

Avaliação dos Possíveis Impactos da Resolução 164/04 do CONTRAN, nas Condições de Tráfego das Rodovias Brasileiras

Prof. Dr. João Alexandre Widmer
Dept. de Eng. de Transportes da EESC-USP

A Resolução nº 164/2003

- Acresce parágrafo único ao art. 1º da Resolução CONTRAN nº 68/98
- O CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN, usando da competência que lhe confere o art. 12, inciso I, da Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro - CTB e conforme Decreto nº 4.711, de 29 de maio de 2003, que dispõe sobre a coordenação do Sistema Nacional de Trânsito – SNT;
- Considerando a evolução tecnológica que permite combinações de veículos com maior Peso Bruto Total Combinado – PBTC sem comprometimento da segurança e da infra-estrutura viária;
- Considerando a necessidade dos órgãos e entidades de trânsito com circunscrição sobre a via procederem à adequação da sinalização ao regulamentado nesta resolução,
- RESOLVE:
- Art. 1º. **Fica acrescido ao art. 1º da Resolução nº 68/98 CONTRAN, parágrafo único com a seguinte redação:**
- "Art. 1º.
- **Parágrafo único. Ficam dispensadas da AET as Combinações de Veículos de Carga – CVC, com Peso Bruto Total Combinado – PBTC, superior a 45 toneladas e até 57 toneladas, desde que atendam aos seguintes requisitos:**
- I. incisos II a VI do art. 2º desta resolução;
- II. máximo de 7 (sete) eixos;
- III. comprimento máximo de 19,80 metros e mínimo de 17,50 metros;
- IV. unidade tratora do tipo cavalo mecânico;
- V. acoplamento com pino rei e quinta roda.
- Art. 2º. A dispensa da Autorização Especial de Trânsito – AET, de que trata esta resolução, se dará após o órgão ou entidade de trânsito com circunscrição sobre a via proceder à adequação da sinalização até, no máximo, 15 de dezembro de 2004.
- Art. 3º. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.
- AILTON BRASILIENSE PIRES
- Presidente
- LUIZ CARLOS BERTOTTO
- Ministério das Cidades – Titular
- RENATO ARAUJO JUNIOR
- Ministério da Ciência e Tecnologia – Titular

Característica dos Bi-trens Brasileiros (3S2B2) de 7 Eixos e 19,80m de Comprimento

Configuração Típica Carregado



- 57 t de PBTC + 5% = 59,85 t
- Uma CVC na faixa de 60t
- Limite de PBTC 26,7% superior ao limite legal anterior de 45 t

Configuração Típica Vazio



- Configuração do cavalo – 6x2
- Sistema de erguimento de eixos em três eixos, incluindo o traseiro do cavalo.

Qualquer Cavalo 6x2 c/ CMT Compatível



- Cavalos novos na faixa de 280-330 CV
- Não existe uma condição legal mínima para a relação tração/peso


Qualquer Cavalo 6x2 c/ CMT Compatível



- Cavalos antigos na faixa de 300-360 CV ou inferior, podem, em princípio, ser utilizados.

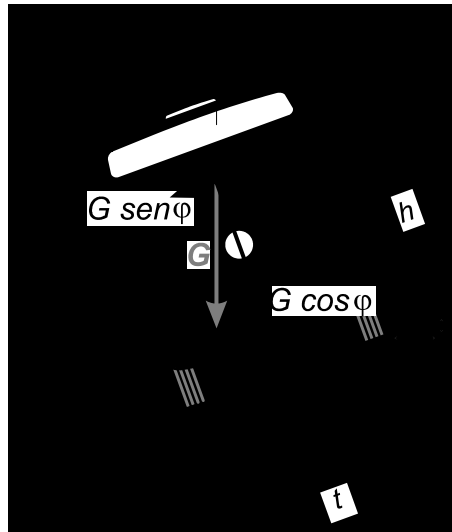
Mercados Alternativos no Granel



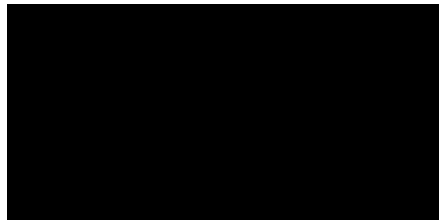
- Configuração do cavalo – 6x2
- Não existe critério para altura máxima do CG  limite baixo para limiar de tombamento (rollover threshold).

Limite Legal de Altura = 4,40m

- Os limites de altura do CG de CVCs não são estabelecidos em regulamentação



Limiar Estático de Tombamento s/ considerar deflexão da suspensão



Características do Mercado

- Mais de 50.000 conjuntos em tráfego.
- Operadores no mercado de distribuição de cargas de elevado peso específico, grãos, combustíveis, e distribuição de bebidas.
- Maiores fabricantes nacionais de implementos rodoviários fabricam da ordem de 70% dos seus produtos na configuração de bi-trens.

Aspectos Positivos da Inovação Tecnológica

Provável substituição progressiva



- Vantagens econômicas
- Melhor estabilidade e controle
- Maior eficiência de frenagem
- Menor índice de deterioração de pavimentos por tráfego

Provável substituição progressiva



- Substituição de unidades tratoras antigas com:
 - baixa relação tração/peso
 - elevada emissão de poluentes
- Melhoria da relação Comprimento/PBTC
 - menor impacto sobre as obras de arte

Aspectos Negligenciados nos
Debates que Resultaram na
Resolução nº 164/2004

Aspectos de Segurança Viária

- O impacto sobre o desempenho de caminhões em aclives longos.
- O impacto sobre o desempenho em declives longos.
- A tração 6x2 e a permissão de sistemas de erguimento de eixos.

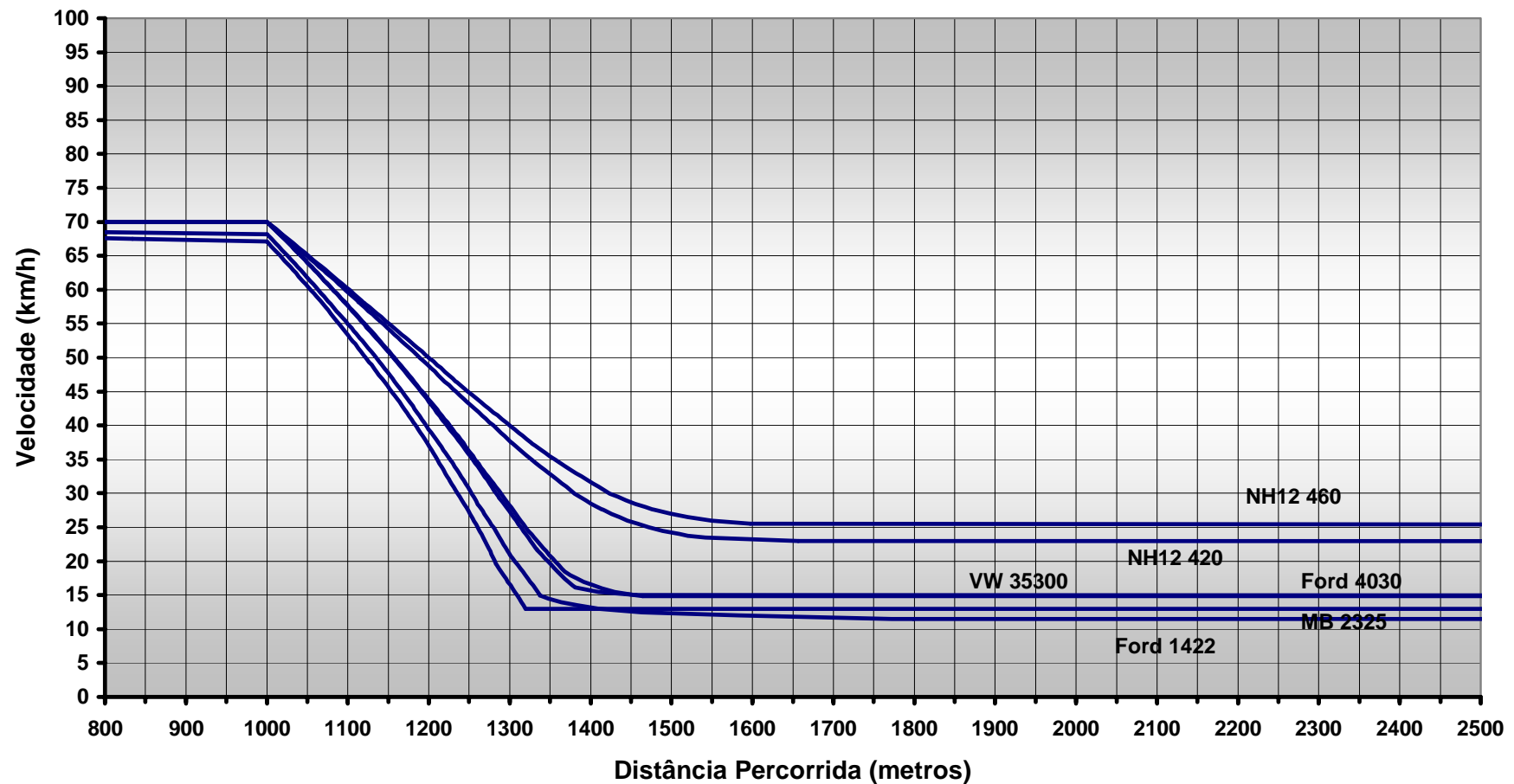
Desempenho em Aclives Longos – Artigo 62 do CTB

Desempenho em aclives longos

- Intuitivo que aumento do limite de 45t para 57t com as mesmas unidades tratoras implica piores características de desempenho.
- Não existe requisito mínimo, a menos da capacidade máxima de tração, a qual não está diretamente correlacionada com a potência do motor, mas sim com a potência do motor e a resistência estrutural do conjunto motriz (acoplamento motor+câmbio+diferencial).
- É possível construir um cavalo com motor de 250 CV e 60t de capacidade máxima de tração e certificá-lo para tracionar um bi-trem de 57t.

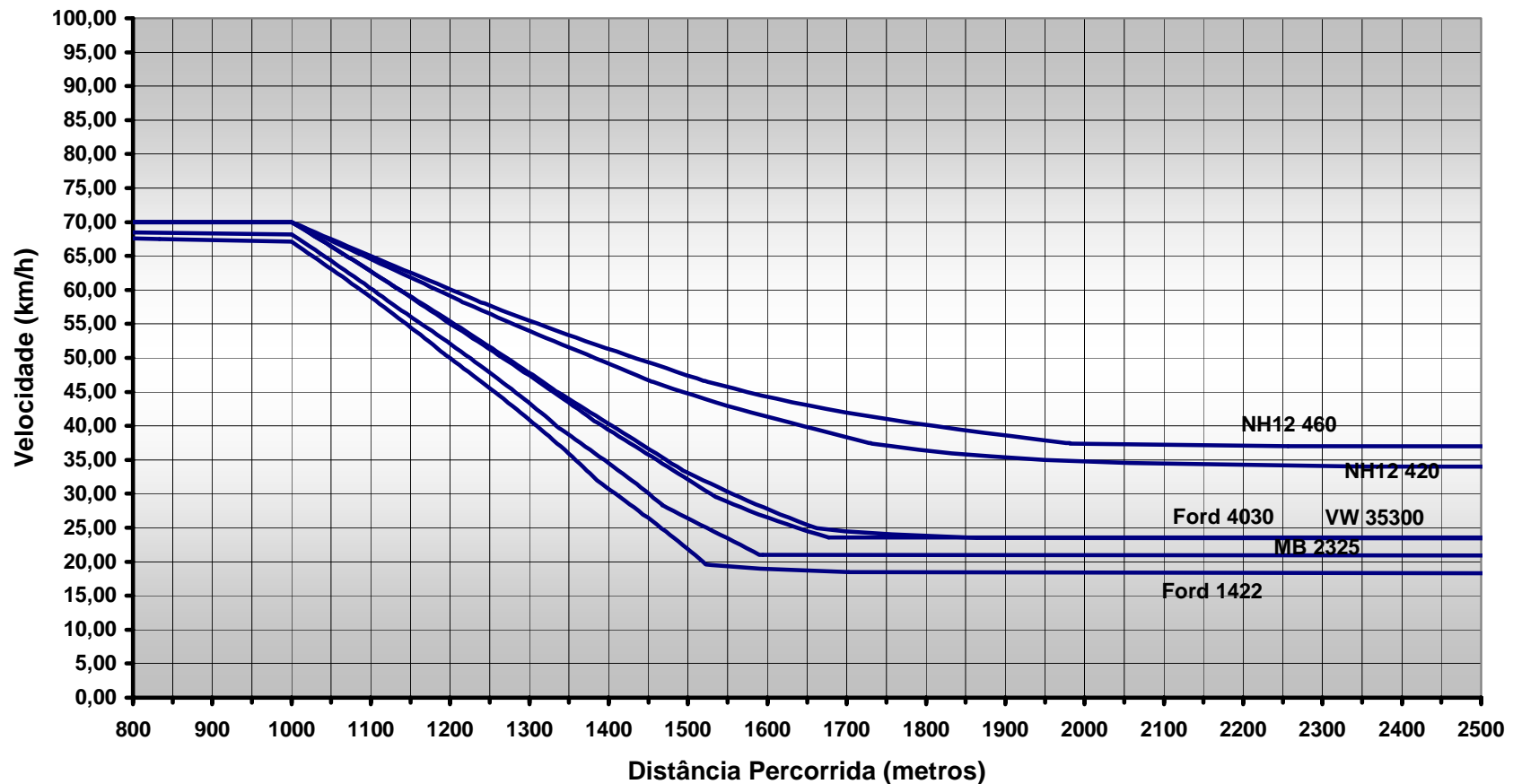
Quadro comparativo de desempenho em um aclive de 6,5%

Variação da velocidade no aclive 6,5%



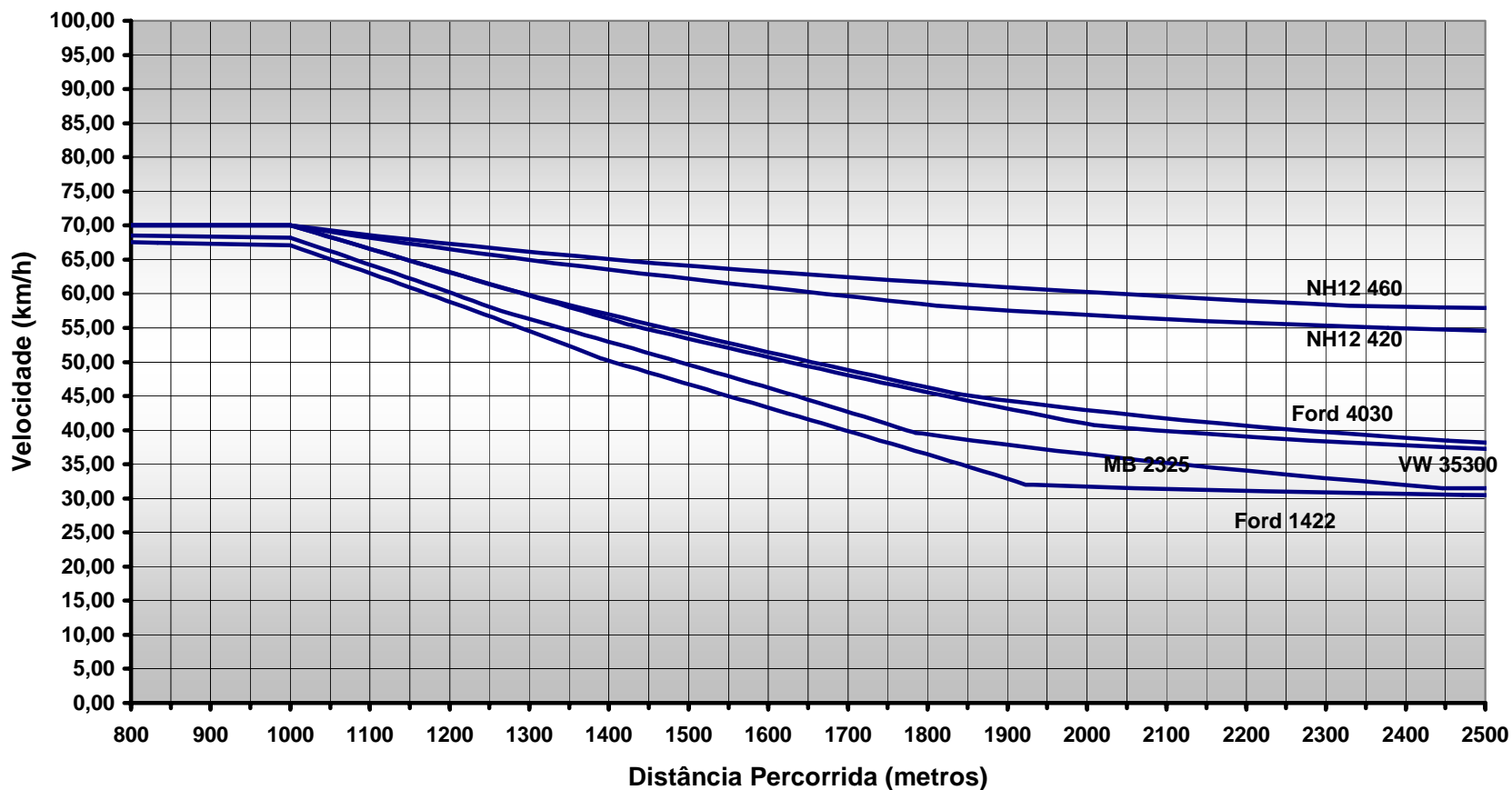
Quadro comparativo de desempenho em um aclive de 4%

Variação da velocidade no aclive 4%



Quadro comparativo de desempenho em um aclive de 2%

Variação da velocidade no aclive 2%



Desempenho em ativos longos

- As diferenças existem e não são desprezíveis em termos de conflitos de tráfego.
- As discussões em torno do assunto têm provocado mudanças favoráveis:
 - A nova família AXOR da MB (Revista Caminhão jul/ago de 2005);
 - O Scania 420 e 460;
 - Os Volvo 420.
- Entretanto existem outras propostas para o mercado que são preocupantes em termos de desempenho em ativo:
 - Fuscas da pesada (Revista Caminhão mai/jun de 2005);
 - Ford 5031 6x4 (Revista Autodata ago2005).
- Outro problema será o uso de cavalos 4x2 antigos, aos quais se adapta um terceiro eixo e pronto. Serão, talvez, em menor número, mas trarão problemas no fluxo de tráfego, em particular nas rodovias de pista simples sem terceira faixa.

Desempenho em Declives Longos –
ECE R13 e NBR 10967/90

X

Resolução nº777/93 (MB3160)

O Critério da ECE R13 Anexo 4 & 5 Teste Tipo IIa e Teste Tipo III e da NBR 10967 baseada na ECE R13

ENSAIO FUNCIONAL EM DECLIVE

- Rampa de 7,0%
- Comprimento de 6,0 km
- Velocidade de equilíbrio com freio motor + dispositivo retardador no conjunto motriz igual a 30 km/h

Potência Requerida

- No Brasil os fabricantes não são obrigados a fornecer dados de curvas de potência de frenagem versus rotação do motor para certificação de unidades tratoras.
- Também não se tem notícia da obrigatoriedade de ensaios de teste de unidades tratoras para as diversas classes de PBTC em função da configuração unidade tratora+ unidade(s) rebocadas, para verificar se satisfazem as condições legais estabelecidas na Res.nº 777.

Potência Requerida

- Pesquisas recentes

Manuel de J. Lucas & João A. Widmer - CARACTERÍSTICAS DE FRENAGEM DA FROTA BRASILEIRA DE CAMINHÕES E CVCs E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A SEGURANÇA E CAPACIDADE DAS VIAS EM DECLIVES LONGOS.

Trabalho agraciado com o Prêmio CNT no Congresso da ANPET 2004, a ser editado no livro: Transporte em Transformação IX, 2005.

Pós doutorado do Dr. Juan Carlos H. Gutiérrez sob a orientação do Prof. Dr. Antonio Carlos Canale – Estudo de Desempenho da Frenagem e do Controle de Velocidade de Descida em Declive Longo e Acentuado no Trecho da Serra do Mar da Rodovia dos Imigrantes de Veículos Comerciais Representativos da Frota Nacional. Rel. Técnico Disponível na biblioteca da EESC-USP, São Carlos, SP.

- Mostram que os Bi-trens de 7 eixos e PBTC máximo legal de 57t (até 59,85 t efetivas), com unidades tratoras sem dispositivo retardador auxiliar, só satisfazem a NBR 10967 (requisitos da ECE 13) se equipados com unidades tratoras de mais de 400 CV de potência nominal.

Tabela de Potência Requerida e Velocidades de Equilíbrio

Caminhão	Pot (cv)	Marchas	Pot. (cv) Frenagem	Pot fren/ Pot máx	Vel. ECE R13	Pot ECE (cv) Frenagem
Ford 1422	218	6	174	0,80	NS	400,51
MB 2325	252	8	202	0,80	NS	400,51
Ford 4030	294	10	235	0,80	NS	400,51
VW 35.300	294	9	235	0,80	NS	400,51
NH 12	420	16	387	0,92	31	400,51
NH 12	460	16	387	0,84	31	400,51

NS = não satisfaz

Potência Requerida

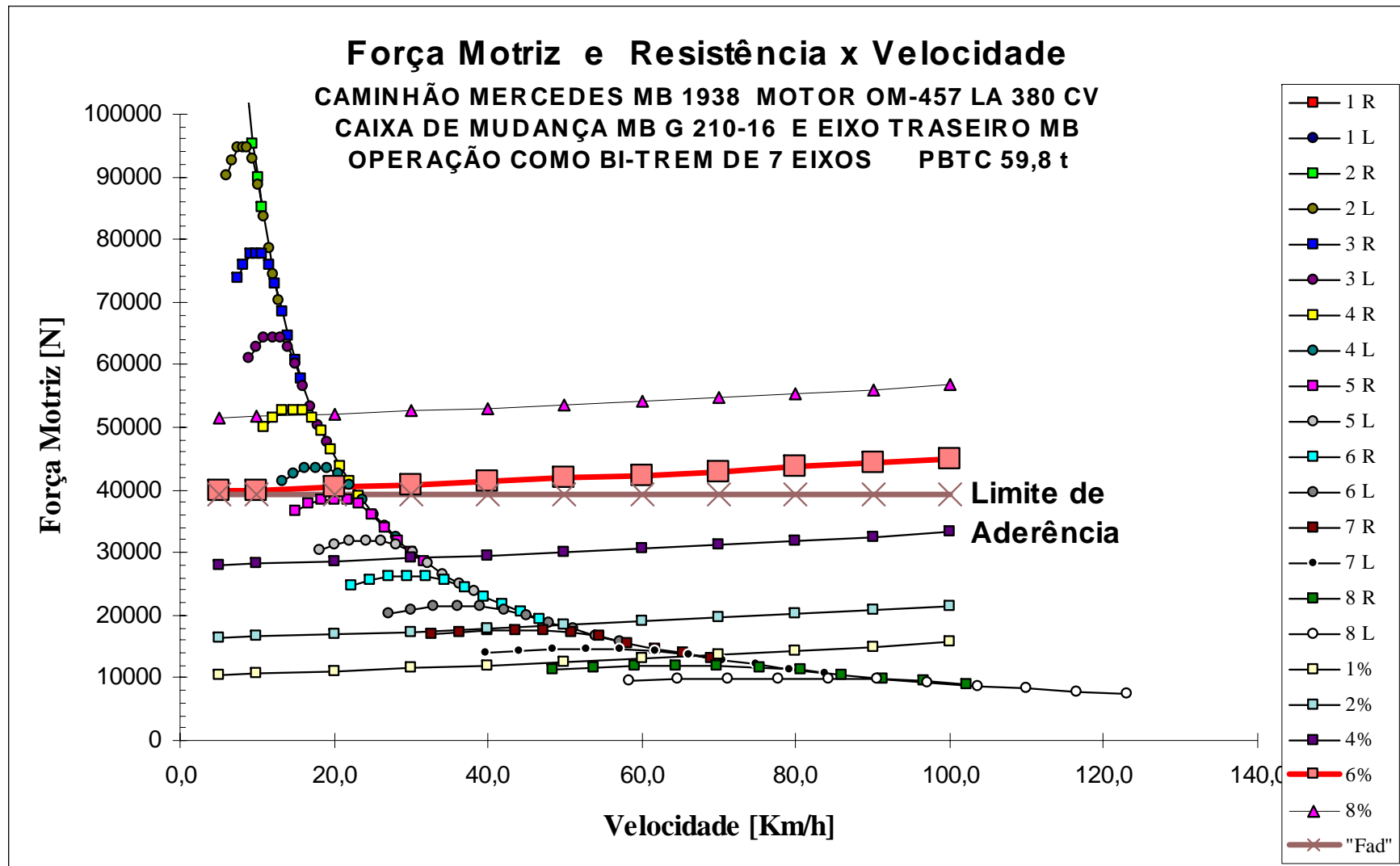
- O trabalho de pesquisa patrocinado pela ARTESP e ECOVIAS desenvolvido sob a coordenação do Prof. Antonio Carlos Canale da EESC – USP, para a certificação caminhões e ônibus que possam utilizar a pista descendente da Rodovia dos Imigrantes no trecho da Serra do Mar, mostra a relevância do assunto.
- Caminhões com potência mais baixa podem, eventualmente, satisfazer o critério da ECE R13, se equipados com dispositivo retardador (“retarder”); não regulamentado ainda no país.

Desempenho de cavalos 6x2 em
tração e frenagem motora numa
CVC de 59,8 t

Um Breve Exercício de Cálculo:

- Bi-trem de 7 eixos vazio em rodovia com pista escorregadia e Fator de Aderência $F_a = 0,45$ em rampa de 6% conforme especificado na Res. N° 68/98, modificada pela Res. N° 164/2004.
- Tandem duplo de um cavalo MB 1938 6x2
CMT = 80.000 kg (http://www.mercedes-benz.com.br/dados_tecnicos/cad_dadost_desempenho.asp?id=227&nm_categoria=Caminhões-Extrapesados&nm_cat_modelo=1938%20S%206x2&dt_atualizacao=7/7/2004)
- Peso no tandem com plena carga 17.850 kg
- Peso aderente se houver distribuição equitativa no tandem duplo do eixo traseiro = 8.925 kg
ou $8925 \times 9,81 = 87.554 \text{ N}$
- $F_{\text{aderente}} = 87.554 \times 0,45 = 39.399 \text{ N}$

Curva de esforço trator e resistência X velocidade para o MB 1938 S 6x2



Análise dos Resultados

- Um cavalo 6x2 no limite de carga legal não satisfaz a condição legal imposta no Art.2º da Res nº 68/98.
- VIII - as condições de tráfego das vias públicas a serem utilizadas.
 - § 1º. A unidade tratora dessas composições deverá ser dotada de tração dupla, ser capaz de vencer aclives de 6%, com coeficiente de atrito pneu/solo de 0,45 , uma resistência ao rolamento de 11 kgf/t e um rendimento de sua transmissão de 90%.
 - § 2º. Nas Combinações com Peso Bruto Total Combinado - PBTC de no máximo 57 t o cavalo mecânico poderá ser de tração simples e equipado com 3º. eixo, respeitados os outros limites previstos no § 1º. [\(Veja alteração introduzida pela Resolução 76/98\)](#)
- Art. 1º Res nº 76/98 –
- O § 2º do art. 2º da Resolução nº 68/98-CONTRAN passa a vigorar com a seguinte redação:
- *Nas Combinações com Peso Bruto Total Combinado - PBTC de no máximo 57t, o cavalo mecânico poderá ser de tração simples e equipado com 3º eixo, respeitados os outros limites previstos no § 1º e, a Autorização Especial de Trânsito- AET expedida pelos Órgãos Executivos Rodoviários terá validade em todas as vias de suas respectivas circunscrições.*

Análise dos Resultados

- Ao se aceitar uma condição muito marginal, conforme foi mostrado, torna-se a CVC mais insegura, pois condições de aderência como as especificadas são comuns nas rodovias em condições de pista molhada.
- Em condições de tráfego em estradas não pavimentadas, que representam mais de 90% da malha viária brasileira, onde as condições de segurança também devem ser asseguradas pelo poder público, fatores de aderência da ordem de 0,45 são comuns, mesmo em pista seca.

Análise dos Resultados

- É por essa razão que “B-trains” com PBTC acima de 45t no Canada e na Australia só podem ser tracionados por “Prime Movers” ou “Truck Tractors” na configuração 6x4.
- No Brasil permite-se um sistema automático de erguimento de eixos no cavalo, o qual é utilizado pelo motorista para transferir maior carga ao eixo trator do cavalo 6x2 em condições de pista molhada ou em estradas de terra.

Possíveis Desdobramentos da Autorização Irrestrita contida na Res. N^o 164/2004

Possíveis Desdobramentos

- O impacto sobre o mercado de transporte de carga fracionada – baús e “siders” se o limite de 25m, já tolerado com poucas restrições no Estado de São Paulo, se estender para todo o território nacional.
- Novas tecnologias que surgirão se o Bi-trem de 25m for autorizado no território nacional.

Bi-trem de 7 eixos Australiano



- Caminhão de 40 paletes (25m)
- Comprimento 25m – tráfego diurno

Bi-trem de 7 eixos Australiano



- Configuração diferente dos eixos – compartimentos não têm comprimentos iguais.
- Condição imposta para certificação em termos de estabilidade e controle.

Bi-trem de 7 eixos Australiano



- Configuração de Cegonheiro + favorável em termos sobrelargura do que cegonheiros brasileiros atuais c/ maior capacidade de carga

Bi-trem de 8 eixos Canadense



- Configuração de “hopper”de granel sólido (25m)

Bi-trem de 9 eixos Australiano



- Configuração Porta-Contêiner (25m; 62,5t; 650 CV)

Considerações Finais

Considerações Finais

- A legislação, na forma em que foi proposta, não favorece o advento de uma nova geração tecnológica de caminhões que contribuam para um aumento da segurança viária.
- Perdeu-se uma grande oportunidade de incorporar uma especificação de relação mínima de tração/peso que favoreceria velocidades mínimas em aclives.
- Sem dispositivo retardador auxiliar, a vasta maioria dos Bi-trens em circulação não satisfazem as condições de frenagem motora estabelecidas nas Normas Técnicas Brasileiras incorporadas na Res. N° 777 do CONTRAN

Considerações Finais

- Perdeu-se uma grande oportunidade de incorporar tecnologias como ABS, válvulas de compensação de carga e suspensões pneumáticas.
- As limitações da tração 6x2 são notórias e mostram as condições adversas de perda de tração em aclives e de frenagem motora em declives de rodovias pavimentadas em condições de pista molhada.
- Apesar do expressivo número de bi-trens com tração 6x2 em circulação o assunto talvez deva ser re-apreciado, à luz de evidências técnicas e da prática em países onde prevalecem critérios mais rígidos de segurança viária.

Considerações Finais

- O advento de bi-trens de 7 eixos no segmento de carga fracionada deverá ocorrer na medida em que um maior número de CVCs de 25m do tipo Rodotrem de 9 eixos circulem nas rodovias brasileiras.
- Como corolário eventualmente um bi-trem de 6 eixos para cargas de muito baixa densidade será economicamente atraente.
- Como outra consequência desse cenário, na carga a granel os Bi-trens de 7 eixos serão complementados por Bi-trens de 8 e 9 eixos.
- No caso de CVC's com PBTC maior que o Bi-trem de 7 eixos, unidades tratoras 6x4 com potência na faixa de 550 a 650 CV serão necessárias para assegurar velocidades mínimas e condições de frenagem motora, à semelhança do requerido na Austrália e Canadá.

Considerações Finais

- Talvez no próximo passo, que será o de liberar comprimentos de até aproximadamente 25m nas rodovias brasileiras, algumas considerações técnicas relevantes possam ser incluídas na legislação.
- A inclusão ou não de critérios técnicos que possam elevar a segurança de trânsito das CVCs nas rodovias brasileiras dependerá das articulações entre transportadores, fabricantes de unidades tratoras e fabricantes de unidades rebocadas, e, quem sabe, das autoridades com jurisdição sobre as vias.

Muito obrigado pela oportunidade de expressar o meu ponto de vista !!

widmer@sc.usp.br