

Projeto Técnico de Combinação de Veículos de Carga - CVC

RESOLUÇÃO Nº 211 DE 13 DE NOVEMBRO DE 2006

Lei federal nº 5194/66

RIO DO SUL SERVICO E TRANSPORTE LTDA

IZO5E08

VOLVO / FH 540 6X4T 100



Milson PGJ

MILSON PEDRO GONÇALVES JUNIOR

Engenheiro Mecânico

CREA: 25628-D-GO

REGISTRO NACIONAL: 14508300

MILSON PEDRO GONÇALVES JUNIOR

Engenheiro Mecânico

CREA: 25628-D-GO

REGISTRO NACIONAL: 14508300

1. Descrição do Projeto de Combinação de Veículos de Carga - CVC

O projeto apresentado nesse documento foi elaborado conforme resolução do Conselho Nacional de Transito - CONTRAN, N° 211 de 2006, que estabelece os requisitos necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga - CVC. A combinação é descrita na Tabela 1 e apresenta PBTC de 74 toneladas e 26 metros de comprimento.

Tabela 1 - Descrição de Veículos de Carga - CVC

TIPO DE COMBINAÇÃO	PBTC	COMPRIMENTO
CAMINHÃO-TRATOR-SEMIREBOQUE+REBOQUE	74 toneladas	26 metros
UNIDADES	IDENTIFICAÇÃO	
Unidade Tratora	IZ05E08	

2. Modelo Dinâmico da Combinação para Simulação - DEMARCHI (2001)

O modelo empregado para os cálculos foi desenvolvido conforme Demarchi (2001). Os dados de entrada do programa computacional desenvolvido para resolver essa esquações são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros de Projeto da Composição de Veículos de Carga - CVC

Parâmetros de Projeto conforme Resolução 211/2006	
u - Coeficiente de atrito estático	0,45
i - Rampa/Aclive a ser vencida pela CVC	6%
nt - RentdimentoTransmissão	0,9
Parâmetros da Composição	
P - Potência máxima	397 Kw
Tm - Torque máximo	265 KgfM
Mta - Massa Sobre o Eixo de Tração	17.000 Kg
Lab - Distância entre eixos da Unidade Tratora	6,33 metros
Lbc - Distância entre eixos do Semi-Reboque	9,69 metros
Lcd - Distância entre eixos do Reboque	7,6 metros
PBTC	74 toneladas
Ic - Redução máxima na caixa de mudança	14,94
Id - Redução no eixo de transmissão	3,8
Velocidade máxima de Combinação - CVC	80Km
Peso da carga (KG)	49.330

3. Cálculo demonstrativo da capacidade da unidade tratora de vencer rampa de 6%

Conforme Equações apresentadas na resolução 211/2006, seguem os cálculos da Capacidade da Unidade Tratora vencer rampa de 6%. Os parâmetros de projetos são apresentados na Tabela 2.

3.1 Força disponível nas rodas:

F_r	- Força sobre as rodas [kgf]
T_m	- Torque máximo do motor [kgf.m]
i_c	- Redução máxima na caixa de mudança
i_d	- Redução no eixo de transmissão
R_d	- Raio da roda [m]
P	- Peso sobre o eixo de tração [kgf]
u	- Fator de atrito estático

$$F_r = \frac{T_m \times i_c \times i_d \times 0,9}{R_d}$$

$$F_r = \frac{265 \times 14,94 \times 3,8 \times 0,9}{0,521} = 25.988,718 \text{ Kgf}$$

3.2 Força máxima de atrito estático:

F_{ad}	- Força de atrito máxima [kgf]
P	- Peso sobre o eixo de tração [kgf]
u	- Fator de atrito estático

$$F_{ad} = P \times u$$

$$F_{ad} = 17.000 \times 0,45 = 7.650 \text{ Kgf}$$

3.3 Força de Tração máxima efetiva:

Como a força disponível na roda é maior que a força de atrito estático, a força efetiva será a de atrito F_{ad} :

$$F_r > F_{ad} \quad \Rightarrow \quad F_t = 7.650 \text{ Kgf}$$

3.4 Aclive máximo

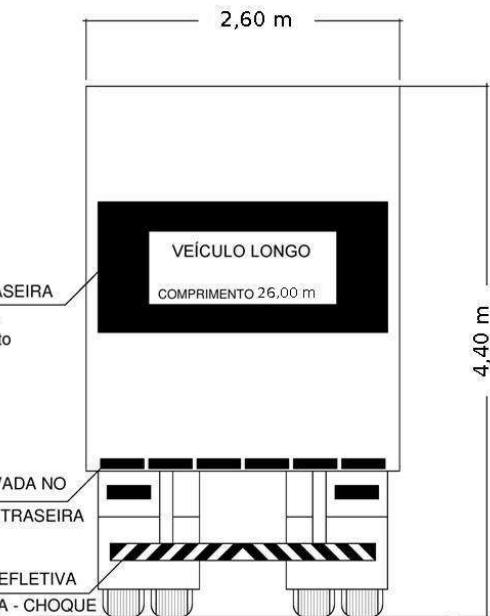
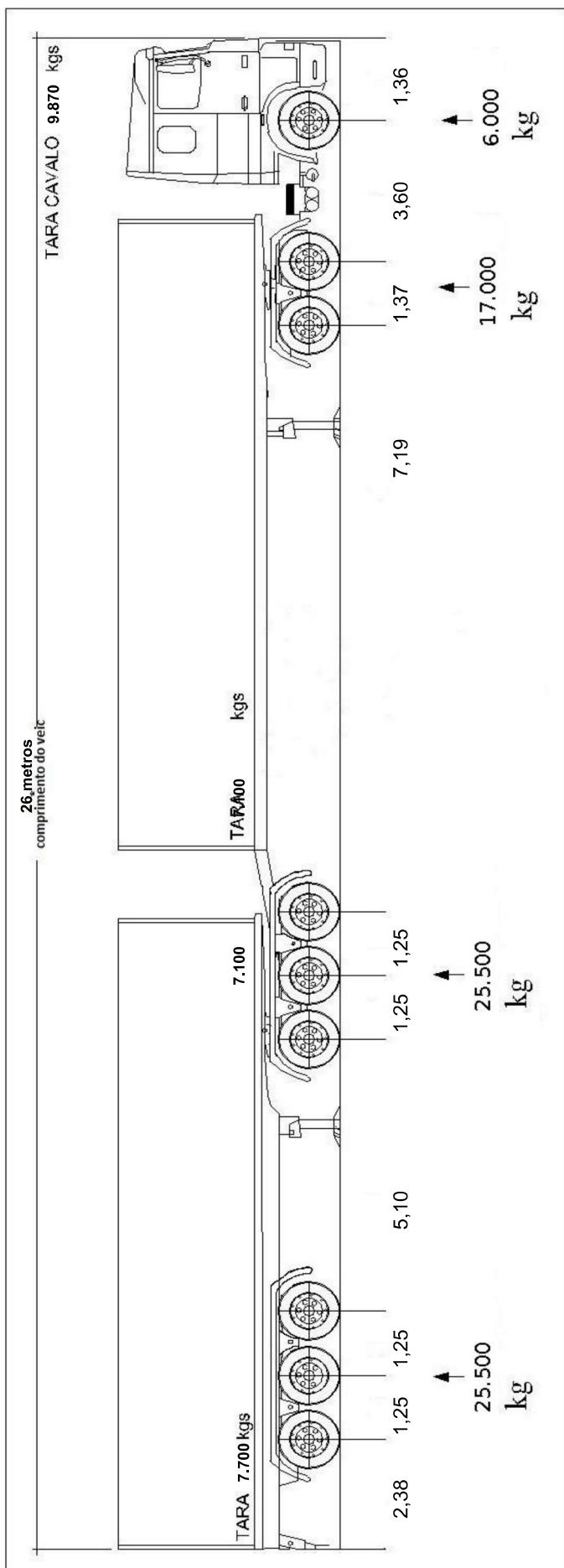
i	- Aclive/rampa [%]
F_t	- Força efetiva máxima de tração [kgf]
G	- Massa total da CVC [Ton]
R	- Resistência ao Rolamento [11 kgf/Ton]

$$i = \frac{F_t}{10 \times G} - \frac{R}{10}$$

O aclive que a Unidade Tratora pode vencer é 9,238% que é maior que o estabelecido pela resolução 211:

$$i = \frac{7.650}{10 \times 74} - \frac{11}{10} = 9,238 > 6,0\%$$

4. Planta dimensional da Combinação CVC



DADOS TÉCNICOS

Veículo-trator: VOLVO / FH 540 6X4T 100
Pôtencia: 540 CV
Cmt: 100 t
PBTC do Conjunto: 74 ton
Pneus: Radiais 295R 22,5*
Sistema de freio pneumático: Resolução CONTRAN 777/93
Sistema de acoplamento dos veículos rebocados: conforme NBR
Sistema de acoplamento dos veículos articulados: Do tipo pino-rei e quinta roda disposto na NBR NM/ ISO 337
Sistema de iluminação: Resolução CONTRAN 227/09
Lanternas laterais a cada 3 metros/ faixa refletivas

5. Gráfico demonstrativo das velocidades que a unidade tratora da composição é capaz de desenvolver para aclives de 0 a 6%

A velocidade desenvolvida pela composição CVC em função do acente, calculada para aclives até 6% conforme resolução. No Anexo I é apresentada a memória de cálculo empregada nos resultados apresentados na Figura 1.

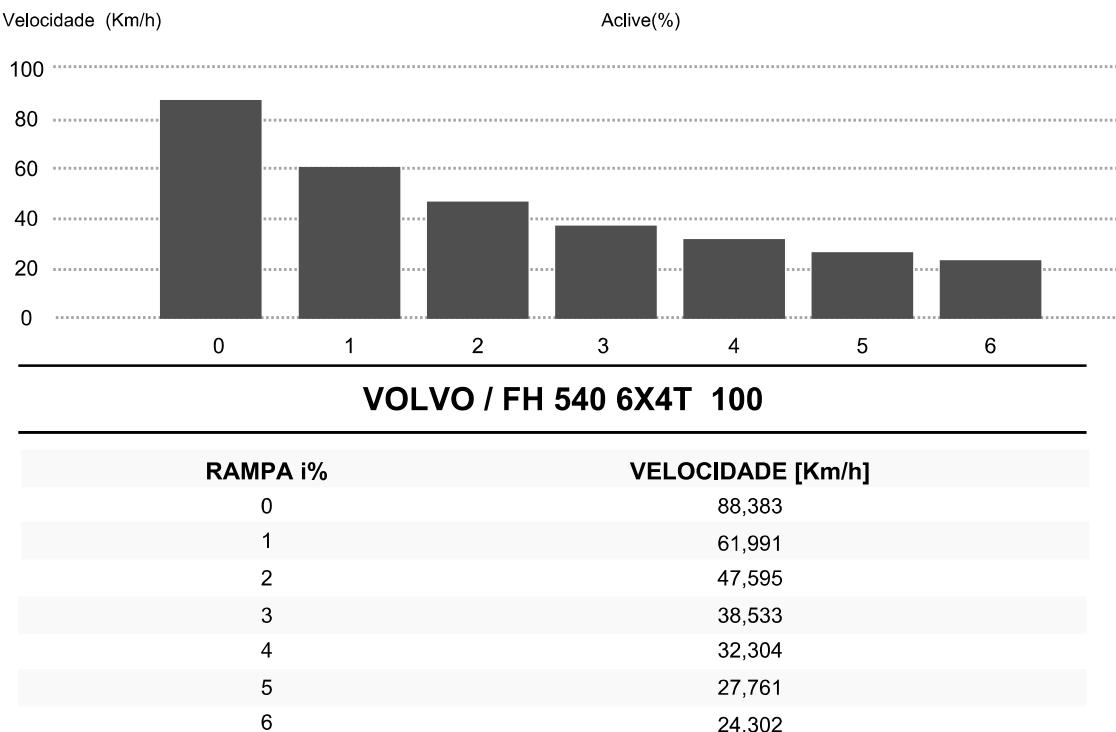


Tabela 3 - Velocidade desenvolvida [km/h] em função da rampa [%] de um acente.

6. Capacidade de frenagem

Para se determinar a distância mínima de frenagem de um veículo utilizamos a expressão seguinte:

$$0,5 \times m \times v^2 = P \times u \times df$$

onde:

g = Aceleração da gravidade
 m = Massa da composição
 v = Velocidade do veículo

P = Peso da composição(kg)
 u = Coeficiente de atrito (asfalto)
 df = Distância mínima da frenagem (m)

Portanto vamos determinar a distância mínima de frenagem de uma composição com 74 t de PBTC, trafegando em uma esteada de asfalto a 80km/h

$$m = \frac{p}{g} \quad m = \frac{74.000}{9,81} \quad m = 7.543,323 \quad v = (80 \times 3,6)^2 = 493,83$$

$$\text{temos: } 0,5 \times 7.543,323 \times 493,83 = 74.000 \times 0,8 \times df \quad df = 31,462 \text{ m}$$

Porem a distância de frenagem vai obedecer a aceleração estimada em: 5,3m/s²

$$s = v_0 \times t - 0,5a \times t^2$$

onde:
 s = Distância percorrida
 v_0 = Velocidade inicial
 v = Velocidade final

t = Tempo até parar
 a = Desaceleração (estimado de acordo com a marda do veículo)

calculando o tempo de parada do veículo:

$$v = v_0 + a \times t \\ 0 = 80/3,6 - 5,3 \times t$$

$$t = \frac{22,2222}{5,3} \quad t = 4,19s$$

substituindo a equação:

$$s = 22,2222 \times 4,19 - 0,5 \times 5,3 \times (4,19)^2$$

$$s = 46,58737$$

Portanto, podemos considerar que a distância de frenagem para o veículo em questão é de 46,58 desde que em bom estado de conservação.

7. Desenho de arraste e varredura, conforme norma SAE J695b, acompanhado do respectivo memorial de cálculo

MEMORIAL DE CÁLCULO DE ARRASTE E VARREDURA

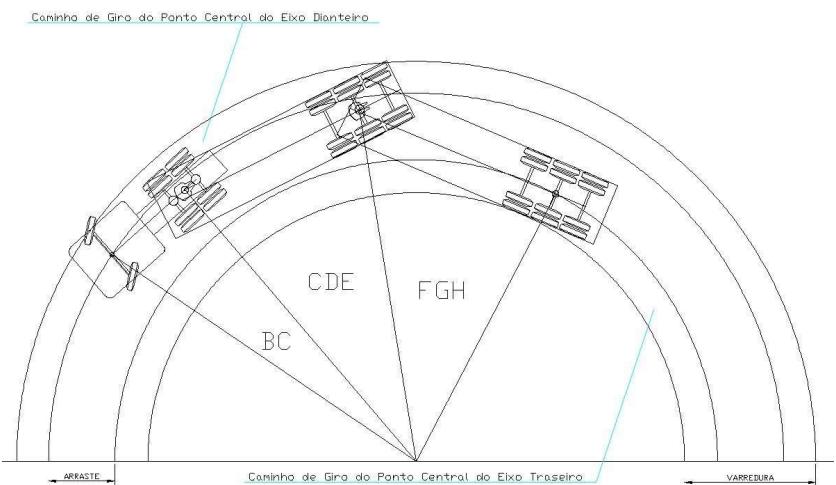
Apresentamos o memorial de cálculo de arraste e varredura da CVC conforme o desenho da planta dimensional.

- Cálculo de arraste conforme norma SAE J695, que representa uma evolução da norma SAE J695b, e nos da valores menos favoráveis e a favor da segurança;
- Medidas entre o centro de conjunto de eixos;
- Para o cálculo da varredura será considerado a largura mais desfavorável, ou seja $L = 2,6 \text{ m}$ do último semi-reboque;
- Largura de faixa de tráfego no mínimo igual a 3,50m

CVC - FH 540 6X4T 100

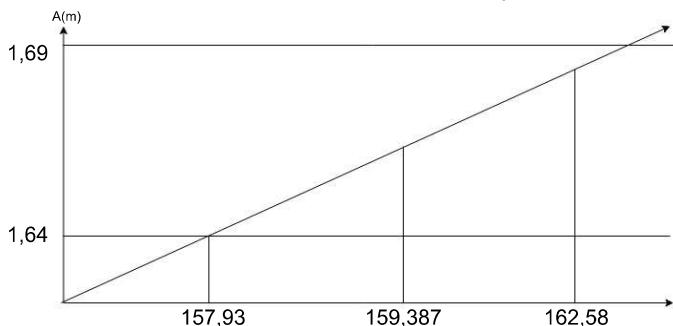
Arraste para um raio $R=50,29$ e $R=76,20\text{m}$

	$L(\text{m})$	$L^2(\text{m})^2$
BC	4,285	18,361
CDE	9,125	83,266
FGH	7,6	57,76
TOTAL: 159,387		



$R= 50,29$

O valor $L^2 (\text{m})^2$ encontrado é um valor contido no intervalo $157,93 \text{ m}^2$ no $A=1,64 \text{ m}^2$ à $162,58 \text{ m}^2$ no $A=1,69 \text{ m}$, da tabela 2 da norma SAE J695, o valor do arraste para o raio indicado é obtido por interpolação:



$$\frac{ABC}{AB} = \frac{ADE}{AD} \quad \frac{CB}{AB} = \frac{ED}{AD} = ED$$

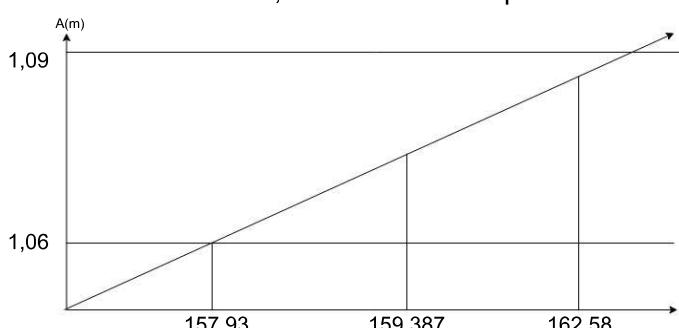
Logo arraste (A) = 1,656 m

Varredura: é a soma do arraste da CVC com a largura mais desfavorável da CVC, ou seja, é a largura que o conjunto abrange quando a mesma trafega numa curva com determinado raio (no caso $R=50,29\text{m}$)

$$V = A + L \quad V = 1,656 + 2,6 = 4,256 \text{ m}$$

$R= 76,20$

O valor $L^2 (\text{m})^2$ encontrado é um valor contido no intervalo $157,93 \text{ m}^2$ no $A=1,06 \text{ m}^2$ à $162,58 \text{ m}^2$ no $A=1,09 \text{ m}$, da tabela 2 da norma SAE J695, o valor do arraste para o raio indicado é obtido por interpolação:



$$\frac{ABC}{AB} = \frac{ADE}{AD} \quad \frac{CB}{AB} = \frac{ED}{AD} = ED$$

Logo arraste (A) = 1,069 m

Varredura: é a soma do arraste da CVC com a largura mais desfavorável da CVC, ou seja, é a largura que o conjunto abrange quando a mesma trafega numa curva com determinado raio (no caso $R=50,29\text{m}$)

$$V = A + L \quad V = 1,069 + 2,6 = 3,669 \text{ m}$$

$$A(50,29) = 1,656 = 4,256 \text{ m}$$

$$A(76,20) = 1,069 = 3,669 \text{ m}$$

Valores estes que demonstram não haver problemas da CVC adentrar faixas adjacentes por onde trafegue, e para raios menores que é o caso dos dispositivos de acessos, trechos, etc.., com largura de faixa superior a 3,50 m, a CVC transitará com velocidade menores, adequadas a circulação no local e sem conflito com faixa contrário por não existir nestas situações

Soma de L ²	Raio de Curvatura em metros					
	15,24	27,43	35,58	50,29	60,96	76,20
	Valor do Arrasto em metros					
46,45	1,77	0,90	0,66	0,48	0,39	0,31
51,10	1,96	0,99	0,73	0,52	0,43	0,34
55,74	2,15	1,09	0,80	0,57	0,47	0,37
60,39	2,35	1,16	0,87	0,62	0,54	0,40
65,03	2,55	1,27	0,93	0,67	0,55	0,43
69,68	2,76	1,37	1,00	0,72	0,59	0,46
74,32	2,96	1,46	1,07	0,76	0,63	0,50
78,97	3,18	1,55	1,13	0,81	0,67	0,53
83,61	3,39	1,65	1,20	0,86	0,71	0,56
88,26	3,61	1,74	1,27	0,91	0,75	0,59
92,90	3,84	1,84	1,34	0,96	0,78	0,62
97,55	4,07	1,93	1,41	1,01	0,82	0,65
102,19	4,31	2,03	1,48	1,05	0,86	0,69
106,84	4,55	2,12	1,55	1,10	0,90	0,72
111,48	4,80	2,22	1,61	1,15	0,94	0,75
116,13	5,05	2,32	1,68	1,20	0,98	0,78
120,77	5,32	2,41	1,75	1,25	1,02	0,81
125,42	5,58	2,51	1,82	1,30	1,06	0,84
130,06	5,86	2,61	1,89	1,34	1,10	0,87
134,71	6,15	2,71	1,93	1,39	1,14	0,91
139,35	6,46	2,81	2,03	1,44	1,18	0,94
144,00	6,77	2,91	2,10	1,49	1,22	0,97
148,64	7,10	3,01	2,17	1,54	1,26	1,00
153,29	7,44	3,11	2,24	1,59	1,30	1,03
157,93	7,80	3,21	2,31	1,64	1,34	1,06
162,58	8,19	3,31	2,38	1,69	1,38	1,09
167,22	8,60	3,41	2,45	1,73	1,42	1,13
171,87	9,05	3,51	2,52	1,78	1,46	1,16
176,51	9,54	3,62	2,59	1,83	1,50	1,19
181,16	10,10	3,72	2,66	1,88	1,54	1,22
185,80	10,74	3,82	2,73	1,93	1,58	1,25
190,45	11,55	3,93	2,80	1,96	1,62	1,28
195,09	12,80	4,03	2,88	2,03	1,66	1,31
199,74		4,14	2,95	2,08	1,70	1,34
204,38		4,24	3,02	2,13	1,74	1,38
209,03		4,35	3,09	2,18	1,78	1,41
213,67		4,45	3,16	2,23	1,82	1,44
218,32		4,56	3,24	2,28	1,86	1,47
222,96		4,67	3,31	2,33	1,90	1,50
227,61		4,78	3,38	2,38	1,94	1,53
232,25		4,88	3,45	2,43	1,98	1,56
236,90		5,00	3,53	2,48	2,02	1,60
241,54		5,11	3,60	2,53	2,06	1,63
246,19		5,22	3,67	2,58	2,10	1,66
250,83		5,33	3,75	2,63	2,14	1,69
255,48		5,44	3,82	2,68	2,18	1,73

8. Laudo técnico de inspeção veicular elaborado e assinado pelo engenheiro mecânico responsável pelo projeto, acompanhado pela sua respectiva ART:

A memória de cálculo deste documento emprega os dados contidos nas especificações técnicas dos veículos da CVC e apresentada nas Tabelas 1 e 2. As informações foram verificadas em campo e empregadas na memória de cálculo apresentadas nesse documento. A Anotação de Responsabilidade Técnica – ART será emitida e encaminhada com o referido projeto.

9. Parecer:

Conforme o desempenho obtido nas simulações descritas nesse documento, pode-se observar que a relação peso/potência de 190 kg/kW (74 kg/397 kW) da CVC em projeto atende o desempenho tanto na aceleração quanto na desaceleração em aclives e declives. Freio Motor de 415 cv, permite descer longos declives com acionamento mínimo do freio de serviço. Esses sistemas atendem os requisitos para um alto nível de segurança.

10. Bibliografia:

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN, RESOLUÇÃO No 211 – Requisitos necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga – CVC, NOVEMBRO DE 2006.Demarchi, S.H.; Melo, R. A. & Setti, J. R. A., Validação de um modelo de desempenho de caminhões em rampas ascendentes, Revista Transportes, volume9, número 1, edição de Maio. Rio de Janeiro, 2001.

Rio Grande do Sul, 31 de janeiro de 2022

MILSON PEDRO GONÇALVES JUNIOR
Engenheiro Mecânico
CREA: 25628-D-GO
REGISTRO NACIONAL: 14508300