT,HCG,FROL
REAL*16 ACON,BCON,CCON,DCON,ECON,FCON,GCON,HCON,PM,ROTC,CONSU,CONS
*,CONSKM,CONSTT,CONMED
DIMENSION VEL(110,10,2),FLTR(110,10,2),FRT(110,10,2)
*,FRT0(110,10,2),ACLD(110,10,2),TEMPO(1010)
*,TDES(110,10,2),SPACE(1010),NR(110,10,2),NW(110,10,2),K3(110,10,2)
*,IFIM(10,2),INICIO(10,2),K1(10,2),K2(10,2),INCL(10,2),VMOD(10,2)
*,VELOC(1000),MA(1000),D2(1000),DIFER(110),XROT(110),F(110)
*,XTORQ(110),ERT(110),VIO(110),NE(110),NPTRT(41),RPM(10),XRPM(110)
*,REND(10,2),RDIF(10),RA(10),ROT(10),TOR(10),TORQ(10),ROTKEN(41)
*,M1(1010),N1(1010),VIO1(1010),ACEL(1010),INDI(1010,10,2)
*, ACLD1(110,10,2),CONS(1000),CONSKM(1000),VREAL(1000),PMEMIN(41)
*,XRPMKE(110),RPMKEN(41),TRMI1(41),XTRMI1(110),CONSU(1000)
*,CONSU1(1000)
COMMON /U$1/ REND, RDIF, RA, RPM, TOR, RE, TMU
*, GVM, KL, CP, MI, LTOT, LF, HCG, NTRAT
COMMON /U$3/ CW, AF, RO
COMMON /U$4/ VEL, FLTR, FRT, FRT0, ACLD, VIO1, TEMPO, SPACE, ACEL
COMMON /U$5/ NE, NR, NW, XROT, XTORQ
COMMON /U$6/ NM, NDIF
COMMON /U$7/ VELMAX,ACLDM,TEMPOM,SPACEM,VELAC
COMMON /U$8/ INCL, ERT, VIO
COMMON /U$10/ K3
COMMON /U$11/ RTRMAX
COMMON /U$12/ FROL, CR
COMMON /C$1/ TINC, INSTT, VELOC, MA, D2
COMMON /C$2/ CIL,NCIL,DOMB
COMMON /C$3/ ACON,BCON,CCON,DCON,ECON,FCON,GCON,HCON
COMMON /C$4/ PMEMIN,ROTKEN,NPTRT,KXL,ROTMIN,ROTMAX

```

C

```

C ----LISTA DE VARIÁVEIS DA SUBROTINA -----
C VEL - VELOCIDADE(M/S)| K1,K2 -CONSTANTES DE CONVERSAO|
C XROT - ROTCAO INTERPOLADA(RAD/S)| XTORQ- TORQUE INTERPOLADO(N*M)|

```


C FLTR - ESFORÇO LIQUIDO DE TRACAO(N)| RMAX,RMIN - ROTACOES MAX. E MIN.|
 C RO - DENSIDADE DO AR(KG/M**3)| FRT - FORÇA RESISTIVA TOTAL (N)|
 C FI1 - FORÇA DEVIDO A INCLINACAO(N)| FV - ESFORÇO RESISTIVO AERODIN.|
 C INCL - INCLINACAO(%)| XMIR - COEFICIENTE DE ATRITO DE ROLAMENTO |
 C ACLD - ACELERACAO LIQUIDA DISPONIVEL(M/S**2)|
 C FRTO - FORÇA RESISTIVA NA RAMPA NULA(N)|
 C NM - NUMERO DE MARCHAS | NDIF - NUMERO DE DIFERENCIAIS|

C -----
 C

C ----CALCULO DO NUMERO DE PONTOS FORNECIDOS -----

DO 2 I = 1 , 10

IF(RPM(I).EQ.0.) GO TO 3

2 CONTINUE

3 KL = I - 1

DO 5 I = 1 , KL

ROT(I) = RPM(I)*3.141592654/30.0

TORQ(I) = TOR(I)*9.81

5 CONTINUE

CALL INTPOL(ROT,TORQ,XROT,XTORQ,KL)

C

C ----CALCULO DO NUMERO DE MARCHAS -----
 DO 10 I = 1 , 10
 IF(RA(I).EQ.0.) GO TO 20
 10 CONTINUE
 20 NM = I-1

C

C ----CALCULO DO NUMERO DE DIFERENCIAIS -----
 NDIF = 2
 IF(RDIF(2).EQ.0.) NDIF = 1
 C ----CALCULO DOS COEFICIENTES K -----

NDIF = 2

IF(RDIF(2).EQ.0.) NDIF = 1

C ----CALCULO DOS COEFICIENTES K -----
 DO 30 J = 1 , NDIF
 DO 30 L = 1 , NM
 K1(L,J) = REND(L,J)*RA(L)*RDIF(J)
 K2(L,J) = 1.0/(RDIF(J)*RA(L))
 30 CONTINUE

DO 30 J = 1 , NDIF

DO 30 L = 1 , NM

K1(L,J) = REND(L,J)*RA(L)*RDIF(J)

K2(L,J) = 1.0/(RDIF(J)*RA(L))

30 CONTINUE

C

C ----CALCULO DA VELOCIDADE (m/s) E DO ESFORÇO LIQUIDO DE TRACAO (N)-
 DO 40 J = 1 , NDIF
 DO 40 L = 1 , NM
 DO 40 I = 1 , 101
 RDN = RE/(1 - RE*CP*XROT(I)/(RA(L)*RDIF(J)))
 VEL(I,L,J) = XROT(I)*K2(L,J)*RDN
 FLTR(I,L,J) = XTORQ(I)*K1(L,J)/RDN
 K3(I,L,J) = K2(L,J)*RDN
 40 CONTINUE

DO 40 J = 1 , NDIF

DO 40 L = 1 , NM

DO 40 I = 1 , 101

RDN = RE/(1 - RE*CP*XROT(I)/(RA(L)*RDIF(J)))

VEL(I,L,J) = XROT(I)*K2(L,J)*RDN

FLTR(I,L,J) = XTORQ(I)*K1(L,J)/RDN

K3(I,L,J) = K2(L,J)*RDN

40 CONTINUE

C

C ----CALCULO DO "I" DE INCLINACAO MAXIMA
 DO 54 J = 1 , NDIF
 DO 54 L = 1 , NM
 DO 53 I = 1 , 100
 DFLTR = FLTR(I+1,L,J) - FLTR(I,L,J)
 DFROL = (XMIR(VEL(I+1,L,J)) - XMIR(VEL(I,L,J)))*9.81*GVW
 DFV = FV(VEL(I+1,L,J)) - FV(VEL(I,L,J))
 DIFER(I) = ABS(DFLTR - (DFROL + DFV))
 53 CONTINUE
 IMAX = IVMIN(DIFER)
 FI = FLTR(IMAX,L,J) - FV(VEL(IMAX,L,J)) - XMIR(VEL(IMAX,L,J))*GVW
 **9.81
 ARG = FI/(GVW*9.81)
 IF (ARG .GE. 1.0) ARG = 0.99
 IF (ARG .LE. -1.0) ARG = -0.99
 ARS = ARSIN(ARG)
 INCL(L,J) = 100.0*TAN(ARS)
 54 CONTINUE

DO 54 J = 1 , NDIF

DO 54 L = 1 , NM

DO 53 I = 1 , 100

DFLTR = FLTR(I+1,L,J) - FLTR(I,L,J)

DFROL = (XMIR(VEL(I+1,L,J)) - XMIR(VEL(I,L,J)))*9.81*GVW

DFV = FV(VEL(I+1,L,J)) - FV(VEL(I,L,J))

DIFER(I) = ABS(DFLTR - (DFROL + DFV))

53 CONTINUE

IMAX = IVMIN(DIFER)

FI = FLTR(IMAX,L,J) - FV(VEL(IMAX,L,J)) - XMIR(VEL(IMAX,L,J))*GVW

**9.81

ARG = FI/(GVW*9.81)

IF (ARG .GE. 1.0) ARG = 0.99

IF (ARG .LE. -1.0) ARG = -0.99

ARS = ARSIN(ARG)

INCL(L,J) = 100.0*TAN(ARS)

54 CONTINUE

C

C ----CALCULO DA ROTACAO DE TORQUE MAXIMO -----
 ITRMAX = IVMAX(XTORQ)
 RTRMAX = XROT(ITRMAX)

ITRMAX = IVMAX(XTORQ)

RTRMAX = XROT(ITRMAX)

1039 CONTINUE

VELAC = 0.0

DO 141 J = 1 , NDIF

DO 141 L = 1 , NM

DO 141 I = 1 , 101

IF (ACLD(I,L,J).GT.0.0)THEN

IF (VELAC .LT. VEL(I,L,J))VELAC = VEL(I,L,J)

ENDIF

141 CONTINUE

DO 138 J = 1 , NDIF

DO 138 L = 1 , NM

DO 138 I1 = 1 , 1010

INDI(I1,L,J) = 102

138 CONTINUE

ACEL(1) = ACIN

VO1 = 0.0500

VIO1(1) = 0.0

M1(1) = 1

N1(1) = NDIF

TEMPO(1) = 0.0

SPACE(1) = 0.0

C***** LOOPING DE DESEMPENHO *****

C* CALCULO DAS CURVAS VELOCIDADE E ESPACO EM FUNCAO DO TEMPO*****

C

MPO*****

DO 160 I1 = 2 , 1001

VIO1(I1) = VIO1(I1-1) + VO1

DO 140 J = 1 , NDIF

DO 140 L = 1 , NM

DO 139 I = 1 , 100

IF(VEL(I,L,J).LE.VIO1(I1)) THEN

IF(VEL(I+1,L,J).GT.VIO1(I1)) THEN

INDI(I1,L,J) = I

INDI(I1+1,L,J) = I + 1

GO TO 140

ENDIF

ENDIF

139 CONTINUE

140 CONTINUE

CALL MAIOR(ACLD,I1,INDI,M1,N1,ACEL)

IF(ACEL(I1).LT.0.0) GO TO 161

IF(M1(I1).EQ.NM.AND.N1(I1).EQ.NDIF.AND.INDI(I1,M1(I1),N1(I1))

*.EQ.102) GO TO 161

IF(M1(I1).EQ.1.AND.N1(I1).EQ.NDIF) THEN

IF(GVM.GE.3500.0) THEN

IF(VIO1(I1).LT.VEL(1,1,NDIF)) THEN

VAC = 0.08

ACEL(I1) = VAC*ACLD(1,1,NDIF)

* + (ACLD(1,1,NDIF)-VAC*ACLD(1,1,NDIF))*VIO1(I1)/VEL(1,1,NDIF)

ENDIF

ELSEIF(ACMAX.GE.ACCLDM) THEN

IF(VIO1(I1).LT.VEL(IX,1,NDIF)) THEN

ACEL(I1)=ACMAX+(ACCLDM - ACDMAX)*VIO1(I1)/VEL(IX,1,NDIF)

ENDIF

ELSEIF(VIO1(I1).LT.VEL(ITAR,1,NDIF)) THEN

ACEL(I1) = ACDMAX

ENDIF

ENDIF

IF(M1(I1).NE.M1(I1-1).OR.N1(I1).NE.N1(I1-1)) THEN

IF (GVM .LT. 3500.0) THEN

RIN = 1.04

ELSE

RIN = 1.03

ENDIF

VIO1(I1) = VIO1(I1-1) - FRT0(INDI((I1-1),M1(I1-1),N1(I1-1)),

*M1(I1-1),N1(I1-1))*TMU/(GVM*RIN)

SPACE(I1)=SPACE(I1-1)+VIO1(I1-1)*TMU-FRT0(INDI((I1-1),M1(I1-1)

*,N1(I1-1)),M1(I1-1),N1(I1-1))/(2.0*GVM*RIN)*TMU**2

TEMPO(I1) = TEMPO(I1-1) + TMU

```

CALL SYMBOL (2.5,11.5,0.25,'POTENCIA (KW)',90.0,13)
CALL NEWPEN (5)
CALL SYMBOL (3.5,22.6,0.20,'NE - POTENCIA EFETIVA',0.0,21)
CALL SYMBOL (8.0,22.6,0.20,'NR - POTENCIA TRANSMITIDA AO EIXO'
*,0.0,33)
C CALL SYMBOL (8.0,22.6,0.20,'NR - POTENCIA REDUZIDA'
C *,0.0,22)
CALL SYMBOL (15.0,22.6,0.20,'NW - POTENCIA REQUERIDA',0.0,23)
C----- MUDA A ORIGEM -----
CALL PLOT (3.5,2.4,-3)
C
C----- TRACA O EIXO DAS ROTACOES -----
CALL NEWPEN (1)
X1MIN = VMIN(XROT)
X1MAX = VMAX(XROT)
CALL ESC1(X1MIN,X1MAX,XROT(102),XROT(103),16.0,10.0
*,IN1,IF1,1,PU1)
CALL AXISF (0.0,0.0,' ',-1,16.0,0.0,XROT(102),XROT(103)
*,IN1,IF1,PU1,1)
C
C----- CALCULA OS MAXIMOS DAS POTENCIAS -----
DO 440 I = 1 , 101
RNR(I) = NR(I,NM,1)
RNW(I) = NW(I,NM,1)
IF(NDIF.EQ.2) RNR(I) = NW(I,NM,2)
C WRITE(7,322) I,RNR(I),RNW(I)
C 322 FORMAT(' I=',I3,' RNR=',F10.4,' RNW=',F10.4)
440 CONTINUE
VNEMAX = VMAX(NE)
VNRMAX = VMAX(RNR)
VNWMAX = VMAX(RNW)
IF(NDIF.EQ.2) VNWRMX = VMAX(RNR)
C
C----- CALCULA O MAXIMOS DOS MAXIMOS -----
YMAX = VNEMAX
IF(YMAX.LT.VNRMAX) YMAX = VNRMAX
IF(YMAX.LT.VNWMAX) YMAX = VNWMAX
IF(NDIF.EQ.2) THEN
IF(YMAX.LT.VNWRMX) THEN
YMAX = VNWRMX
ENDIF
ENDIF
C
C----- CALCULA O MINIMO DE CADA VARIÁVEL -----
VNEMIN = VMIN(NE)
VNRMIN = VMIN(RNR)
VNWMIN = VMIN(RNW)
VNWRMIN = VMIN(RNR)
C
C----- CALCULA O MINIMO DOS MINIMOS -----
YMIN = VNEMIN
IF(YMIN.GT.VNRMIN) YMIN = VNRMIN
IF(YMIN.GT.VNWMIN) YMIN = VNWMIN
IF(NDIF.EQ.2) THEN
IF(YMIN.GT.VNWRMIN) THEN
YMIN = VNWRMIN
ENDIF
ENDIF
IF(YMIN.LT.0.10) YMIN = 0.0
C
C----- COLOCA AS CURVAS DE POTENCIA NA MESMA ESCALA -----
CALL ESC1(YMIN,YMAX,NE(102),NE(103),20.0,10.0,IN2,IF2,0,PU2)
RNR(102) = NE(102)
RNR(103) = NE(103)
RNW(102) = NE(102)
RNW(103) = NE(103)
IF(NDIF.EQ.2) THEN
RNR(102) = NE(102)

```

RNWR(103) = NE(103)

ENDIF

C

```
C---- TRACA O EIXO DE POTENCIA -----
CALL AXIS3 (0.0,0.0,' ',1,20.0,90.0,NE(102),NE(103),2,0.0,0.18,0)
C--- TRACA AS CURVAS DE POTENCIA -----
CALL NEWPEN (2)
CALL LINE (XROT,NE,101,1,0,0)
CALL LINE (XROT,RNR,101,1,0,0)
CALL LINE (XROT,RNW,101,1,0,0)
IF(NDIF.EQ.2) THEN
CALL LINE (XROT,RNWR,101,1,0,0)
ENDIF
```

C

```
C---- ACHA OS PONTOS PARA COLOCACAO DO LABEL DAS CURVAS -----
CALL NEWPEN (5)
YNE = ((NE(101) - NE(102))/NE(103)) - 0.1
YNR = ((RNR(101) - RNR(102))/RNR(103)) - 0.1
YNW = ((RNW(101) - RNW(102))/RNW(103)) - 0.1
IF(NDIF.EQ.2) THEN
YNWR = ((RNWR(101) - RNWR(102))/RNWR(103)) - 0.1
ENDIF
XRX = ((XROT(101) - XROT(102))/XROT(103)) + 0.2
CALL SYMBOL (XRX,YNE,0.22,'NE',0.0,2)
CALL SYMBOL (XRX,YNR,0.22,'NR',0.0,2)
CALL SYMBOL (XRX,YNW,0.22,'NW',0.0,2)
IF(NDIF.EQ.2) THEN
CALL SYMBOL (XRX,YNWR,0.22,'NWR',0.0,3)
ENDIF
CALL PLOT (0.0,0.0,999)
RETURN
END
```

C*****

SUBROUTINE PERFOR

C*****

C SUBROTINA DE PLOTAGEM DAS CURVAS DE FORCA LIQUIDA DE TRACAO E FORCA
C RESISTIVA TOTAL EM FUNCAO DA VELOCIDADE

CHARACTER*5 RCHA

REAL*4 INCL,FROL,HCG,MI,LTOT

COMMON /U\$1/ REND, RDIF, RA, RPM, TOR, RE, TMU

*, GVM, KL, CP, MI, LTOT, LF, HCG, NTRAT

COMMON /U\$3/ CW, AF, RO

COMMON /U\$4/ VEL, FLTR, FRT, FRT0, ACLD, VIO1, TEMPO, SPACE, ACEL

COMMON /U\$6/ NM, NDIF

COMMON /U\$7/ VELMAX,ACLDM,TEMPOM,SPACEM,VELAC

COMMON /U\$8/ INCL, ERT, VIO

COMMON /U\$9/ RCHA

DIMENSION ACLD(110,10,2),TEMPO(1010),SPACE(1010),VIO1(1010)

*,FLTR(110,10,2),VEL(110,10,2),FRT(110,10,2),FRT0(110,10,2)

*,INCL(10,2),RCHA(10,2)

*,YCR1(110),YCR2(110),XVL(110),VIO(110),ERT(110),ACEL(1010)

CALL PLOTS (0.0,0.0,11)

CALL DIAGRA

CALL NEWPEN (3)

CALL SYMBOL (9.4,28.6,0.35,'DIAGRAMA DE PERFORMANCE',0.0,23)

CALL NEWPEN (1)

CALL SYMBOL (9.1,1.4,0.25,'VELOCIDADE (m/s)',0.0,16)

CALL SYMBOL (2.5,10.0,0.25,'FORCA LIQUIDA DE TRACAO (*100 N)'

*,90.0,32)

C MUDA A ORIGEM

CALL PLOT(3.5,2.4,-3)

CALL NEWPEN (1)

C

C TRACA O EIXO DAS VELOCIDADES

XVEMI1 = VMIN(VIO)

XVEMA1 = VMAX(VIO)

XVEMIN = V3MIN(VEL)

XVEMAX = V3MAX(VEL)


```

*,0.0,33)
CALL SYMBOL (10.3,25.8,0.15,'kg',0.0,2)
CALL SYMBOL (2.5,25.6,0.15,'AREA FRONTAL                ':'
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (10.3,25.6,0.15,'m',0.0,1)
CALL SYMBOL (10.46,25.70,0.10,'2',0.0,1)
CALL SYMBOL (2.5,25.4,0.15,'COEFICIENTE AERODINAMICO      ':'
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (2.5,25.2,0.15,'PNEUS                        ':'
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (2.5,25.0,0.15,'RAIO ESTATICO                 ':'
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (10.3,25.0,0.15,'m',0.0,1)
CALL SYMBOL (2.5,24.8,0.15,'COEF.DE AUMENTO DE RAIO DO PNEU ':'
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (10.3,24.8,0.15,'s/m',0.0,3)
CALL SYMBOL (2.5,24.6,0.15,'COEF.DE ATRITO DE ROLAMENTO   ':'
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (2.5,24.4,0.15,'COEF.DE ATR.DE ROL.PROP.A VELOC.:'
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (10.3,24.4,0.15,'s/m',0.0,3)
CALL SYMBOL (2.5,24.2,0.15,'COEF.DE ATRITO ESTATICO       ':'
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (2.5,24.0,0.15,'TEMPO DE MUDANCA DE MARCHA    ':'
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (10.3,24.0,0.15,'s',0.0,1)
CALL SYMBOL (2.5,23.8,0.15,'DISTANCIA ENTRE EIXOS         ':'
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (10.3,23.8,0.15,'m',0.0,1)
CALL SYMBOL (2.5,23.6,0.15,'DISTANCIA DO CG A RODA DIANT.  ':'
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (10.3,23.6,0.15,'m',0.0,1)
CALL SYMBOL (2.5,23.4,0.15,'ALTURA DO CG                 ':'
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (10.3,23.4,0.15,'m',0.0,1)
CALL SYMBOL (2.5,23.2,0.15,'DENSIDADE DO AR               ':'
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (10.3,23.2,0.15,'kg/m',0.0,4)
CALL SYMBOL (11.0,23.30,0.10,'3',0.0,1)
CALL SYMBOL (2.50,22.9,0.15,'TRACAO ':' ,0.0,8)
IF(NTRAT.EQ.1) THEN
CALL SYMBOL (4.00,22.9,0.15,'TRASEIRA',0.0,8)
ELSEIF(NTRAT.EQ.2) THEN
CALL SYMBOL (4.00,22.9,0.15,'DIANTEIRA',0.0,9)
ELSE
CALL SYMBOL (4.00,22.9,0.15,'INTEGRAL',0.0,8)
ENDIF
CALL SYMBOL (12.5,27.3,0.25,'TRANSMISSAO ':' ,0.0,13)
HJ = 26.9
CALL SYMBOL (12.5,HJ,0.20,'DIF. NORMAL ':' ,0.0,13)
CALL SYMBOL (16.3,HJ,0.20,':1',0.0,2)
IF(NDIF.EQ.2) THEN
CALL SYMBOL (17.1,HJ,0.20,'DIF. REDUZIDO ':' ,0.0,15)
CALL SYMBOL (21.3,HJ,0.20,':1',0.0,2)
ENDIF
CALL SYMBOL (12.5,26.5,0.20,'MARCHA',0.0,6)
CALL SYMBOL (16.5,26.5,0.18,'REND.: NR.',0.0,11)
IF(NDIF.EQ.2) THEN
CALL SYMBOL (19.5,26.5,0.18,'RED.',0.0,4)
ENDIF
DO 140 I = 1 , NM
HG = 26.5 - I*0.4
CALL SYMBOL (12.5,HG,0.20,MARCHA(I),0.0,10)
CALL SYMBOL (16.0,HG,0.20,':1',0.0,2)
140 CONTINUE
CALL SYMBOL (12.0,0.7,0.20,'SECAO ':' ,0.0,7)
CALL SYMBOL (16.0,0.7,0.20,'DATA ':' ,0.0,6)

```

```

CALL NEWPEN (3)
CALL PLOT ( 0.0,14.85,3)
CALL PLOT ( 2.0,14.85,2)
CALL PLOT ( 2.0, 0.5,3)
CALL PLOT (20.5, 0.5,2)
CALL PLOT (20.5, 1.2,3)
CALL PLOT ( 2.0, 1.2,2)
CALL PLOT ( 2.0, 0.5,3)
CALL PLOT ( 2.0,29.2,2)
CALL PLOT (20.5,29.2,2)
CALL PLOT ( 6.1,29.2,3)
CALL PLOT ( 6.1,27.7,2)
CALL PLOT ( 2.0,27.7,3)
CALL PLOT (20.5,27.7,2)
CALL PLOT (20.5,29.2,3)
CALL PLOT (20.5, 0.5,2)

```

C LABEL'S VARIAVEIS

```

CALL NEWPEN (2)
CALL SYMBOL (13.5,0.7,0.20,SECAO,0.0,11)
CALL SYMBOL (17.6,0.7,0.20,DATA CR,0.0,8)
CALL SYMBOL (11.9,27.9,0.30,NOME,0.0,30)
CALL SYMBOL (4.5,27.2,0.30,MOTOR,0.0,20)
CALL SYMBOL (4.5,26.7,0.20,CURVA,0.0,16)
CALL NUMBER (8.0,25.8,0.16,GVM,0.0,0)
CALL NUMBER (8.0,25.6,0.16,AF,0.0,2)
CALL NUMBER (8.0,25.4,0.16,CW,0.0,2)
CALL SYMBOL (8.0,25.2,0.16,PNEU,0.0,20)
CALL NUMBER (8.0,25.0,0.16,RE,0.0,3)
CALL NUMBER (8.0,24.8,0.16,CP,0.0,4)
CALL NUMBER (8.0,24.6,0.16,FROL,0.0,4)
CALL NUMBER (8.0,24.4,0.16,CR,0.0,4)
CALL NUMBER (8.0,24.2,0.16,MI,0.0,2)
CALL NUMBER (8.0,24.0,0.16,TMU,0.0,3)
CALL NUMBER (8.0,23.8,0.16,LTOT,0.0,2)
CALL NUMBER (8.0,23.6,0.16,LF,0.0,2)
CALL NUMBER (8.0,23.4,0.16,HCG,0.0,2)
CALL NUMBER (8.0,23.2,0.16,RO,0.0,3)
CALL SYMBOL (16.1,27.3,0.20,CAMB,0.0,30)
CALL NUMBER (15.3,26.9,0.20,RDIF(1),0.0,2)
IF(NDIF.EQ.2)THEN
CALL NUMBER (20.3,26.9,0.20,RDIF(2),0.0,2)
ENDIF
DO 200 I = 1 , NM
HR = 26.5 - I*0.4
CALL NUMBER (14.7,HR,0.20,RA(I),0.0,2)
CALL NUMBER (17.9,HR,0.20,REND(I,1),0.0,2)
IF(NDIF.EQ.2)THEN
CALL NUMBER (19.3,HR,0.20,REND(I,2),0.0,2)
ENDIF

```

200 CONTINUE

C

C----- TRACA O QUADRICULADO SECUNDARIO -----

```

CALL NEWPEN (4)
DO 300 X = 2.9 , 21.9 , 2.0
CALL PLOT ( 3.5, X ,3)
CALL PLOT (19.5, X ,2)
CALL PLOT (19.5,X+1,3)
CALL PLOT ( 3.5,X+1,2)

```

300 CONTINUE

```

DO 310 X = 4.0 , 19.0 , 2.0
CALL PLOT ( X , 2.4,3)
CALL PLOT ( X ,22.4,2)
CALL PLOT (X+1,22.4,3)
CALL PLOT (X+1, 2.4,2)

```

310 CONTINUE

RETURN

END

C*****

SUBROUTINE SCALON

C*****

C SUBROTINA DE PLOTAGEM DO DIAGRAMA DE ESCALONAMENTO DE MARCHAS

C

```

CHARACTER*5 RCHA,CHOR
CHARACTER*8 DATACR
CHARACTER*10 NORMA,MARCHA
CHARACTER*11 SECAO
CHARACTER*16 CURVA
CHARACTER*20 MOTOR,VERSAO,PNEU
CHARACTER*30 NOME,CAMB
CHARACTER*55 OBS1,OBS2
REAL*4 K3,X,FROL,LF,HCG,MI,LTOT
COMMON /U$1/ REND, RDIF, RA, RPM, TOR, RE, TMU
*, GVW, KL, CP, MI, LTOT, LF, HCG, NTRAT
COMMON /U$2/ NORMA,DATACR,SECAO,MOTOR,VERSAO,CURVA,NOME,CAMB,PNEU
*,OBS1,OBS2
COMMON /U$3/ CW, AF, RO
COMMON /U$6/ NM, NDIF
COMMON /U$9/ RCHA
COMMON /U$10/ K3
COMMON /U$11/ RTRMAX
COMMON /U$12/ FROL, CR
DIMENSION K3(110,10,2),XOR(43),YOR(43),RCHA(10,2)
*,CHOR(43),RPM(10),MARCHA(10)
*,RA(10),REND(10,2),RDIF(10),TOR(10),CONS(10),K2(10,2)
DATA MARCHA /'PRIMEIRA :','SEGUNDA :','TERCEIRA :','QUARTA :'
*, 'QUINTA :','SEXTA :','SETIMA :','OITAVA :','NONA :'
*, 'DECIMA :'/

```

C TRACA A MARGEM EXTERNA

```

CALL PLOTS (0.0,0.0,12)
CALL NEWPEN (1)
CALL PLOT ( 0.0, 0.0,3)
CALL PLOT (29.7, 0.0,2)
CALL PLOT (29.7,21.0,2)
CALL PLOT ( 0.0,21.0,2)
CALL PLOT ( 0.0, 0.0,2)

```

C TRACA A MARGEM INTERNA

```

CALL NEWPEN (3)
CALL PLOT (14.85,21.0,3)
CALL PLOT (14.85,19.0,2)
CALL PLOT (29.2,19.0,3)
CALL PLOT ( 0.5,19.0,2)
CALL PLOT ( 0.5, 0.5,2)
CALL PLOT (29.2, 0.5,2)
CALL PLOT (29.2, 1.1,3)
CALL PLOT (10.7, 1.1,2)
CALL PLOT (10.7, 0.5,3)
CALL PLOT (10.7, 6.5,2)
CALL PLOT (29.2, 6.5,2)
CALL PLOT (29.2, 0.5,3)
CALL PLOT (29.2,19.0,2)
CALL PLOT (29.2,17.5,3)
CALL PLOT ( 0.5,17.5,2)
CALL PLOT ( 4.6,17.5,3)
CALL PLOT ( 4.6,19.0,2)
CALL SYMBOL (10.7,18.4,0.35,'DIAGRAMA DE ESCALONAMENTO DE MARCHAS'
*,0.0,36)

```

C

C TRACA O QUADRICULADO PRINCIPAL

```

CALL NEWPEN (1)
CALL SYMBOL (1.2,6.0,0.25,'ROTACAO DO MOTOR (1/s)',90.0,22)
CALL SYMBOL (15.0,17.15,0.22,'VELOCIDADE (m/s)',0.0,16)
DO 100 X = 0.7 , 5.7 , 2.0
CALL PLOT ( 2.7, X ,3)
CALL PLOT (10.7, X ,2)
CALL PLOT (10.7,X+1.0,3)
CALL PLOT ( 2.7,X+1.0,2)

```

100 CONTINUE

DO 104 X = 6.7 , 14.7 , 2.0

CALL PLOT (2.7, X ,3)

CALL PLOT (28.7, X ,2)

CALL PLOT (28.7,X+1.0,3)

CALL PLOT (2.7,X+1.0,2)

104 CONTINUE

DO 150 X = 3.7 , 9.7 , 2.0

CALL PLOT (X , 0.7,3)

CALL PLOT (X ,16.7,2)

IF(X.GE.9.0) GO TO 160

CALL PLOT (X+1,16.7,3)

CALL PLOT (X+1, 0.7,2)

150 CONTINUE

160 DO 170 X = 10.7 , 29.7 , 2.0

CALL PLOT (X , 6.5,3)

CALL PLOT (X ,16.7,2)

IF(X.GE.28.0) GO TO 174

CALL PLOT (X+1.0,16.7,3)

CALL PLOT (X+1.0, 6.5,2)

170 CONTINUE

C

C----- TRACA O QUADRICULADO SECUNDARIO -----

174 CALL NEWPEN (4)

DO 180 X = 1.2 , 5.2 , 2.0

CALL PLOT (2.7, X ,3)

CALL PLOT (10.7, X ,2)

CALL PLOT (10.7,X+1,3)

CALL PLOT (2.7,X+1,2)

180 CONTINUE

DO 190 X = 7.2 , 15.2 , 2.0

CALL PLOT (2.7, X ,3)

CALL PLOT (28.7, X ,2)

CALL PLOT (28.7,X+1,3)

CALL PLOT (2.7,X+1,2)

190 CONTINUE

DO 200 X = 3.2 , 9.2 , 2.0

CALL PLOT (X , 0.7,3)

CALL PLOT (X ,16.7,2)

CALL PLOT (X+1,16.7,3)

CALL PLOT (X+1, 0.7,2)

200 CONTINUE

DO 300 X = 11.2 , 28.2 , 2.0

CALL PLOT (X , 6.5,3)

CALL PLOT (X ,16.7,2)

CALL PLOT (X+1,16.7,3)

CALL PLOT (X+1, 6.5,2)

300 CONTINUE

C

C----- LABEL'S FIXOS

CALL NEWPEN (1)

CALL SYMBOL (13.5,17.7,0.35,'VEICULO :',0.0,9)

CALL SYMBOL (11.1,6.0,0.30,'MOTOR :',0.0,8)

CALL SYMBOL (11.1,5.5,0.22,'CURVA :',0.0,11)

CALL SYMBOL (11.1,4.0,0.30,'CARACTERISTICAS DO VEICULO',0.0,26)

CALL SYMBOL (11.1,3.5,0.20,'PESO BRUTO TOTAL :',0.0,26)

CALL SYMBOL (17.9,3.5,0.20,'kg',0.0,2)

CALL SYMBOL (11.1,3.1,0.20,'AREA FRONTAL :',0.0,26)

CALL SYMBOL (17.9,3.1,0.20,'m',0.0,1)

CALL SYMBOL (18.05,3.25,0.10,'2',0.0,1)

CALL SYMBOL (11.1,2.7,0.20,'COEFICIENTE AERODINAMICO :',0.0,26)

CALL SYMBOL (11.1,2.3,0.20,'PNEUS :',0.0,26)

CALL SYMBOL (11.1,1.9,0.20,'RAIO ESTATICO :',0.0,26)

CALL SYMBOL (17.9,1.9,0.20,'m',0.0,1)

CALL SYMBOL (19.5,6.1,0.25,'TRANSMISSAO :',0.0,13)

HJ = 5.7

CALL SYMBOL (19.5,HJ,0.20,'DIF. NORMAL :',0.0,13)

CALL SYMBOL (23.3,HJ,0.20,'1',0.0,2)


```

IF (XVEM11 .LT. XVEMIN) XVEMIN = XVEM11
IF (XVEM11 .GT. XVEMAX) XVEMAX = XVEM11
CALL ESC1(XVEMIN,XVEMAX,XVL(102),XVL(103),16.0,1.00,INV1,IFV1,0
*,PUV1)
CALL AXESP(0.0,0.0,-1,16.0,0.0,XVL(102),XVL(103),INV1,IFV1
*,PUV1,1,2,1)

```

C

C TRACA O EIXO DA FORÇA LIQUIDA DE TRACAO

```

YFRMIN = V3MIN(FRT)
YFRMAX = V3MAX(FRT)
YFLMIN = V3MIN(FLTR)
YFLMAX = V3MAX(FLTR)
YMIN = YFRMIN
IF(YFLMIN.LT.YFRMIN) YMIN = YFLMIN
YMAX = YFLMAX
IF(YFRMAX.GT.YFLMAX) YMAX = YFRMAX
CALL ESC1(0.0,YMAX,YCR1(102),YCR1(103),20.0,100.0,INF2,IFF2
*,0,PUF2)
CALL AXISF (0.0,0.0,' ',1,20.0,90.0,YCR1(102),YCR1(103),
*INF2,IFF2,PUF2,2)

```

C

C TRACA AS CURVAS DE PERFORMANCE

```

CALL NEWPEN (2)
VIO(102) = XVL(102)
VIO(103) = XVL(103)
ERT(102) = YCR1(102)
ERT(103) = YCR1(103)
CALL LINE (VIO,ERT,101,1,0,0)
XPON = ((VIO(1) - VIO(102))/VIO(103)) + 2.5
YPON = ((ERT(1) - ERT(102))/ERT(103)) - 0.2
CALL SYMBOL (XPON,YPON,0.20,'RESISTENCIA AO DESLOCAMENTO NO PLANO'
*,0.0,36)
RCHA(1,1) = 'I   '
RCHA(2,1) = 'II  '
RCHA(3,1) = 'III '
RCHA(4,1) = 'IV  '
RCHA(5,1) = 'V   '
RCHA(6,1) = 'VI  '
RCHA(7,1) = 'VII '
RCHA(8,1) = 'VIII'
RCHA(9,1) = 'IX  '
RCHA(10,1) = 'X   '
RCHA(1,2) = 'Ir  '
RCHA(2,2) = 'IIr '
RCHA(3,2) = 'IIIr'
RCHA(4,2) = 'IVr '
RCHA(5,2) = 'Vr  '
RCHA(6,2) = 'VIr '
RCHA(7,2) = 'VIIr'
RCHA(8,2) = 'VIIIr'
RCHA(9,2) = 'IXr '
RCHA(10,2) = 'Xr  '
YCR2(102) = YCR1(102)
YCR2(103) = YCR1(103)
DO 250 J = 1 , NDIF
DO 250 L = 1 , NM
DO 200 I = 1 , 101
YCR1(I) = FLTR(I,L,J)
YCR2(I) = FRT(I,L,J)
XVL(I) = VEL(I,L,J)

```

200 CONTINUE

```

IF(J.EQ.2) THEN
CALL NEWPEN (5)
ENDIF
CALL LINE (XVL,YCR1,101,1,0,0)
CALL LINE (XVL,YCR2,101,1,0,0)
XPT = ((XVL(1) - XVL(102))/XVL(103)) - 0.4
YPT = ((YCR2(1) - YCR2(102))/YCR2(103)) - 0.5

```

CALL NUMBER (XFT-1.8,YFT+0.1,0.20,RTRMAX,0.0,1)

CALL SYMBOL (XFT-0.6,YFT+0.1,0.20,'1/s',0.0,3)

CALL PLOT (0.0,0.0,999)

RETURN

END

C*****

SUBROUTINE ACELCR

C*****

C SUBROTINA DE PLOTAGEM DO GRAFICO DE ACELERACAO LIQUIDA DISPONIVEL EM

C FUNCAO DA VELOCIDADE, VELOCIDADE EM FUNCAO DO TEMPO E ESPACO EM

C FUNCAO DO TEMPO.

INTEGER*4 RDEM

REAL*4 FROL,LF,HCG,MI,LTOT

CHARACTER*5 RCHA,CHOR,CAM,AUX

CHARACTER*8 DATA CR

CHARACTER*10 NORMA,MARCHA

CHARACTER*11 SECAO

CHARACTER*16 CURVA

CHARACTER*20 MOTOR,VERSAO,PNEU

CHARACTER*30 NOME,CAMB

CHARACTER*55 OBS1,OBS2

COMMON /U\$1/ REND, RDIF, RA, RPM, TOR, RE, TMU

*, GVW, KL, CP, MI, LTOT, LF, HCG, NTRAT

COMMON /U\$2/ NORMA,DATA CR,SECAO,MOTOR,VERSAO,CURVA,NOME,CAMB,PNEU

*,OBS1,OBS2

COMMON /U\$3/ CW, AF, RO

COMMON /U\$4/ VEL, FLTR, FRT, FRT0, ACLD, VIO1, TEMPO, SPACE, ACEL

COMMON /U\$5/ NE, NR, NM, XROT, XTORQ

COMMON /U\$6/ NM, NDIF

COMMON /U\$7/ VELMAX,ACLDM,TEMPOM,SPACEM,VELAC

COMMON /U\$8/ INCL, ERT, VIO

COMMON /U\$9/ RCHA

COMMON /U\$11/ RTRMAX

COMMON /U\$12/ FROL, CR

DIMENSION VEL(110,10,2),FLTR(110,10,2),FRT(110,10,2)

*,FRT0(110,10,2),ACLD(110,10,2),TEMPO(1010)

*,SPACE(1010),VIO1(1010),ACEL(1010),MARCHA(10),CAM(10,2)

*,REND(10,2),RDIF(10),RA(10),RPM(10),TOR(10),CONS(10)

DIMENSION XVEL(110),XESP(110),YACEL(110),YTEMP(110)

DATA MARCHA /'PRIMEIRA :','SEGUNDA :','TERCEIRA :','QUARTA :'

*, 'QUINTA :','SEXTA :','SETIMA :','OITAVA :','NONA :'

*, 'DECIMA :'/

DATA CAM /' I',' II',' III',' IV',' V',' VI',' VII',

* ' VIII',' IX',' X',' Ir',' IIR',' IIIR',' IVr',' Vr',

* ' VIr',' VIIr',' VIIIR',' IXr',' Xr'/

CALL PLOTS (0.0,0.0,13)

C-----TRACA A FOLHA-----

CALL NEWPEN (1)

CALL PLOT(0.00, 0.00,3)

CALL PLOT(29.70, 0.00,2)

CALL PLOT(29.70,42.00,2)

CALL PLOT(0.00,42.00,2)

CALL PLOT(0.00, 0.00,2)

C-----TRACA OS QUADRICULADOS PRINCIPAIS-----

DO 100 X = 4.5 , 27.5 , 2.0

CALL PLOT (X , 3.0,3)

CALL PLOT (X ,17.0,2)

CALL PLOT (X+1.0,17.0,3)

100 CALL PLOT (X+1.0, 3.0,2)

DO 110 Y = 3.0 , 18.0 , 2.0

CALL PLOT (3.5, Y ,3)

CALL PLOT (27.5, Y ,2)

IF(Y.EQ.17.0) GO TO 116

CALL PLOT (27.5,Y+1.0,3)

110 CALL PLOT (3.5,Y+1.0,2)

116 DO 120 X = 4.5 , 27.5 , 2.0

CALL PLOT (X ,18.5,3)

CALL PLOT (X ,32.5,2)

```

CALL PLOT (X+1.0,32.5,3)
120 CALL PLOT (X+1.0,18.5,2)
DO 130 Y = 18.5 , 33.5 , 2.0
CALL PLOT ( 3.5, Y ,3)
CALL PLOT (27.5, Y ,2)
IF(Y.EQ.32.5) GO TO 131
CALL PLOT (27.5,Y+1.0,3)
130 CALL PLOT ( 3.5,Y+1.0,2)
131 CALL SYMBOL (13.5,38.2,0.35,'VEICULO :',0.0,9)
CALL SYMBOL (1.50,37.4,0.30,'MOTOR :',0.0,8)
CALL SYMBOL (1.50,36.9,0.22,'CURVA :',0.0,11)
CALL SYMBOL (1.50,35.7,0.25,'CARACTERISTICAS DO VEICULO',0.0,26)
CALL SYMBOL (1.50,35.3,0.17,'PESO BRUTO TOTAL : '
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (9.3,35.3,0.17,'kg',0.0,2)
CALL SYMBOL (1.50,35.0,0.17,'AREA FRONTAL : '
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (9.3,35.0,0.17,'m',0.0,1)
CALL SYMBOL (9.45,35.15,0.10,'2',0.0,1)
CALL SYMBOL (1.50,34.7,0.17,'COEFICIENTE AERODINAMICO : '
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (1.50,34.4,0.17,'PNEUS : '
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (1.50,34.1,0.17,'RAIO ESTATICO : '
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (9.30,34.1,0.17,'m',0.0,1)
CALL SYMBOL (1.50,33.8,0.17,'COEF.DE AUMENTO DE RAIO DO PNEU : '
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (9.30,33.8,0.17,'s/m',0.0,3)
CALL SYMBOL (1.50,33.5,0.17,'COEF.DE ATRITO DE ROLAMENTO : '
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (1.50,33.2,0.17,'COEF.DE ATR.DE ROL.PROP.A VELOC.: '
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (9.30,33.2,0.17,'s/m',0.0,3)
CALL SYMBOL (1.50,32.9,0.17,'COEF.DE ATRITO ESTATICO : '
*,0.0,33)
CALL SYMBOL (11.0,37.4,0.17,'TEMPO DE MUDANCA DE MARCHA : '
*,0.0,30)
CALL SYMBOL (17.8,37.4,0.17,'s',0.0,1)
CALL SYMBOL (11.0,37.1,0.17,'DISTANCIA ENTRE EIXOS : '
*,0.0,30)
CALL SYMBOL (17.8,37.1,0.17,'m',0.0,1)
CALL SYMBOL (11.0,36.8,0.17,'DISTANCIA DO CG A RODA DIANT.: '
*,0.0,30)
CALL SYMBOL (17.8,36.8,0.17,'m',0.0,1)
CALL SYMBOL (11.0,36.5,0.17,'ALTURA DO CG : '
*,0.0,30)
CALL SYMBOL (17.8,36.5,0.17,'m',0.0,1)
CALL SYMBOL (11.0,36.2,0.17,'DENSIDADE DO AR : '
*,0.0,30)
CALL SYMBOL (17.8,36.2,0.17,'kg/m',0.0,4)
CALL SYMBOL (18.51,36.35,0.10,'3',0.0,1)
CALL SYMBOL (11.0,35.9,0.17,'TRACAO :',0.0,8)
IF(NTRAT.EQ.1) THEN
CALL SYMBOL (14.5,35.9,0.17,'TRASEIRA',0.0,8)
ELSEIF(NTRAT.EQ.2) THEN
CALL SYMBOL (14.5,35.9,0.17,'DIANTEIRA',0.0,9)
ELSE
CALL SYMBOL (14.5,35.9,0.17,'INTEGRAL',0.0,8)
ENDIF
CALL SYMBOL (19.0,37.1,0.25,'TRANSMISSAO :',0.0,13)
CALL SYMBOL (19.5,36.7,0.20,'DIF. NORMAL :',0.0,13)
IF(NDIF.EQ.2) THEN
CALL SYMBOL (19.0,36.3,0.20,'DIF. REDUZIDO :',0.0,15)
ENDIF
CALL SYMBOL (20.0,35.9,0.20,'MARCHA',0.0,6)
CALL SYMBOL (24.2,35.9,0.18,'REND.: NR.',0.0,11)
IF(NDIF.EQ.2) THEN

```

```

CALL SYMBOL (27.2,35.9,0.18,'RED.',0.0,4)
ENDIF
DO 700 I = 1 , NM
HG = 35.9 - I*0.4
CALL SYMBOL (20.0,HG,0.20,MARCHA(I),0.0,10)
700 CONTINUE
CALL SYMBOL (20.85,1.2,0.20,'SECAO :',0.0,7)
CALL SYMBOL (24.85,1.2,0.20,'DATA :',0.0,6)

```

C LABEL'S VARIAVEIS

```

CALL NEWPEN (2)
CALL SYMBOL (22.35,1.2,0.20,SECAO,0.0,11)
CALL SYMBOL (26.45,1.2,0.20,DATA CR,0.0,8)
CALL SYMBOL (16.6,38.2,0.35,NOME,0.0,30)
CALL SYMBOL (4.00,37.4,0.30,MOTOR,0.0,20)
CALL SYMBOL (4.00,36.9,0.20,CURVA,0.0,16)
CALL NUMBER (7.50,35.3,0.17,GVW,0.0,0)
CALL NUMBER (7.50,35.0,0.17,AF,0.0,3)
CALL NUMBER (7.50,34.7,0.17,CW,0.0,3)
CALL SYMBOL (7.50,34.4,0.17,PNEU,0.0,20)
CALL NUMBER (7.50,34.1,0.17,RE,0.0,3)
CALL NUMBER (7.50,33.8,0.17,CP,0.0,4)
CALL NUMBER (7.50,33.5,0.17,FROL,0.0,4)
CALL NUMBER (7.50,33.2,0.17,CR,0.0,4)
CALL NUMBER (7.50,32.9,0.17,MI,0.0,2)
CALL NUMBER (16.50,37.4,0.17,TMU,0.0,3)
CALL NUMBER (16.50,37.1,0.17,LTOT,0.0,2)
CALL NUMBER (16.50,36.8,0.17,LF,0.0,2)
CALL NUMBER (16.50,36.5,0.17,HCG,0.0,2)
CALL NUMBER (16.50,36.2,0.17,RO,0.0,3)
CALL SYMBOL (22.3,37.1,0.20,CAMB,0.0,30)
CALL NUMBER (22.3,36.7,0.20,RDIF(1),0.0,2)
CALL SYMBOL (23.3,36.7,0.20,':1',0.0,2)
IF(NDIF.EQ.2)THEN
CALL NUMBER (22.3,36.3,0.20,RDIF(2),0.0,2)
CALL SYMBOL (23.3,36.3,0.20,':1',0.0,2)
ENDIF
DO 800 I = 1 , NM
HR = 35.9 - I*0.4
CALL NUMBER (22.4,HR,0.20,RA(I),0.0,2)
CALL SYMBOL (23.7,HR,0.20,':1',0.0,2)
CALL NUMBER (25.6,HR,0.18,REND(I,1),0.0,2)
IF(NDIF.EQ.2)THEN
CALL NUMBER (27.0,HR,0.18,REND(I,2),0.0,2)
ENDIF

```

800 CONTINUE

C -----TRACA A PARTE INTERNA DA FOLHA-----

```

CALL NEWPEN (3)
CALL PLOT( 1.00, 1.00,3)
CALL PLOT(28.70, 1.00,2)
CALL PLOT(28.70,40.00,2)
CALL PLOT( 1.00,40.00,2)
CALL PLOT( 6.00,38.00,3)
CALL PLOT( 6.00,40.00,2)
CALL PLOT(14.85,40.00,3)
CALL PLOT(14.85,42.00,2)
CALL PLOT(28.70,38.00,3)
CALL PLOT( 1.00,38.00,2)
CALL PLOT( 1.00,40.00,3)
CALL PLOT( 1.00, 1.00,2)
CALL SYMBOL(12.0,38.9,0.40,'GRAFICOS DE DESEMPENHO',0.0,22)

```

C -----TRACA O QUADRICULADO SECUNDARIO-----

```

CALL NEWPEN (4)
DO 150 X = 4.0 , 27.0 , 2.0
CALL PLOT ( X , 3.0,3)
CALL PLOT ( X ,17.0,2)
CALL PLOT (X+1,17.0,3)
150 CALL PLOT (X+1, 3.0,2)
DO 160 Y = 3.5 , 16.5 , 2.0

```



```

IF(NDIF.EQ.2) THEN
CALL SYMBOL (24.1,HJ,0.20,'DIF. REDUZIDO :',0.0,15)
CALL SYMBOL (28.3,HJ,0.20,':1',0.0,2)
ENDIF
CALL SYMBOL (21.5,5.3,0.20,'MARCHA',0.0,6)
CALL SYMBOL (25.1,5.3,0.20,'REND.: NR.',0.0,11)
IF(NDIF.EQ.2) THEN
CALL SYMBOL (28.1,5.3,0.20,'RED.',0.0,4)
ENDIF
DO 700 I = 1 , NM
HG = 5.3 - I*0.4
CALL SYMBOL (21.0,HG,0.20,MARCHA(I),0.0,10)
CALL SYMBOL (24.7,HG,0.20,':1',0.0,2)
700 CONTINUE
CALL SYMBOL (20.85,0.7,0.20,'SECAO :',0.0,7)
CALL SYMBOL (24.85,0.7,0.20,'DATA :',0.0,6)
C LABEL'S VARIAVEIS
CALL NEWPEN (2)
CALL SYMBOL (22.35,0.7,0.20,SECAO,0.0,11)
CALL SYMBOL (26.45,0.7,0.20,DATA CR,0.0,8)
CALL SYMBOL (17.2,17.7,0.35,NOME,0.0,30)
CALL SYMBOL (13.6,6.0,0.30,MOTOR,0.0,20)
CALL SYMBOL (13.6,5.5,0.20,CURVA,0.0,16)
CALL NUMBER (16.6,3.5,0.20,GVM,0.0,0)
CALL NUMBER (16.6,3.1,0.20,AF,0.0,2)
CALL NUMBER (16.6,2.7,0.20,CW,0.0,2)
CALL SYMBOL (16.6,2.3,0.20,PNEU,0.0,20)
CALL NUMBER (16.6,1.9,0.20,RE,0.0,3)
CALL SYMBOL (22.8,6.1,0.20,CAMB,0.0,30)
CALL NUMBER (22.3,5.7,0.20,RDIF(1),0.0,2)
IF(NDIF.EQ.2) THEN
CALL NUMBER (27.3,5.7,0.20,RDIF(2),0.0,2)
ENDIF
DO 800 I = 1 , NM
HR = 5.3 - I*0.4
CALL NUMBER (23.4,HR,0.20,RA(I),0.0,2)
CALL NUMBER (26.5,HR,0.18,REND(I,1),0.0,2)
IF(NDIF.EQ.2) THEN
CALL NUMBER (27.9,HR,0.18,REND(I,2),0.0,2)
ENDIF
800 CONTINUE
CALL NEWPEN (1)
CALL PLOT(2.7,0.7,-3)
CALL ORDEM(K3,XOR,YOR,CHOR)
NJK = NM*NDIF*2
CALL ESC1(0.0,XOR(NJK),XOR(NJK+1),XOR(NJK+2),26.0,1.00,INL1,IFL1
*,0,PUG1)
CALL AXESP (0.0,16.0,1,26.0,0.0,XOR(NJK+1),XOR(NJK+2),INL1,IFL1
*,PUG1,1,2,1)
CALL ESK1(0.0,YOR(NJK),YOR(NJK+1),YOR(NJK+2),16.0,10.0,INL2,IFL2
*,0,PUG2)
CALL AXESP (0.0,0.0,1,16.0,90.0,YOR(NJK+1),YOR(NJK+2),INL2,IFL2
*,PUG2,1,2,-1)
CALL NEWPEN (2)
CALL LINE (XOR,YOR,NJK,1,0,0)
CALL NEWPEN (5)
DO 620 K = 2 , NJK , 2
XXPT = ((XOR(K) - XOR(NJK+1))/XOR(NJK+2)) + 0.1
YYPT = ((YOR(K) - YOR(NJK+1))/YOR(NJK+2)) - 0.25
CALL SYMBOL (XXPT,YYPT,0.20,CHOR(K),0.0,5)
620 CONTINUE
CALL NEWPEN (2)
XFT = (XOR(NJK) - XOR(NJK+1))/XOR(NJK+2)
YFT = (RTRMAX - YOR(NJK+1))/YOR(NJK+2)
CALL PLOT (0.0,YFT,3)
CALL PLOT (XFT,YFT,2)
CALL SYMBOL (XFT-7.2,YFT+0.1,0.20,'ROTACAO DE TORQUE MAXIMO =',0.0
*,26)

```

```

CALL SYMBOL (XPT,YPT,0.22,RCHA(L,J),0.0,5)
XPT1 = ((XVL(101) - XVL(102))/XVL(103)) + 0.2
YPT1 = ((YCR2(101) - YCR2(102))/YCR2(103)) - 0.1
CALL NUMBER (XPT1,YPT1,0.22,INCL(L,J),0.0,2)
CALL SYMBOL (XPT1+1.1,YPT1,0.22,'% ',0.0,1)

```

250 CONTINUE

```

CALL PLOT (0.0,0.0,999)
RETURN
END

```

C*****

SUBROUTINE DIAGRA

C*****

C SUBROTINA DE PLOTAGEM DAS MARGENS INTERNA E EXTERNA; PLOTAGEM DOS
C TEXTOS FIXOS E VARIAVEIS

```

CHARACTER*8 DATACR
CHARACTER*10 NORMA,MARCHA
CHARACTER*11 SECAO
CHARACTER*16 CURVA
CHARACTER*20 MOTOR,VERSAO,PNEU
CHARACTER*30 NOME,CAMB
CHARACTER*55 OBS1,OBS2
REAL*4 NE,NR,NW,FROL,LF,HCG,MI,LTOT
COMMON /U$1/ REND, RDIF, RA, RPM, TOR, RE, TMU
*, GVW, KL, CP, MI, LTOT, LF, HCG, NTRAT
COMMON /U$2/ NORMA,DATACR,SECAO,MOTOR,VERSAO,CURVA,NOME,CAMB,PNEU
*,OBS1,OBS2
COMMON /U$3/ CW, AF, RO
COMMON /U$4/ VEL, FLTR, FRT, FRT0, ACLD, VIO1, TEMPO, SPACE, ACEL
COMMON /U$5/ NE, NR, NW, XROT, XTORQ
COMMON /U$6/ NM, NDIF
COMMON /U$8/ INCL, ERT, VIO
COMMON /U$12/ FROL, CR
DIMENSION NE(110),NR(110,10,2),VEL(110,10,2),FLTR(110,10,2)
*,FRT(110,10,2),ACLD(110,10,2),TEMPO(1010),SPACE(1010)
*,FRT0(110,10,2),NM(110,10,2),INCL(10,2),RNR(110),RNW(110)
*,XROT(110),XTORQ(110),RA(10),REND(10,2),RDIF(10),TOR(10),CONS(10)
*,MARCHA(10),RNR(110),RPM(10),ERT(110),VIO(110),ACEL(1010)
DATA MARCHA /'PRIMEIRA :','SEGUNDA :','TERCEIRA :','QUARTA :',
*, 'QUINTA :','SEXTA :','SETIMA :','OITAVA :','NONA :',
*, 'DECIMA :'/

```

C -----TRACA O FRAME EXTERNO-----

```

CALL NEWPEN (1)
CALL PLOT ( 0.0, 0.0,3)
CALL PLOT (21.0, 0.0,2)
CALL PLOT (21.0,29.7,2)
CALL PLOT ( 0.0,29.7,2)
CALL PLOT ( 0.0, 0.0,2)

```

C

C -----TRACA O QUADRICULADO PRINCIPAL -----

```

DO 50 X = 3.4 , 22.4 , 2.0
CALL PLOT ( 3.5, X ,3)
CALL PLOT (19.5, X ,2)
CALL PLOT (19.5,X+1,3)
CALL PLOT ( 3.5,X+1,2)
50 CONTINUE
DO 70 X = 4.5 , 19.5 , 2.0
CALL PLOT ( X , 2.4,3)
CALL PLOT ( X ,22.4,2)
CALL PLOT (X+1,22.4,3)
CALL PLOT (X+1, 2.4,2)
70 CONTINUE

```

C

C----- LABEL'S FIXOS

```

CALL SYMBOL (9.0,27.9,0.30,'VEICULO :',0.0,9)
CALL SYMBOL (2.5,27.2,0.30,'MOTOR :',0.0,7)
CALL SYMBOL (2.5,26.7,0.22,'CURVA :',0.0,7)
CALL SYMBOL (2.5,26.1,0.25,'CARACTERISTICAS DO VEICULO',0.0,26)
CALL SYMBOL (2.5,25.8,0.15,'PESO BRUTO TOTAL :')

```

```

      CALL PLOT ( 3.5, Y ,3)
      CALL PLOT (27.5, Y ,2)
      CALL PLOT (27.5,Y+1,3)
160 CALL PLOT ( 3.5,Y+1,2)
      DO 170 X = 4.0 , 27.0 , 2.0
      CALL PLOT ( X ,18.5,3)
      CALL PLOT ( X ,32.5,2)
      CALL PLOT (X+1,32.5,3)
170 CALL PLOT (X+1,18.5,2)
      DO 180 Y = 19.0 , 32.0 , 2.0
      CALL PLOT ( 3.5, Y ,3)
      CALL PLOT (27.5, Y ,2)
      CALL PLOT (27.5,Y+1,3)
180 CALL PLOT ( 3.5,Y+1,2)
      CALL NEWPEN (2)
      CALL SYMBOL(2.0,8.0,0.25,'TEMPO (segundos)',90.0,16)
      CALL SYMBOL(14.0,2.5,0.25,'ESPACO PERCORRIDO (m)',0.0,21)
      CALL SYMBOL(14.0,18.0,0.25,'VELOCIDADE DO VEICULO (m/s)',0.0,27)
      CALL SYMBOL(2.00,22.0,0.25,'ACELERACAO LIQUIDA DISPONIVEL (m/s )'
*,90.0,36)
      CALL SYMBOL(1.80,30.45,0.15,'2',90.0,1)
      CALL PLOT (3.5,18.5,-3)
      ACLDM = ACLDM*100.0
      CALL ESC1 (0.0,ACLDM,YACEL(102),YACEL(103),14.0,5.00,INI1,IFI1
*,0,PUI1)
      CALL AXESP1(0.0,0.0,1,14.0,90.0,YACEL(102),YACEL(103),INI1,IFI1
*,2.0,1,4,2)
      YACEL(102) = YACEL(102)/100.0
      YACEL(103) = YACEL(103)/100.0
      CALL ESK1 (0.0,VELAC,XVEL(102),XVEL(103),24.0,1.00,INI2,IFI2
*,0,PUI2)
      CALL AXESP (0.0,-0.7,-1,24.0,0.0,XVEL(102),XVEL(103),INI2,IFI2
*,2.0,1,2,-1)
      DO 250 J = 1 , NDI
      DO 250 L = 1 , NM
      XV = VEL(1,L,J)/XVEL(103)+XVEL(102) - 1.0
      YA = ACLD(1,L,J)/YACEL(103)+YACEL(102) + 0.1
      CALL NEWPEN (2)
      CALL SYMBOL (XV,YA,0.20,CAM(L,J),0.0,5)
      CALL NEWPEN (3)
      DO 200 I = 1 , 101
      IF (ACLD(I,L,J) .LT. 0.001)THEN
      YACEL(I) = YACEL(I-1)
      XVEL(I) = XVEL(I-1)
      ELSE
      YACEL(I) = ACLD(I,L,J)
      XVEL(I) = VEL(I,L,J)
      ENDIF
200 CONTINUE
      IF(J.EQ.2) THEN
      CALL NEWPEN (5)
      ENDIF
      CALL LINE (XVEL,YACEL,101,1,0,0)
250 CONTINUE
      CALL PLOT (0.0,-15.5,3)
      CALL PLOT (0.0,-15.5,-2)
      INDSP = 1001
      DO 111 I = 1 , 1001
      INDSP = I
      IF (SPACE(I) .GT. 1200.)GO TO 117
111 CONTINUE
117 INDSP = I - 1
      VIO1(INDSP+1)=XVEL(102)
      VIO1(INDSP+2)=XVEL(103)
      CALL NEWPEN (2)
      CALL ESK1 (0.0,TEMPOM,TEMPO(INDSP+1),TEMPO(INDSP+2),
*14.0,2.0,INI1,IFI1,0,PUI1)
      CALL AXESP (0.0,0.0,1,14.0,90.0,TEMPO(INDSP+1),TEMPO(INDSP+2)

```

```

*,INI1,IFI1,2.0,1,4,1)
SPACE(INDSP+1) = 0.0
SPACE(INDSP+2) = 50.0
INI2 = 0
IFI2 = 1200
PUI2 = 2.0
CALL AXESP (0.0,-0.7,-1,24.0,0.0,SPACE(INDSP+1),SPACE(INDSP+2)
*,0.0,1200,2.0,1,3,-1)
XV = VIO1(INDSP)/XVEL(103)+XVEL(102) -1.5
XS = SPACE(INDSP)/SPACE(INDSP+2)+SPACE(INDSP+1) -1.5
Y = TEMPOM/TEMPO(INDSP+2)+TEMPO(INDSP+1) + .1
CALL NEWPEN (2)
CALL SYMBOL (XV,Y,.20,'V = f(t)',0.0,8)
CALL SYMBOL (XS,Y,.20,'S = f(t)',0.0,8)
CALL NEWPEN (3)
CALL LINE (SPACE,TEMPO,INDSP,1,0,0)
CALL LINE (VIO1,TEMPO,INDSP,1,0,0)
CALL PLOT (0.0,0.0,999)
RETURN
END

```


Li

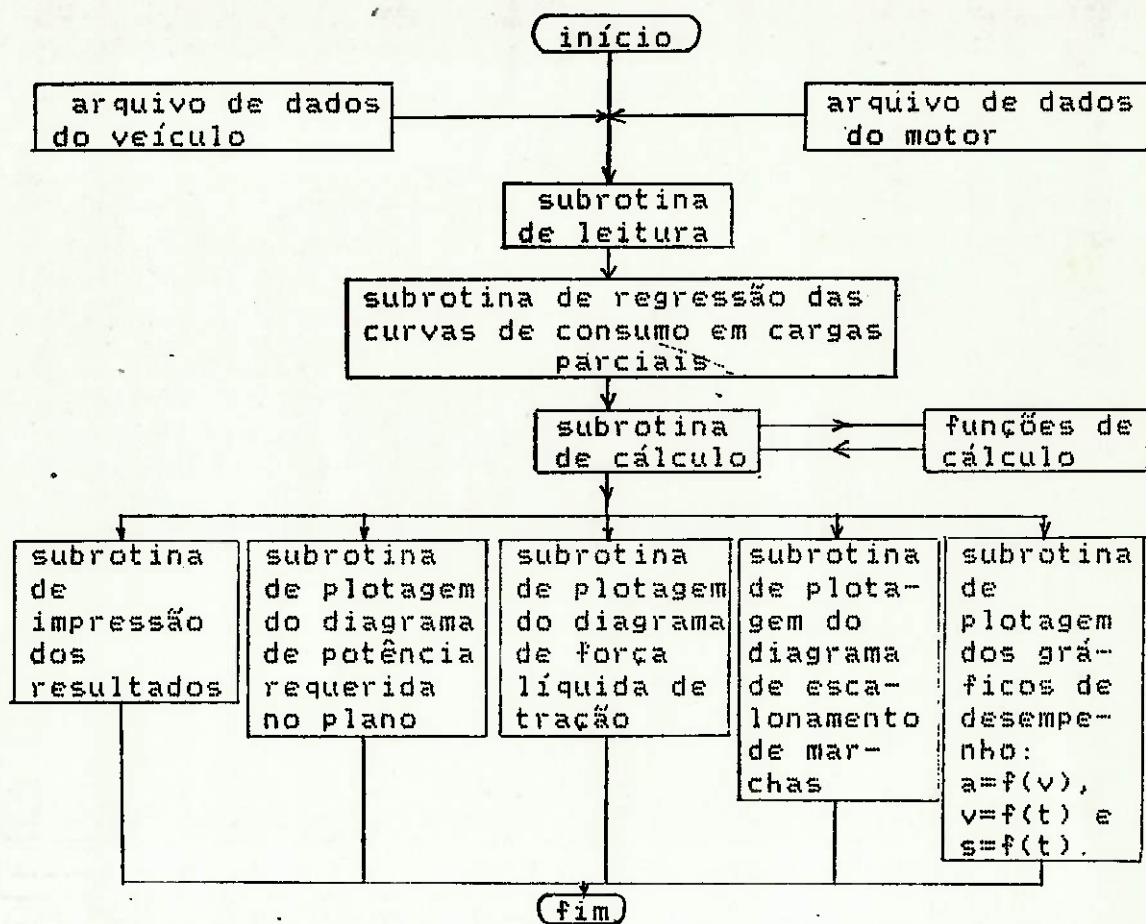
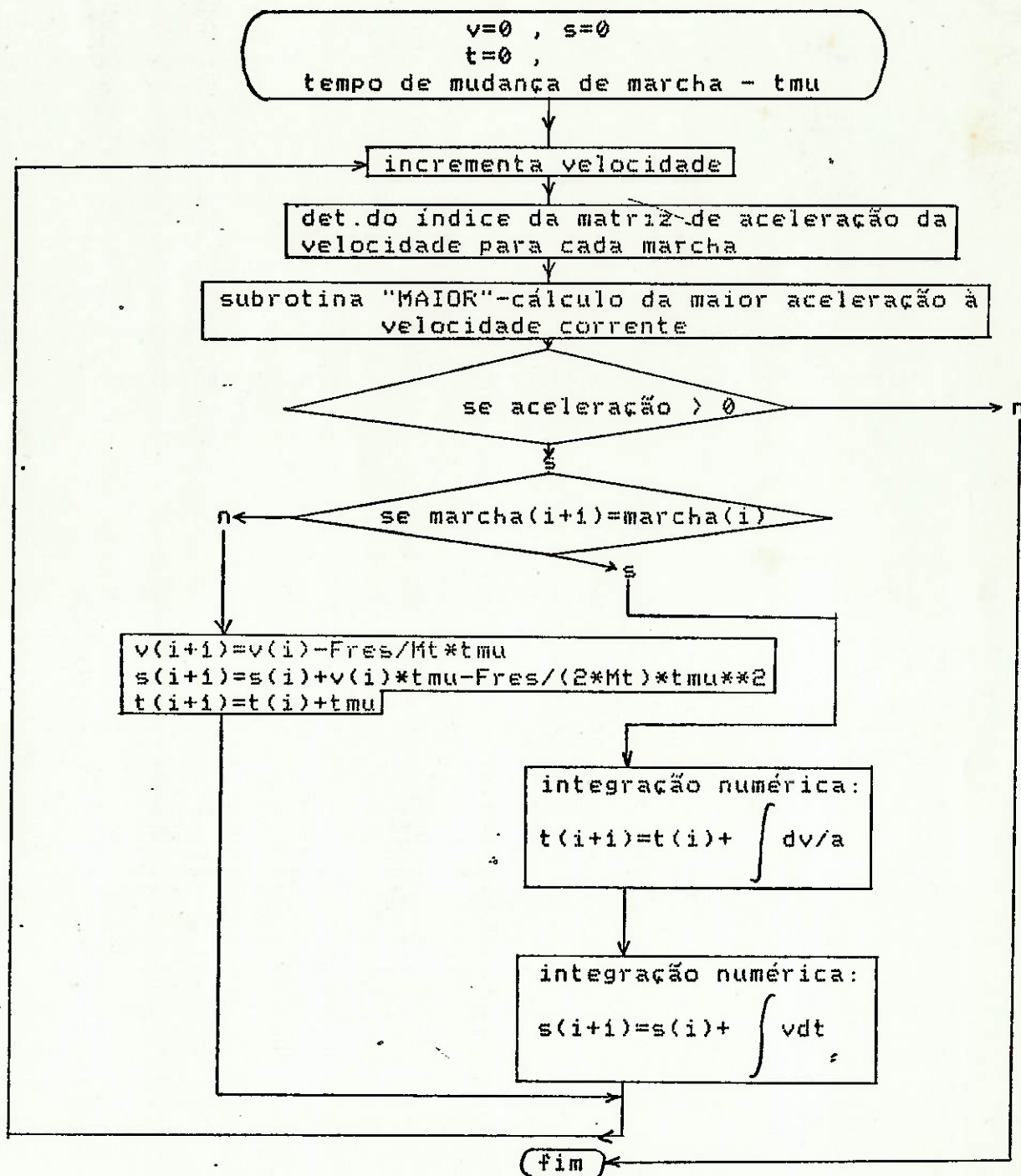


Diagrama de blocos do "looping" de desmembramento
 = cálculo das curvas velocidade e espaço e função do tempo



CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste programa, observamos que o modelamento matemático e os procedimentos de cálculo numérico aqui utilizados foram bastante satisfatórios para a representação do sistema real do veículo, para a simulação do seu desempenho.

Este programa já se encontra em pleno funcionamento na MWM Motores Diesel Ltda, somando-se aos serviços que a MWM oferece para melhor atender às necessidades dos seus clientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - TABOREK, J. J.: Mechanics of Vehicles - coletânea de artigos publicados em Machine Design, 1957.
- 2 - MADUREIRA, O. M., et alli: Previsão de desempenho de veículos com conversor de conjugado e caixa de mudanças automática através de simulação digital - apresentado no segundo CONDET - Congresso de Desenvolvimento Tecnológico de Transportes, 1981.
- 3 - KAPELLEN, D. N.: Computer simulation of the effects of automobile drivetrain variations on fuel economy and emissions, DOT-OS-30112, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53706, 1975.
- 4 - FIGUEIREDO, S. A: Simulação de desempenho e consumo de veículos rodoviários - Laboratório de Motores do IPT, São Paulo, 1983.