



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

VICTOR BADUY BATISTA MESIARA COSTA

**COMPARATIVO ENTRE AS CARGAS MÓVEIS DA NBR 7188/2013 COM OS
VEÍCULOS DE CARGAS RODOVIÁRIOS: ESTUDO DE CASO DE PONTE SOBRE
O RIO LONTRA EM ARAGUAÍNA – TO**

PALMAS

2021

VICTOR BADUY BATISTA MESIARA COSTA

**COMPARATIVO ENTRE AS CARGAS MÓVEIS DA NBR 7188/2013 COM OS
VEÍCULOS DE CARGAS RODOVIÁRIOS: ESTUDO DE CASO DA PONTE SOBRE
O RIO LONTRA EM ARAGUAÍNA – TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito final para obtenção do Título de
Bacharel do Curso Superior de Engenharia Civil do
Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientadora: M^a Caroline Rezende Couto Luz

PALMAS

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

- C838c Costa, Victor Baduy Batista Mesiara
Comparativo entre cargas móveis da NBR 7188/2013 com os
veículos de cargas rodoviários: Estudo de caso de ponte sobre o rio
Lontra em Araguaína - TO / Victor Baduy Batista Mesiara Costa. –
Palmas, TO, 2021.
76 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2021.
- Orientadora: Ma. Caroline Rezende Couto Luz
1. Cargas Móveis. 2. Veículos de Carga. 3. Pontes. I. Luz, Caroline
Rezende Couto. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

VICTOR BADUY BATISTA MESIARA COSTA

COMPARATIVO ENTRE AS CARGAS MÓVEIS DA NBR 7188/2013 COM OS VEÍCULOS DE CARGAS RODOVIÁRIOS: ESTUDO DE CASO DA PONTE SOBRE O RIO LONTRA EM ARAGUAÍNA – TO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito final para obtenção do Título de
Bacharel do Curso Superior de Engenharia Civil do
Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Aprovado em: 03 / 12 / 2021

BANCA AVALIADORA

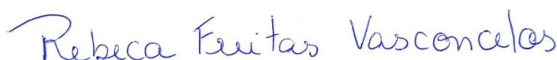


Ma. Caroline Rezende Couto Luz

Thiago Dias de Araújo e Silva

2021.12.14 10:25:02 -03'00'

Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva



Ma. Rebeca Freitas Vasconcelos

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por essa conquista, por se fazer presentes em todos os momentos, principalmente naqueles de dificuldades e incertezas.

Aos meus pais, em especial minha mãe Edinelma, por ser uma mulher forte, que mesmo após a perda do meu pai, tomou frente assumindo papel fundamental na minha formação como pessoa e como profissional, sendo um exemplo para mim e minha irmã Ana Vitoria. As minhas avós, que sempre estiveram ao meu lado sendo cuidadosas, atenciosas e sempre ajudando naquilo que estivessem ao seu alcance, possibilitando meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus colegas de faculdade que compartilharam comigo essa jornada. Em especial ao Pedro Alexandre, Felipe Kelsen e Natália Milhomem pessoas que por vezes tive o prazer de compartilhar, além dos trabalhos acadêmicos, bons momentos e experiências fora do ambiente acadêmico. A Ana Claudia, pessoa que conheci no decorrer da trajetória acadêmica, e que se tornou parceira na vida e com quem tenho a oportunidade de aprender e vivenciar novas experiências a cada dia que se passa.

A minha Professora orientadora Me. Caroline Rezende Couto Luz, pela paciência, tempo e confiança tanto no decorrer das disciplinas como na elaboração deste trabalho e por meio orientações oferecidas.

Gostaria de agradecer ao professor Dr. Alexon Braga Dantas por instruções e orientações valorosas para o desenvolvimento deste trabalho, assim como a disponibilização de referências e materiais que alicerçaram o mesmo.

Aos professores do curso Superior em Engenharia Civil do pela dedicação ao ensino e ao desenvolvimento profissional dos alunos.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Campus Palmas, e todos os envolvidos na concretização desse sonho.

A todos, meu imenso agradecimento!

RESUMO

As cargas móveis são ações variáveis que consideradas no dimensionamento de diversas estruturas, sendo que nas para as pontes ela apresenta uma relevância significativa por se tratar da única carga vertical, além do peso próprio, a ser considerada no seu dimensionamento. Dessa maneira o presente trabalho aborda sobre análise e comparações de solicitações geradas por cargas móveis, através de um estudo de caso de pontes em vigas isostáticas, presente na BR 153 sobre o Rio Lontra, empregando metodologias abordadas na norma brasileira NBR 7188/2013. A partir da revisão da literatura, que aborda a importância, definições e classificação das pontes, breve abordagem sobre a importância da BR 153, os principais veículos de carga que por ela trafegam e um histórico a respeito das normas de cargas móveis, adotou-se uma metodologia para abordar o tema deste trabalho. Foram feitos estudos acerca da geometria e carregamentos dos veículos de carga atuais, assim como do uso e aplicação das linhas de influência, conceito básico para calcular solicitações oriundas de cargas móveis. Para então poder analisar, interpretar e comparar as cargas móveis presente na norma vigente atualmente, com a norma válida na época de execução da ponte, e com os veículos de carga que operam atualmente. A partir destes dados foi possível fazer uma comparação prévia acerca dos diferentes esforços gerado pela carga móvel presente na NBR 7188/2013 e na NB-6/1960 com as cargas oriundas dos veículos de carga atuais para a ponte abordada.

Palavras chaves: Cargas móveis; Veículos de Carga; Pontes; NBR 7188/2013; NB-6/1960; BR 153.

ABSTRACT

Mobile loads are variable actions that are considered in the design of various structures, and for bridges it has a significant relevance as it is the only vertical load, in addition to its own weight, to be considered in its design. Thus, this work addresses the analysis and comparisons of requests generated by mobile loads, through a case study of bridges in isostatic beams, present in BR 153 over the Lontra River, using methodologies addressed in the Brazilian standard NBR 7188/2013. Based on the literature review, which addresses the importance, definitions and classification of bridges, a brief approach to the importance of BR 153, the main cargo vehicles that travel through it, and a history of mobile cargo standards, it was adopted a methodology to approach the theme of this work. Studies were carried out on the geometry and loading of current cargo vehicles, as well as on the use and application of influence lines, a basic concept for calculating requests from mobile loads. In order to be able to analyze, interpret and compare the mobile loads present in the current standard, with the standard valid at the time the bridge was built, and with the cargo vehicles currently operating. From these data, it was possible to make a previous comparison about the different efforts generated by the mobile load present in NBR 7188/2013 and in NB-6/1960 with the loads coming from the current cargo vehicles for the bridge covered.

Keywords: Mobile loads; Cargo Vehicles; Bridges; NBR 7188/2013; NB-6/1960; BR 153.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ponte Fernando Henrique Cardoso – Palmas/TO	18
Figura 2: Esquema ilustrativo da composição das pontes.....	20
Figura 3: Denominações dos elementos relativos à seção transversal	20
Figura 4: Denominações dos elementos relativos à seção longitudinal.....	21
Figura 5: Ponte Rio Niterói – Exemplo de ponte rodoviária	22
Figura 6: Ponte Taxiway Leipzig (Alemanha) – Exemplo de ponte aeroviária	23
Figura 7: Ponte de água Magdeburg (Alemanha) – Exemplo de ponte Aqueduto	23
Figura 8: Ponte São João (Portugal) – Exemplo de ponte em pórtico	24
Figura 9: Ponte São João (Austrália) – Exemplo de ponte em arco	24
Figura 10: Ponte Golden Gate (EUA) – Exemplo de ponte pênsil	25
Figura 11: Ponte Octávio Frias de Oliveira – Exemplo de ponte estaiada	25
Figura 12: Traçado da BR 153.....	26
Figura 13: Plano Rodoviário do DNER 1937	27
Figura 14: Comparativo Crescimento Populacional	28
Figura 15: Comparativo do IDHM Consolidado	28
Figura 16: Comparativo PIB Consolidado	29
Figura 17: Expansão da fronteira agrícola no Brasil e no bioma do Cerrado em diferentes períodos.....	30
Figura 18: Exemplo de Caminhão Trucado (Classe 3C)	31
Figura 19: Exemplo de Caminhão Trator Trucado + Semirreboque (Classe 3S3).....	31
Figura 20: Exemplo de Rodotrem (Classe 3T6)	32
Figura 21: Veículos tipo e multidão presentes na NB-6/1960.....	33
Figura 22: Disposição das cargas estáticas	35
Figura 23: Vista aérea da ponte analisada.....	38
Figura 24: Vista da entrada da ponte analisada	38
Figura 25: Vista da saída da ponte analisada	39
Figura 26: Vista da estrutura da ponte analisada	39
Figura 27: Seção transversal da ponte analisada	40
Figura 28: Seção longitudinal da ponte analisada.....	41
Figura 29: Dimensões transversais dos veículos abordados.....	42
Figura 30: Disposição longitudinal eixos – Veículo 3.....	43
Figura 31: Disposição longitudinal eixos – Veículo 4.....	43
Figura 32: Disposição longitudinal eixos – Veículo 5.....	44
Figura 33: Corte que passa no eixo do veículo	45

Figura 34: Corte que passa na região externa ao veículo	46
Figura 35: Distribuição dos carregamentos móveis na viga	46
Figura 36: Dispersão das cargas por eixo – Veículo 1	48
Figura 37: Dispersão das cargas por eixo – Veículo 2	49
Figura 38: Dispersão das cargas por eixo – Veículo 3	49
Figura 39: Dispersão das cargas por eixo – Veículo 4	49
Figura 40: Dispersão das cargas por eixo – Veículo 5	49
Figura 41: Linha de influência da seção transversal	51
Figura 42: Posicionamento das cargas – Eixo de 120 kN (Veículo 1)	51
Figura 43: Posicionamento das cargas – Eixo de 150 kN (Veículo 2)	52
Figura 44: Posicionamento das cargas – Eixo de 60 kN (Veículos 3, 4 e 5).....	52
Figura 45: Posicionamento das cargas – Eixo de 100 kN (Veículo 3)	52
Figura 46: Posicionamento das cargas – Eixo de 85 kN (Veículos 3, 4 e 5).....	53
Figura 47: Posicionamento das cargas da região sem veículo NB-6/1960.....	53
Figura 48: Posicionamento das cargas da região sem veículo NBR 7188/2013.....	53
Figura 49: Distribuição dos carregamentos – Veículo 1	54
Figura 50: Distribuição dos carregamentos – Veículo 2	55
Figura 51: Distribuição dos carregamentos – Veículo 3	55
Figura 52: Distribuição dos carregamentos – Veículo 4	55
Figura 53: Distribuição dos carregamentos – Veículo 5	55
Figura 54: Envoltória de esforços cortantes – Veículo 1	56
Figura 55: Envoltória de esforços cortantes – Veículo 2	56
Figura 56: Envoltória de esforços cortantes – Veículo 3	57
Figura 57: Envoltória de esforços cortantes – Veículo 4	57
Figura 58: Envoltória de esforços cortantes – Rodotrem.....	57
Figura 59: Envoltória de momentos fletores – Veículo 1	58
Figura 60: Envoltória de momentos fletores – Veículo 2	58
Figura 61: Envoltória de momentos fletores – Veículo 3	58
Figura 62: Envoltória de momentos fletores – Veículo 4	59
Figura 63: Envoltória de momentos fletores – Veículo 5	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quadro de Tráfego Médio Diário Anual - TMDA baseado de observação in-loco 2005	30
Tabela 2: Cargas da NB-6 (ABNT, 1960).....	34
Tabela 3: Cargas da NBR 7188 (ABNT, 1984).....	34
Tabela 4: Cargas da NBR 7188 (ABNT, 2013).....	35
Tabela 5: Determinação do efeito dinâmico conforme as normas	36
Tabela 6: Tabela de cargas por eixo	48
Tabela 7: Resumo das cargas por eixo e cargas por roda	50
Tabela 8: Quadro de cargas resultantes por tipologia de eixo.....	54
Tabela 9: Comparativo dos esforços cortantes em direção ao vão	59
Tabela 10: Comparativo dos esforços cortantes em direção ao balanço	60
Tabela 11: Comparativo dos momentos fletores no centro do vão.....	60
Tabela 12: Comparativo dos esforços cortantes em direção ao vão – Simulação 1.....	61
Tabela 13: Comparativo dos esforços cortantes em direção ao balanço – Simulação 1	62
Tabela 14: Comparativo dos momentos fletores no centro do vão – Simulação 1	62
Tabela 15: Comparativo dos esforços cortantes em direção ao vão – Simulação 2	63
Tabela 16: Comparativo dos esforços cortantes em direção ao balanço – Simulação 2	63
Tabela 17: Comparativo dos momentos fletores no centro do vão – Simulação 2	63

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres;
CNT	Conselho Nacional de Transportes;
CIV	Coeficientes de Impacto Vertical;
CNF	Coeficiente de Número de Faixas;
CIA	Coeficiente de Impacto Adicional
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito;
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem;
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes;
EVTEA	Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental;
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
MATOPIBA	Acrônimo formado pelas iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia;
PIB	Produto Interno Bruto;
NB	Norma Brasileira – nomenclatura antiga;
NBR	Norma Brasileira – nomenclatura atual;
PBTC	Peso Bruto Total Combinado;
LE	Lateral Esquerda da Ponte Analisada;
PIB	Produto Interno Bruto;
QFV	Quadro de Fabricantes de Veículos;
TB	Trem-tipo rodoviário brasileiro;
TMDA	Tráfego Médio Diário Anual;
EUA	Estados Unidos da América.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. PROBLEMA DE PESQUISA	15
3. JUSTIFICATIVA	16
4. OBJETIVO	17
4.1. Objetivo Geral	17
4.2. Objetivos Específicos	17
5. REVISÃO DE LITERATURA	18
5.1. Importância das Pontes	18
5.2. Definição e Conceitos Gerais	19
5.3. Classificação de Pontes.....	21
5.4. A BR-153	26
5.5. O tráfego de veículos da BR-153/TO	29
5.6. A norma brasileira de cargas móveis	32
6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	37
6.1. Aspectos Gerais	37
6.2. Ponte analisada	37
6.3. Caracterização dos veículos abordados	41
6.4. Composição dos Carregamentos Móveis.....	45
6.5. Determinação das envoltórias de Momentos Fletores e Esforços Cortantes	46
6.6. Análise dos Resultados	47
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48

7.1. Caracterização dos veículos abordados	48
7.2. Composição dos Carregamentos Móveis.....	50
7.2.1. Determinação das Cargas por Eixo	50
7.2.2. Linha de influência e cargas por eixo da seção transversal	50
7.2.3. Carregamentos na seção longitudinal.....	54
7.3. Determinação das envoltórias.....	56
7.3.1. Envoltórias de Esforços Cortantes.....	56
7.3.2. Envoltórias de Momentos Fletores	58
7.4. Análise dos Resultados	59
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	66
ANEXO A – MAPA RODOVIÁRIO DO TOCANTINS 2020.....	70
ANEXO B – FICHA TÉCNICA ACTROS 2045	71
ANEXO C – FICHA TÉCNICA ACTROS 2653	72
ANEXO D – FICHA TÉCNICA SEMIRREBOQUE GRANELEIRO	73
ANEXO E – FICHA TÉCNICA BITREM GRANELEIRO	74
ANEXO F – FICHA TÉCNICA RODOTREM GRANELEIRO	75
ANEXO G – PROJETO PONTE SOBRE RIO LONTRA.....	76

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, foi observada a evolução dos veículos de transportes rodoviários devido ao desenvolvimento da engenharia mecânica, com isto, é cada vez mais frequente surgirem veículos rodoviários com maiores dimensões e capacidades de cargas.

Mesmo que tais veículos operem dentro dos limites estabelecidos pelo Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, nas suas resoluções nº 210/06 e nº 211/06 que tratam sobre carga por eixo e Peso Bruto Total Carregado - PBTC respectivamente, a alteração da geometria e da disposição das cargas alteram as resultantes de esforços que estes veículos geram sobre as rodovias e suas obras de artes.

O conceito de obras de artes, dentro da engenharia civil, é adotado para obras destinadas a dar continuidade redes viárias, possibilitando a circulação de pessoas, veículos e produtos. Dentro dessa categoria, inclui-se as pontes, viadutos e túneis independente do modal de transporte e do porte do elemento.

Com relação às obras de artes, quando observamos as pontes é possível constatar que o veículo tipo relacionados as cargas móveis preconizadas pela NBR 7188 (ABNT, 2013) apresentam geometria e distribuição de carregamentos muito distintos dos veículos de cargas modernos.

Tais veículo tipo, consistem em uma carga de multidão acrescida de um veículo padrão com 6 rodas, com mesmo carregamento em cada uma, em 3 eixos com igual espaçamento de 1,5 m. Esta geometria é adotada desde a NB-6 de 1960, que com o passar dos anos sofreram variações das cargas por rodas e eixos apenas.

A evolução observada nos veículos de transportes rodoviários ocorreu devido ao crescimento na demanda de transporte de mercadorias, sendo um dos principais impulsionadores dessa demanda a produção agrícola.

Segundo Filho e Costa (2016), entre os anos 2000 e 2014 foi constado uma expansão da área agrícola no cerrado de 87%, sendo impulsionado pelo cultivo de soja, que cresceu 108% no mesmo período.

Observa-se que o estado do Tocantins, que se encontra inserido no bioma cerrado, apresentou crescimento significativo da produção agrícola, conforme reportagem do Canal Rural (2020). Fato este que acentua a demanda do transporte rodoviário para escoamento da sua produção e recepção de insumos para manutenção da produção.

Nesse contexto, a BR-153, principal rodovia do estado do Tocantins, responsável pela integração do estado com o restante do país, com portos e o exterior, sendo fundamental para o escoamento da produção agrícola e chegada de recursos vindos de outras localidades.

No Tocantins, essa rodovia transpõe diversos ribeirões, córregos e rios, tornando imprescindível a manutenção correta das obras de arte que compõem esta via, assim como estudos assertivos dos projetos de expansão dela, como já está sendo planejado a duplicação de alguns trechos.

Diante do exposto e tendo o conhecimento de que a BR-153 é uma importante rodovia a nível nacional, por possibilitar a integração do centro norte-brasileiro, evidenciou-se a importância do conhecimento da frota que compõem o tráfego rodoviário para melhor caracterização das cargas e esforços que elas geram, visando nortear as ações de manutenção da rodovia, assim como das obras de artes que se encontram ao longo de sua extensão.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

Dentro do cenário exposto, o presente trabalho objetivou-se em responder, com base na revisão de literatura, levantamento de dados e análise comparativa, o questionamento: Os trens-tipos padrões presentes na NBR 7188 (ABNT, 2013) são suficientes para expressar, de maneira satisfatória, os esforços gerados pela frota de veículos de carga brasileira atual sobre as pontes que compõem a malha rodoviária no Brasil, com base na geometria da ponte sobre o Rio Lontra?”.

3. JUSTIFICATIVA

É notória a expansão da fronteira agrícola para a região centro norte do país, nas últimas décadas de forma mais acentuada nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, região conhecida como MATOPIBA, conforme Filho e Costa (2016). Tal expansão cria uma demanda de escoamento de produção e chegada de insumos que faz com que as rodovias desses estados tenham uma acentuação no tráfego ano após ano.

Considerando a atual malha rodoviária do estado do Tocantins praticamente em sua integralidade é composta por rodovias de pista simples, como evidenciado no mapa rodoviário 2020 contido em Anexo, e devido ao número elevado de corpos hídricos no estado, tem-se um número expressivo de obras de artes para superá-los.

Dentro desse cenário, foi considerada uma ponte inserida na BR-153, está que é a principal rodovia que passa pelo estado do Tocantins e que é responsável pela integração do estado com o restante do país e o exterior, situada na entrada do perímetro urbano do município de Araguaína.

A mesma foi selecionada em razão sua vida útil, pois a mesma foi construída na década de 1970 e encontra-se em operação até a presente data, perdurando mesmo diante das variações de fluxo e carga dos veículos que por ela trafegam.

Tal cenário instiga a reflexão se as rodovias e as obras de artes que nelas estão inseridas, na condição atual que se encontram, são suficientes para atender a demanda existente com a qualidade necessária para que os veículos que por elas trafegam possam realizar suas rotas de forma eficiente e segura.

Desta forma, o presente trabalho visou abordar as variações que a alteração da configuração dos veículos de carga rodoviário podem impactar na geração e distribuição dos esforços nas pontes, em paralelo a isso foram comparados com os parâmetros normativos vigentes.

Tal análise, favorece o entendimento de como se dá o desgaste das estruturas existentes, dando embasamento nas ações de manutenções das pontes existentes, assim como poderá nortear a determinação dos carregamentos atuantes para futuros projetos.

4. OBJETIVO

4.1. Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho foi realizar uma análise comparativa do veículo tipo TB-450, presente na NBR 7188 (ABNT, 2013), o veículo tipo 36, presente na NB-6 (ABNT, 1960), com os veículos usuais no sistema rodoviário brasileiro, com base no Quadro de Fabricantes de Veículos - QFV (DNIT, 2012) e no Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental - EVTEA da BR-153 (DNIT, 2010), ambos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, com foco na longarina da Ponte em vigas sobre o Rio Lontra, na BR-153 em Araguaína – TO.

4.2. Objetivos Específicos

- Coletar os valores das cargas por roda e distâncias entre eixos dos veículos usuais no transporte rodoviário terrestre, adotando como base o QFV (DNIT, 2012) e o EVTEA da BR 153 (DNIT, 2010);
- Determinar os esforços produzidos na longarina da ponte para os veículos tipo 36, TB-450 e pelas cargas obtidas pelos veículos usuais no transporte rodoviário;
- Comparar os resultados dos esforços obtidos para os valores de máximo e mínimo da longarina para os carregamentos analisados.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1. Importância das Pontes

As pontes são obras de artes de engenharia de grande importância para integração entre regiões distintas, observa-se que a execução delas proporciona um desenvolvimento socioeconômico para as regiões, por favorecer o fluxo de pessoas e mercadorias.

Isso ocorre devido ao encurtamento de distâncias que ela promove, por consequência, a redução do tempo de viagem e redução dos custos de transporte. Geralmente, são implementadas em regiões que dependem de balsas ou barcos para transporte de pessoas e mercadorias ou localidades que existem outras vias de acesso, mas com distância elevada.

Como exemplos, podem-se ver evidências de desenvolvimento das cidades e regiões próximo as pontes Fernando Henrique Cardoso (Palmas), ilustrada na Figura 1, e Ponte Juscelino Kubitschek de Oliveira (Divisa entre Tocantins e Maranhão). Assim como é possível notar os impactos da ausência de uma ponte com base no cenário atual do município de Porto Nacional após a interdição da sua ponte para veículos de cargas.

Figura 1: Ponte Fernando Henrique Cardoso – Palmas/TO



Fonte: Cotrim (2020).

5.2. Definição e Conceitos Gerais

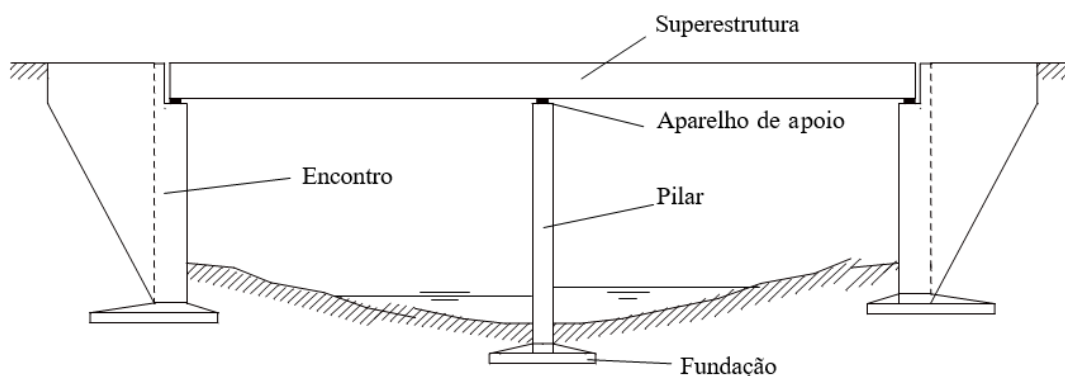
As pontes, segundo Mendes (2017), são definidas como estruturas em obra de arte destinadas a vencer obstáculos naturais como cursos d'água, vales, baías ou obstáculos criados pelo homem.

Mendes (2017) menciona ainda sobre distinção conforme o obstáculo a ser superado, quando o elemento em questão é composto por superfície líquida (a exemplo de rios, lagos, brejos, baías ou braços do mar) são chamadas de Pontes, caso o obstáculo seco (a exemplo de vales, depressões ou outras vias) são chamados de Viadutos.

Sua estrutura pode ser subdividida em 3 partes, segundo Mendes (2017), sendo elas:

- Superestrutura: caracterizada como a parte da estrutura que recebe os esforços oriundos das cargas de tráfego. Os elementos englobados na superestrutura são: tabuleiros, vigas principais, vigas secundárias, cortinas, dentes, chanfros dentre outros, representados na Figura 2;
- Mesoestrutura: é a parte da estrutura responsável por receber os carregamentos advindos do peso próprio e cargas de tráfego e direcionar para as fundações. Os elementos englobados na mesoestrutura são: aparelhos de apoio, pilares e vigas de contraventamento dos pilares;
- Infraestrutura: é responsável por transmitir os esforços para o terreno, usualmente são adotadas: sapatas, blocos, tubulões ou estaqueamento para realizar essa função, a variar conforme as características do terreno;
- Elementos acessórios: temos ainda elementos que não se enquadram nos elementos anteriores, mas que contribuem com a integração da ponte com as rodovias, sendo eles os encontros e placas de transição.

Figura 2: Esquema ilustrativo da composição das pontes

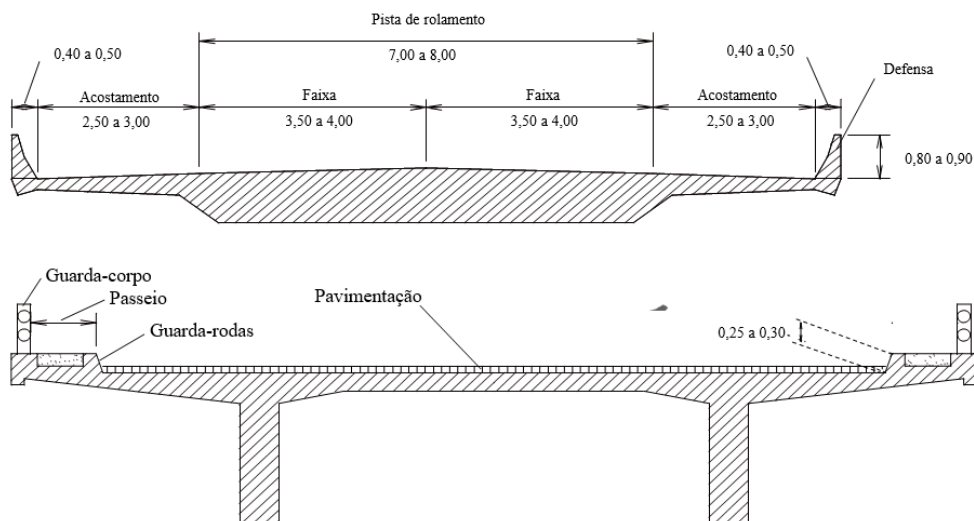


Fonte: El Debs e Takeya (2010).

Quando se observa a seção transversal das pontes, conforme El Debs e Takeya (2010), tem-se que elas podem ser constituídas dos seguintes elementos, ilustrados na Figura 3:

- Pista de rolamento;
- Acostamento;
- Defesa;
- Passeio;
- Guarda-rodas;
- Guarda corpo.

Figura 3: Denominações dos elementos relativos à seção transversal



Fonte: El Debs e Takeya (2010).

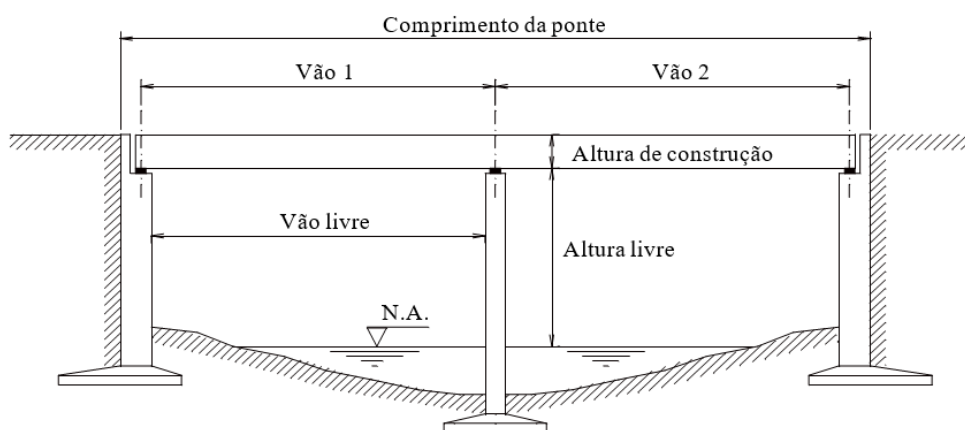
As dimensões desses elementos, por não estarem definidas nas normas vigentes, são adotadas com base no Manual de Projeto de Obras de Arte Especiais

do DNER (1996), a exemplo as características físicas e geométricas da faixa de rolamento, conforme a classe do projeto.

Ao observarmos a seção longitudinal é possível extrair informações que auxiliam na caracterização e classificação das pontes, ilustrados na Figura 4, sendo eles:

- Comprimento da ponte (também denominado de vão total);
- Vão (também denominado de vão teórico e de tramo);
- Vão livre;
- Altura de construção (ou da superestrutura);
- Altura livre ou gabarito.

Figura 4: Denominações dos elementos relativos à seção longitudinal



Fonte: El Debs e Takeya (2010).

5.3. Classificação de Pontes

Existem diferentes formas e métodos para classificar uma ponte, que divergem desde os materiais empregados e processos de execução, até observando questões como o desenvolvimento altimétrico e posição do tabuleiro.

Entretanto, para o presente trabalho, foram abordados às classificações acerca do comprimento, natureza do tráfego e sistema estrutural da superestrutura.

Quanto ao comprimento:

- Galerias (bueiros): de 2 a 3 metros;
- Pontilhões: de 3 a 10 metros;
- Pontes: acima de 10 metros.

Sendo que dentro da classificação de pontes, é possível subdividir conforme o vão a ser vencido, tendo que:

- Até 30 metros: Pequenos vãos;
- De 30 a 60 metros: Médios vãos;
- Acima de 60 metros: Grandes vãos.

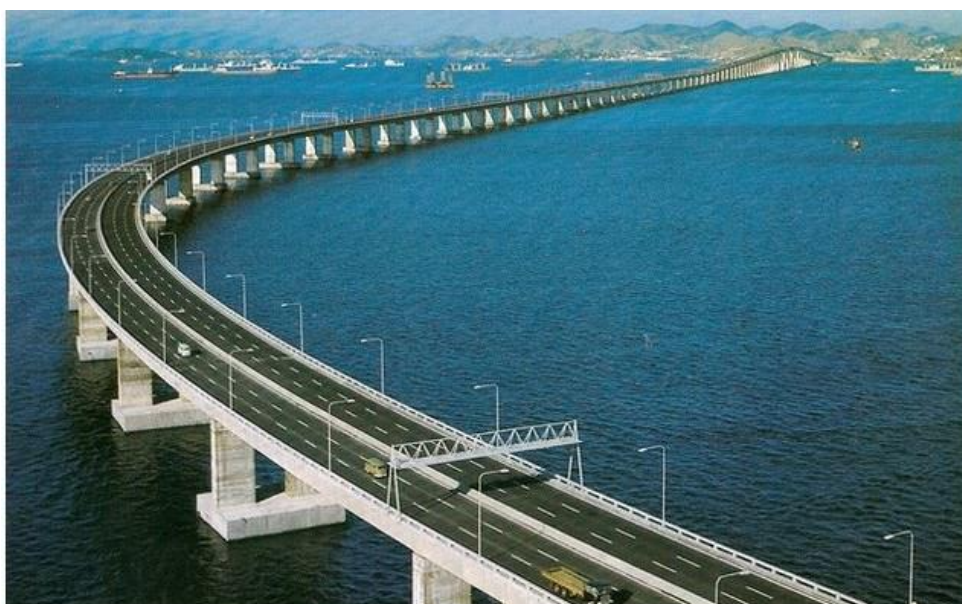
Segundo El Debs e Takeya (2010), a classificação quanto ao comprimento tem importância apenas para apresentar as denominações que as pontes recebem em função do porte ou comprimento, não havendo consenso ou importância sobre as faixas de valores indicadas.

A respeito da natureza do tráfego:

- Pontes rodoviárias, exemplificada na Figura 5;
- Pontes ferroviárias;
- Passarelas (pontes para pedestres);
- Pontes aeroviárias, exemplificada na Figura 6;
- Pontes aquedutos, exemplificada na Figura 7;
- Pontes mistas.

De acordo com El Debs e Takeya (2010), a denominação está atrelada ao tipo de tráfego principal, no caso das pontes mistas são aquelas projetadas para dois ou mais tipos de tráfegos, como as pontes rodoferroviárias, que permitem a continuidade para uma rodovia e ferrovia de forma simultânea.

Figura 5: Ponte Rio Niterói – Exemplo de ponte rodoviária



Fonte: CNN (2021).

Figura 6: Ponte Taxiway Leipzig (Alemanha) – Exemplo de ponte aeroviária



Fonte: Casa Vogue (2017).

Figura 7: Ponte de água Magdeburg (Alemanha) – Exemplo de ponte Aqueduto



Fonte: Prandi (2013).

Acerca dos sistemas estruturais, podemos classificar da seguinte maneira:

- Ponte em viga, objeto de estudo desse trabalho;
- Ponte em pórtico, exemplificada na Figura 8;
- Ponte em arco, exemplificada na Figura 9;
- Ponte pênsil, exemplificada na Figura 10;
- Ponte estaiada, exemplificada na Figura 11.

Figura 8: Ponte São João (Portugal) – Exemplo de ponte em pórtico



Fonte: Riobom (2017).

Figura 9: Ponte São João (Austrália) – Exemplo de ponte em arco



Fonte: Herfurth (2017).

Figura 10: Ponte Golden Gate (EUA) – Exemplo de ponte pênsil



Fonte: Blanton (2020).

Figura 11: Ponte Octávio Frias de Oliveira – Exemplo de ponte estaiada



Fonte: Piza e Tito (2018).

5.4. A BR-153

A BR-153, popularmente conhecida como Rodovia Belém-Brasília ou Transbrasiliana, apresenta uma extensão de 3.604,50 quilômetros, partindo da cidade de Marabá, no estado do Pará, até cidade de Aceguá, no estado do Rio Grande do Sul. Durante seu traçado ela transpassa oito estados, sendo responsável pela interligação do Meio Norte do Brasil, como pode ser observado na Figura 12.

Figura 12: Traçado da BR 153



Fonte: Adaptado Brasil (2020).

Uma rodovia com suas características era estudada desde os primeiros planos rodoviários do Brasil datados do início do século XX, com exemplo temos o Plano Rodoviário do DNER de 1937, conforme ilustrado pela Figura 13, entretanto foi

durante o governo de Juscelino Kubistchek e a criação de Brasília que o projeto foi consolidado e passou a ser executado.

A sua inauguração oficial é datada do dia 02 de fevereiro de 1960, e foi um marco para o Brasil, por possibilitar a viagem por terra entre as cidades de Belém até Porto Alegre.

Figura 13: Plano Rodoviário do DNER 1937



Fonte: Brasil (1974).

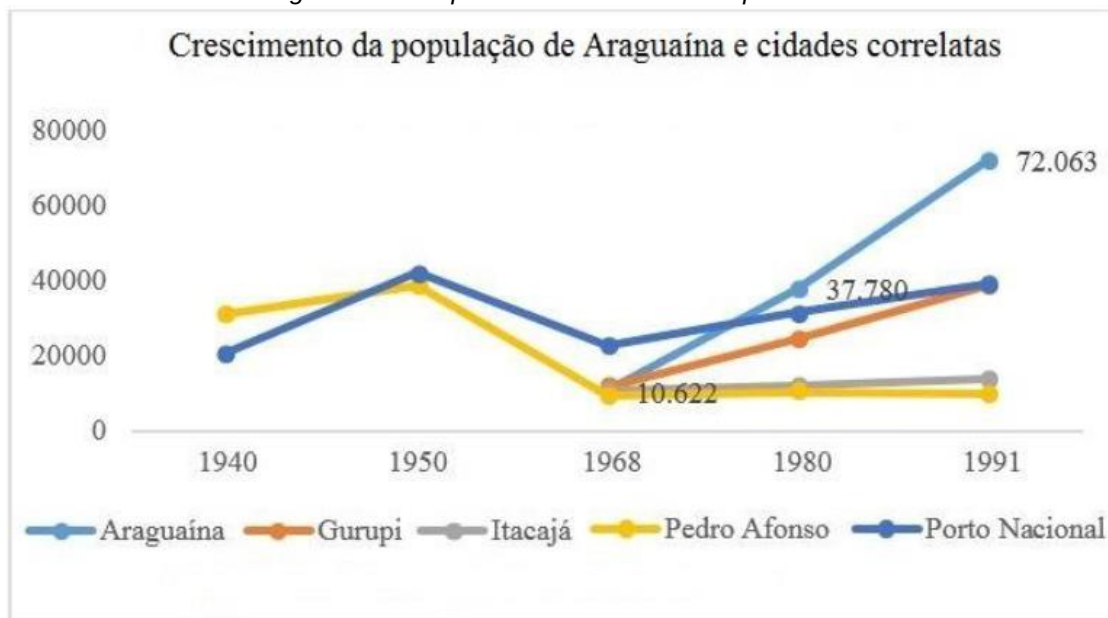
Atualmente, a BR-153 em diversos trechos se encontra em processo de duplicação, visando tornar o tráfego de veículos mais fluido e seguro.

Quando se observa no Tocantins, verifica-se o surgimento de diversas cidades ao longo do seu percurso e o desenvolvimento de cidades importantes como Araguaína, Paraíso do Tocantins e Gurupi.

Correia (2015) em seus estudos sobre a influência da BR-153 para o desenvolvimento da cidade de Araguaína, comparou índices socioeconômicos das cidades de Gurupi, Itacajá, Pedro Afonso e Porto Nacional com as informações da

cidade base de seu estudo. Alguns dos comparativos realizados por ele são apresentados nas Figuras de 14 a 16.

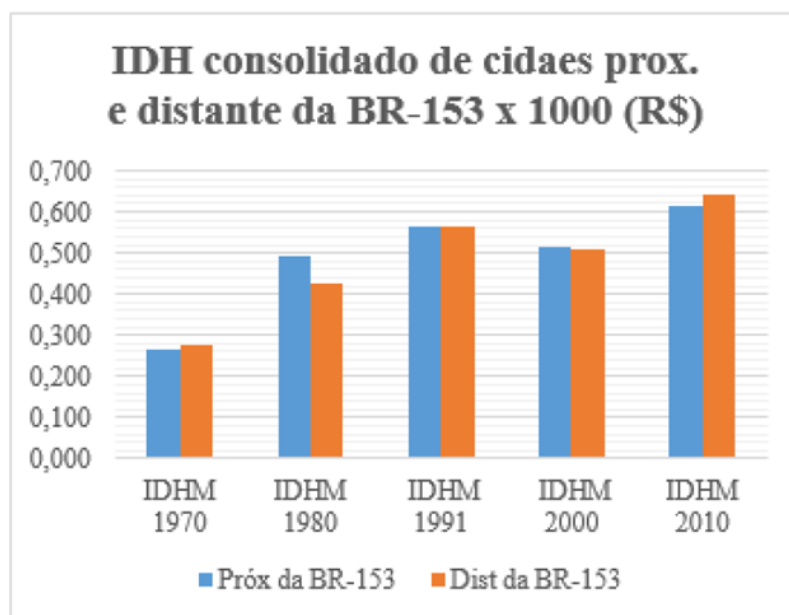
Figura 14: Comparativo Crescimento Populacional



Fonte: Correia apud IBGE (2015).

Conforme pode ser observado na Figura 14, as cidades de Araguaína e Gurupi, que foram consideradas as cidades próximas a BR-153 no estudo de Correia (2015), tiveram um crescimento populacional mais acentuado em comparação com demais cidades abordadas.

Figura 15: Comparativo do IDHM Consolidado

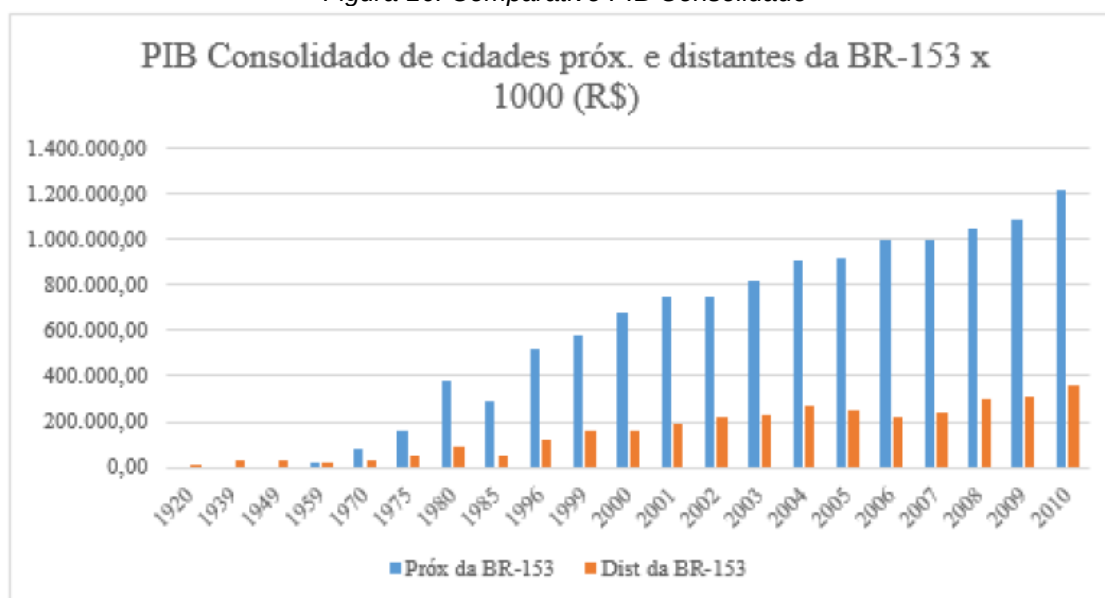


Fonte: Correia apud IBGE (2015).

E mesmo diante do crescimento populacional acelerado que estas cidades tiveram, observando a Figura 15, é possível verificar que o Índice de Desenvolvimento Humano - IDH dessas cidades ficou próximo das cidades consideradas distantes da BR-153, possibilitando o entendimento que crescimento populacional acelerado não comprometeram os índices de saúde, educação e renda, bases para determinação deste índice.

Outro aspecto é o Produto Interno Bruto – PIB, que conforme apresentado Figura 16, nas cidades próximas a BR-153 chegaram a valores até três vezes maiores quando comparado com as cidades distantes, demonstrando a importância que está rodovia para economia das cidades que estão margeando-a.

Figura 16: Comparativo PIB Consolidado



Fonte: Correia apud IBGE (2015).

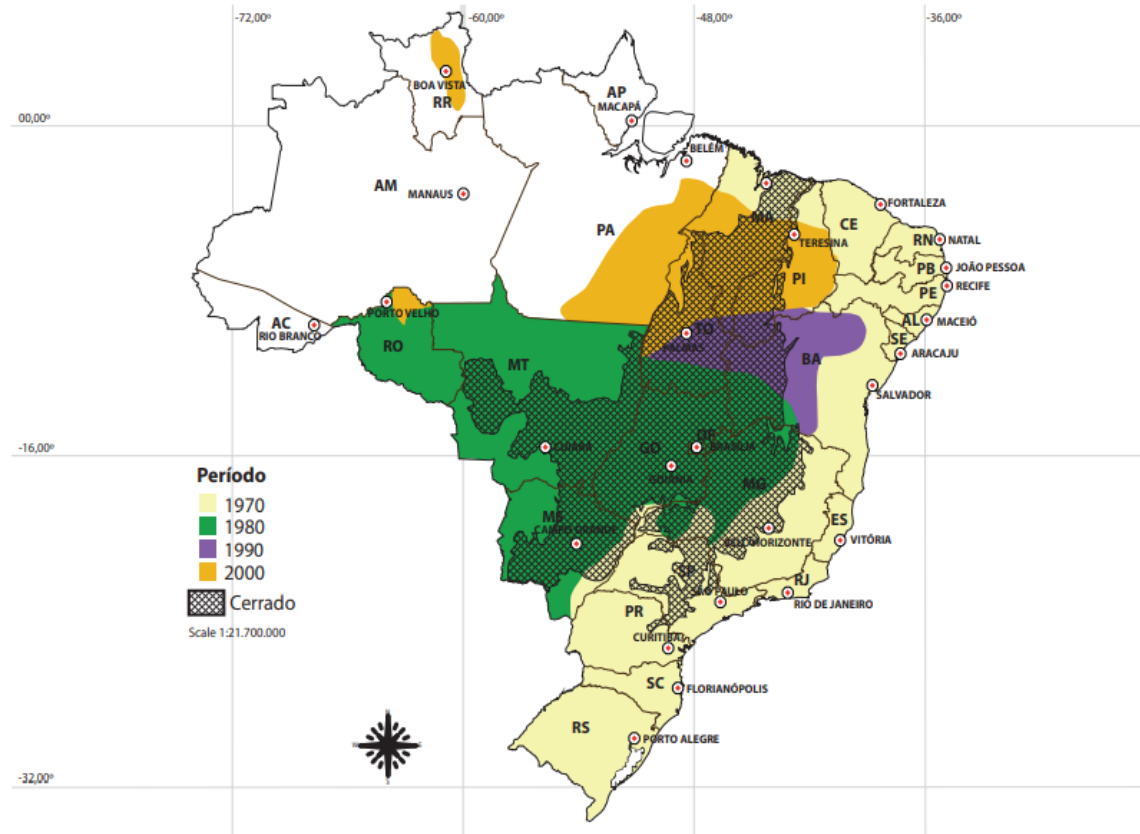
Assim como Correia (2015) constatou, é visível o impulsionamento no qual as cidades às margens da BR-153 passaram após o início da inauguração da BR-153. É notório o desenvolvimento no âmbito econômico, norteados pelos comparativos de PIB, e a expansão populacional.

5.5. O tráfego de veículos da BR-153/TO

A BR-153 é uma via fundamental para o transporte de cargas e abastecimento das regiões que cruza. Observa-se ainda que devido a expansão da agropecuária

para as regiões centro-norte do país a partir da década de 1970, evidenciada na Figura 17, ela se tornou fundamental para auxiliar no escoamento da produção.

Figura 17: Expansão da fronteira agrícola no Brasil e no bioma do Cerrado em diferentes períodos



Fonte: Filho (2016).

Tal situação é evidenciada quando analisamos os estudos de tráfego da rodovia, com base no EVTEA (DNIT, 2010) referente ao trecho urbano da cidade de Aliança - TO, no qual se observou que 72,91% dos veículos que por ali passavam eram veículos de carga (caminhões, reboques e semirreboques). Como pode ser verificado na Tabela 1.

Tabela 1: Quadro de Tráfego Médio Diário Anual - TMDA baseado de observação in-loco 2005

Tráfego Médio Diário Anual na BR-153, no Km 573, no ano de 2005													
Classificação dos Veículos	Autos	Ônibus	Caminhões			Reboques e Semi Reboques							Total
			2C	3C	S-Total	2S1	2S2	2S3	3S3	3C3	3D4	S-Total	
Média Semanal	546	135	225	399	624	3	100	839	249	7	11	1.209	2.514
T.M.D.A.	553	137	228	404	632	3	101	850	253	7	11	1.225	2.547
Porcentagem	21,7%	5,4%	9,0%	15,9%	24,8%	0,1%	4,0%	33,4%	9,9%	0,3%	0,4%	48,1%	100,0%

Fonte: Adaptado DNIT (2010).

Com base nessas informações contidas e considerando as taxas de crescimento de tráfego consideradas no EVTEA (DNIT, 2010), da ordem de 3% ao ano, vemos que seria previsto um tráfego médio de 3.964 veículos de carga ao final do ano de 2020.

Observando os dados apontados, verificamos que as tipologias de veículos de carga mais frequentes são das classes 2S3 (Caminhão Trator + Semirreboque), 3C (Caminhão Trucado) e 3S3 (Caminhão Trator Trucado + Semirreboque), com respectivamente 33,4%, 15,9% e 9,9%. Estes 2 últimos exemplificados nas Figuras 18 e 19.

Figura 18: Exemplo de Caminhão Trucado (Classe 3C)



Fonte: Costa (2018).

Figura 19: Exemplo de Caminhão Trator Trucado + Semirreboque (Classe 3S3)



Fonte: AIZI implementos (2021a).

A considerar a data de levantamento das informações e publicação dos dados, é possível que o número de veículos de carga que trafegam nessa rodovia tenha superado as projeções apresentadas neste estudo, assim como a configuração dos veículos tenha se modificado.

Como exemplo de classe de veículo que possivelmente teve crescimento no volume de tráfego tem-se a 3D4 (Romeu e Julieta), em função da sua geometria que possibilita transportar cargas variadas. Outra classe que pode estar operando nessa rodovia, devido sua maior capacidade de carga, é a 3T6 (Rodotrem), exemplificada na Figura 20, mesmo que não tenha sido identificado dados que comprovem tais apontamentos.

Figura 20: Exemplo de Rodotrem (Classe 3T6)



Fonte: AIZI implementos (2021b).

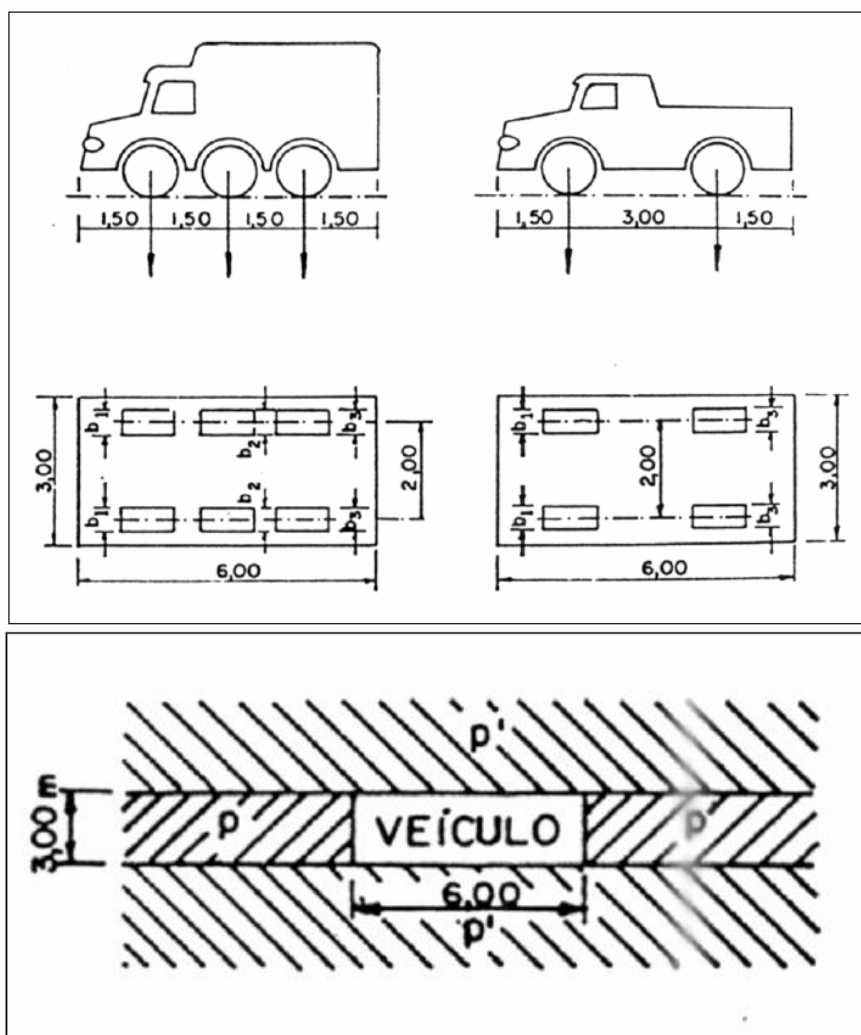
5.6. A norma brasileira de cargas móveis

As cargas móveis são classificadas como ações variáveis, segundo a NBR 8681 (ABNT, 2003), uma vez que seus valores apresentam variações significativas, durante sua vida útil, em torno da sua média. No caso das cargas móveis atuante nas pontes seus valores advêm dos veículos que por ela trafega, sendo fundamental sua análise para determinação dos esforços que irão incidir sobre ela.

A primeira publicação normativa a tratar do assunto, de forma exclusiva, foi a NB-6 (ABNT, 1943), apresentada em seu escopo noções de cargas de multidão e proposição de veículos tipo com cargas definidas.

Posteriormente, em 1960, foi publicada uma revisão da NB-6 (ABNT, 1960), que estabeleceu classes de cargas para as pontes conforme a classe da rodovia em que se localizava. Também foi inserido uma revisão do veículo tipo, como observado na Figura 21, baseado na normativa alemã da época.

Figura 21: Veículos tipo e multidão presentes na NB-6/1960



Fonte: Luchi apud ABNT (1960).

As classes de cargas eram de 360, 240 e 120 kN, sendo as duas primeiras representadas pelo veículo com 3 eixos de rodas e a última pelo veículo com 2 eixos de rodas. Também foram apresentadas diferenciação das cargas uniformemente distribuídas entre as zonas de passeio, laterais ao veículo e nas regiões a frente e atrás do veículo, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Cargas da NB-6 (ABNT, 1960)

Classe da Ponte	Veículo		Carga uniformemente distribuída		Classe da Rodovia
	Tipo	Peso Total (kN)	p (kN/m ²)	p' (kN/m ²)	
36	36	360	5	3	Classe I
24	24	240	4	3	Classe II
12	12	120	3	3	Classe III

Distribuição das Cargas:

- **Carga p:** à frente e atrás do veículo;
- **Carga p':** no restante da pista e passeios.

Fonte: Adaptado ABNT (1960).

Após mais de 20 anos, em 1984, foi publicada a NBR 7188 (ABNT, 1984), que trouxe como principais alterações a substituição das classes de carga de 360 e 240 kN por 450 e 300 kN, respectivamente. Outro aspecto relevante foi a padronização das cargas distribuídas na pista, não havendo distinção entre o carregamento na região lateral do veículo com a frente e atrás, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Cargas da NBR 7188 (ABNT, 1984)

Classe da Ponte	Veículo		Carga uniformemente distribuída	
	Tipo	Peso Total (kN)	p (kN/m ²)	p' (kN/m ²)
45	45	450	5	3
30	30	300	5	3
12	12	120	4	3

Distribuição das Cargas:

- **Carga p:** em toda pista;
- **Carga p':** na região dos passeios.

Fonte: Adaptado ABNT (1984).

Ainda com relação as modificações propostas, ficou estabelecido que o uso das diferentes classes de carregamento seria responsabilidade dos órgãos com jurisdição sobre as pontes a serem executadas, não havendo mais relação com a classe da rodovia que estivesse inserido. Entretanto não houve alteração no veículo tipo abordado, permanecendo o mesmo presente na NB-6/1960.

Esta publicação se manteve válida até 2013, quando foi publicado a segunda edição da NBR 7188 (ABNT, 2013), com esta revisão foram revisados os carregamentos, alterando a classe de 300 kN por 240 kN e excluindo a classe de

carga de 120 kN, conforme apresentado na Tabela 4. Em adição, todas as disposições das cargas passaram a ser realizada de maneira única, não havendo mais a representação dos veículos com 2 eixos, como apresentado na Figura 22.

Tabela 4: Cargas da NBR 7188 (ABNT, 2013)

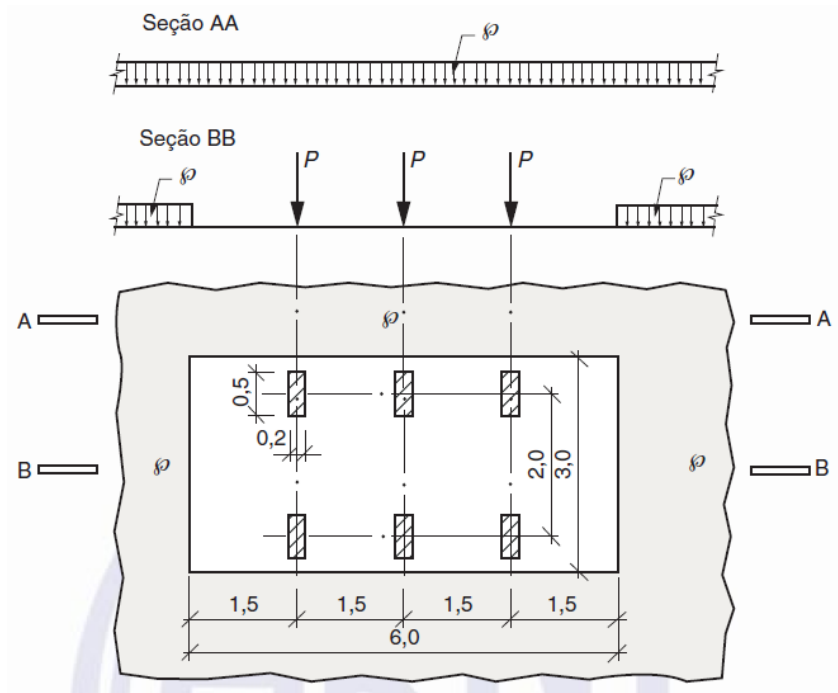
Veículo		Carga uniformemente distribuída	
Tipo	Peso Total (kN)	p (kN/m ²)	p' (kN/m ²)
TB-450	450	5	3
TB-240	240	4	3

Distribuição das Cargas:

- Carga **p**: em toda pista;
- Carga **p'**: na região dos passeios.

Fonte: Adaptado ABNT (2013).

Figura 22: Disposição das cargas estáticas



Fonte: ABNT (2013).

Também foi apresentado coeficientes para majoração das cargas, sendo eles o Coeficiente de Impacto Vertical – CIV, Coeficiente do Número de Faixas – CNF e o Coeficiente de Impacto adicional – CIA, que combinados se caracterizam como o efeito dinâmico das cargas móveis (φ).

Este efeito dinâmico das cargas móveis, passaram a ser considerado para o dimensionamento das estruturas de pontes a partir de 1961, com a publicação da NBR

NB-2 (ABNT, 1961). Com a publicação da NBR 7187 (ABNT, 1987), este coeficiente passou a compor seu escopo e sendo mantido na revisão da NBR 7187 (ABNT, 2003). Na Tabela 5 é possível observar a determinação deste coeficiente de acordo com cada publicação para as obras rodoviárias.

Tabela 5: Determinação do efeito dinâmico conforme as normas

NB-2 (ABNT, 1961)	$\varphi = 1,4 - 0,007 * l > 1,0$
NBR 7187 (ABNT, 1987)	$\varphi = 1,4 - 0,007 * l > 1,0$
NBR 7187 (ABNT, 2003)	$\varphi = 1,4 - 0,007 * l > 1,0$
	$\varphi = CIV * CNF * CIA$
	$CIV = 1,35, \text{para vãos menores que } 10,0m$
	$CIV = 1 + 1,06 * \left(\frac{20}{Liv + 50} \right), \text{para vãos entre } 10,0 \text{ e } 200,0 m$
NBR 7188 (ABNT, 2013)	$CNF = 1 - 0,05 * (n - 2) > 0,9$
	$CIA = 1,25, \text{para obras em concreto ou mistas}$
	$CIA = 1,15, \text{para obras em aço}$

Sendo:

- ***l***: é o vão teórico do elemento carregado;
- ***Liv***: é o vão isostático, média dos vãos nos casos de vãos contínuos ou comprimento do balanço para estruturas em balanço;
- ***n***: número de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo.

Fonte: Autor (2021).

6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

6.1. Aspectos Gerais

O presente trabalho foi desenvolvido através de um estudo de caso da Ponte sobre o Rio Lontra, no qual inicialmente foi caracterizada a ponte estudada, posteriormente selecionados os veículos que seriam abordados, sendo eles:

- O veículo tipo 36, da NB-6 (ABNT, 1960), que será abordado como veículo 1;
- O veículo tipo TB-450, da NBR 7188 (ABNT, 2013), que será abordado como veículo 2;
- Caminhão Trator + Semirreboque, que será abordado como veículo 3;
- Caminhão Romeu e Julieta com comprimento de 19,80m, que será abordado como veículo 4;
- Rodotrem com comprimento de 25,00m, que será abordado como veículo 5.

Os últimos três veículos foram obtidos do QFV (DNIT, 2012). Em sequência foram determinadas as cargas móveis que incidiram nas seções transversais e longitudinais. Com esses valores consolidados foram determinadas as envoltórias de momento fletor e esforços cortantes com auxílio do software FTOOL (PUC-Rio, 2017) e por fim discutidos os resultados obtidos.

6.2. Ponte analisada

A ponte considerada como objeto do estudo é uma ponte rodoviária, em vigas, de médio vão, com comprimento total de 35 metros, que está situada na entrada do perímetro urbano da cidade de Araguaína e é responsável por permitir o tráfego de veículos sobre o rio Lontra no sentido sul-norte, ilustrada nas Figuras 23, 24 e 25.

Esta foi a primeira, das três pontes que existe nesse trecho atualmente, e foi executada na década de 1970, devido ao processo de expansão da cidade e a inauguração da Pequena Central Hidrelétrica - PCH Corujão, também no rio Lontra, as outras duas foram executadas no processo de duplicação e criação das marginais nos anos 2000.

Figura 23: Vista aérea da ponte analisada



Fonte: Google Earth Pro (2021).

Figura 24: Vista da entrada da ponte analisada



Fonte: Autor (2021).

Figura 25: Vista da saída da ponte analisada



Fonte: Autor (2021).

Na visita realizada *in loco* não foi possível visualizar na totalidade a estrutura da ponte, entretanto é possível identificar que foram realizadas algumas ações de manutenção, principalmente na parte de proteção contra água, conforme pode ser observado na Figura 26, uma vez que no período chuvoso o nível do rio eleva significativamente.

Figura 26: Vista da estrutura da ponte analisada



Fonte: Autor (2021).

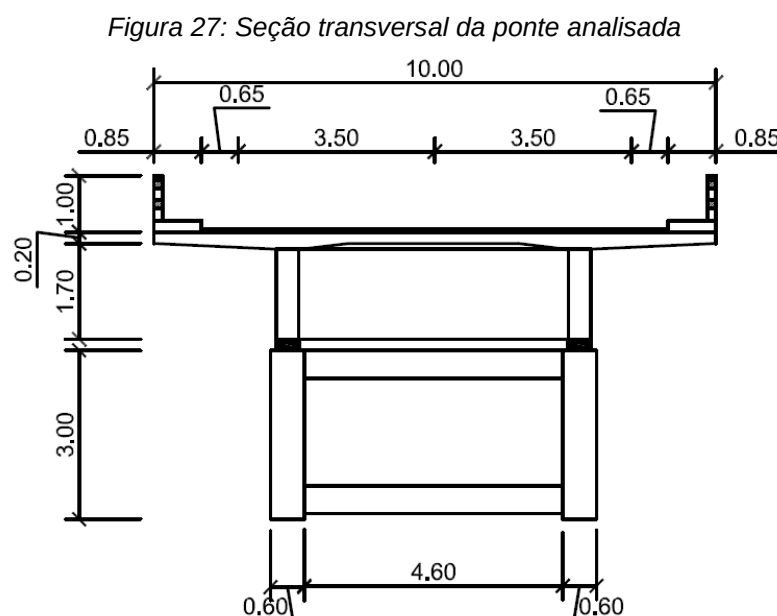
Em diálogos com representantes das superintendências regionais, de Araguaína e Palmas, do DNIT, foi possível obter informações relevantes sobre a Rodovia BR-153 e disponibilizaram um projeto com as dimensões, presente no Anexo G, com base no levantamento realizado no ano de 2018 pelo órgão.

Entretanto, devido à idade desta ponte não foi possível obter informações sobre o projeto original, tão pouco ter conhecimento dos carregamentos considerados, memoriais de cálculo e estudos de tráfegos correlatos.

Além do projeto disponibilizado, pelo DNIT, foi utilizado o EVTEA (DNIT, 2010) de um trecho da rodovia que passa pela cidade de Aliança no Tocantins, por ser o dado mais recente atualmente publicado para esta rodovia dentro do estado.

Com relação a ponte analisada, ela é uma ponte em vigas contínuas, com seção celular de seção transversal constante e simétrica durante toda sua extensão.

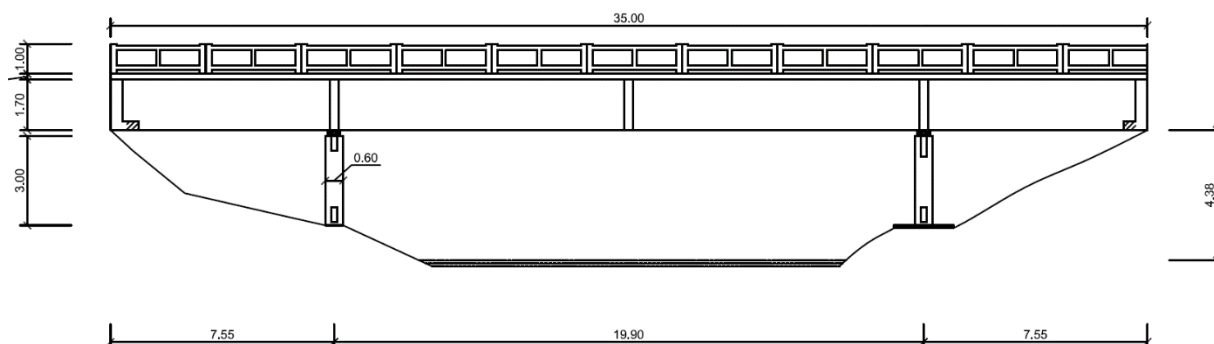
A seção transversal apresenta largura total de 10,00 metros, no qual são compostos por duas faixas de rolamento de 3,50 metros, dois recuos laterais simétricos de 0,65 metro e duas barreiras laterais de 0,85 metro, como pode ser observado na Figura 27.



Fonte: Adaptado DNIT (2018).

A seção longitudinal tem extensão total de 35 metros, com um vão central de 19,90 metros e dois trechos em balanço de 7,55 metros, como pode ser observado na Figura 28.

Figura 28: Seção longitudinal da ponte analisada



Fonte: Adaptado DNIT (2018).

6.3. Caracterização dos veículos abordados

Foram definidos 5 veículos distintos para composição do trabalho, sendo que dois representantes das normas que abordam as cargas móveis a serem consideradas nos projetos de pontes e os três restantes representantes dos veículos de carga modernos que possuem dimensões e capacidade de carga compatíveis com o QFV (DNIT, 2012).

O primeiro veículo a ser abordado, que foi intitulado de veículo 1, é veículo tipo 36, referente a NB-6 (ABNT, 1960), com peso total de 36 toneladas (360 kN), possuindo 3 eixos e 6 rodas, comprimento de 6 metros e largura de 3 metros. Foram consideradas as cargas distribuídas, na região externa ao veículo conforme a NB-6 (ABNT, 1960). O veículo 1 foi considerado em função de ser o veículo que era recomendado para o dimensionamento da ponte na época em que ela foi projetada e executada.

O segundo veículo considerado, que foi intitulado de veículo 2, é o veículo tipo TB-450, referente a NBR 7188 (ABNT, 2013), com peso total de 45 toneladas (450 kN) possuindo 3 eixos e 6 rodas, comprimento de 6 metros e largura de 3 metros, com a mesma disposição abordada do veículo 1. As cargas distribuídas, na região externa ao veículo conforme a NBR 7188 (ABNT, 2013).

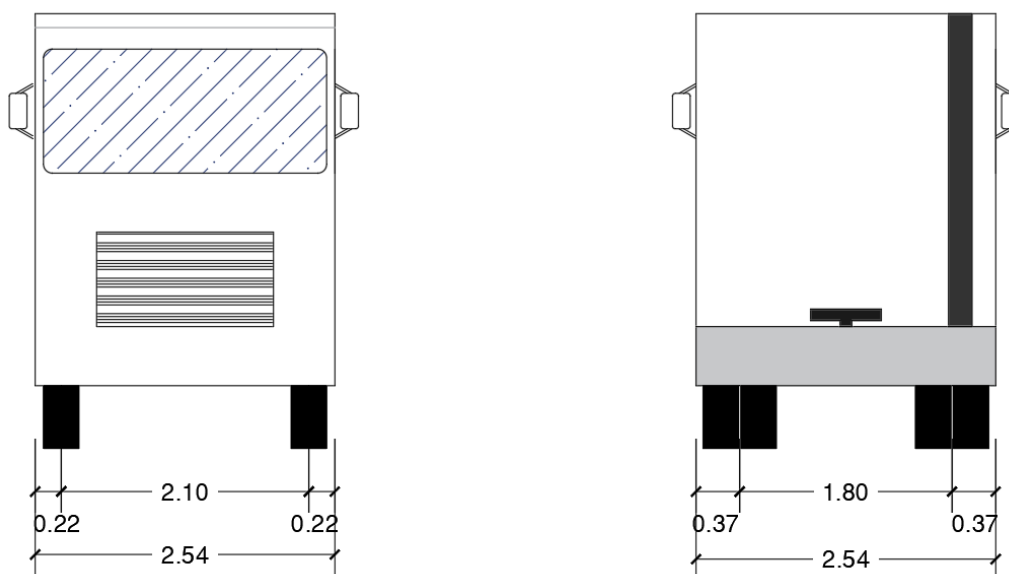
O veículo 2 foi abordado por se tratar do veículo tipo recomendado pela norma vigente, sua adoção é recomendada atualmente para dimensionamento de projetos de novas pontes e recomendada a adoção nos casos de intervenções das pontes existentes em obras rodoviárias.

Para definição das dimensões veículos de carga usuais, foram considerados as fichas técnicas, disponíveis nos Anexos B e C, dos caminhões Actros 2045 e Actros 2653, da fabricante Mercedes-Benz. A escolha pela fabricante ser atualmente a líder de mercado, conforme apurou Kutney (2021), e os modelos atenderem as especificações de eixos e capacidade de carga dos veículos tratados.

Com relação aos implementos, foram consideradas as fichas técnicas da fabricante Facchini para as categorias Semirreboque, Bitrem e Rodotrem para transporte graneleiro, conforme disponibilizados nos Anexos D, E e F. Tal escolha decorreu em função do fabricante ser líder de mercado, conforme apurou Duarte (2020), e o produto graneleiro, que se destina ao transporte de cargas secas a granel, pela crescente produção agropecuária do estado, conforme reportagem do Canal Rural (2020).

Diante das informações levantadas com as fichas técnicas, foram obtidas as dimensões longitudinais dos veículos, e para as dimensões transversais foram padronizadas as dimensões, adotando valores médios para a largura do veículo, assim como para a bitola dos eixos simples e duplos, conforme pode ser observado na Figura 29.

Figura 29: Dimensões transversais dos veículos abordados

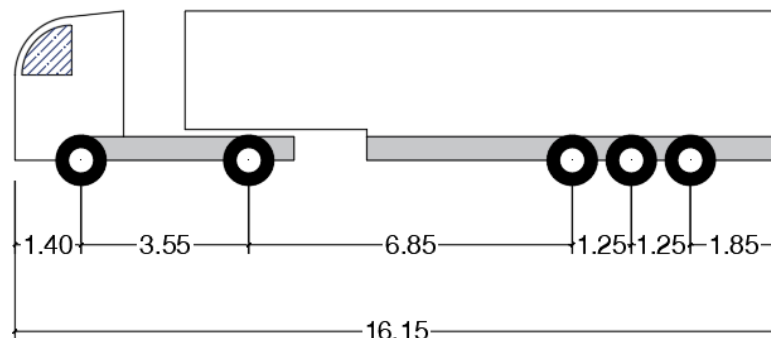


Fonte: Autor (2021).

Para o Caminhão Trator + Semirreboque, que foi intitulado de veículo 3, com PBTC de 41,5 toneladas (415 kN), que possui 16,15 metros de comprimento, 3 grupos

de eixos (1 eixo simples de 6 toneladas, 1 eixo duplo de 10 toneladas e 1 eixo em tandem triplo de 25,5 toneladas) e 5 eixos ao total, com a disposição longitudinal dos eixos representadas na Figura 30.

Figura 30: Disposição longitudinal eixos – Veículo 3

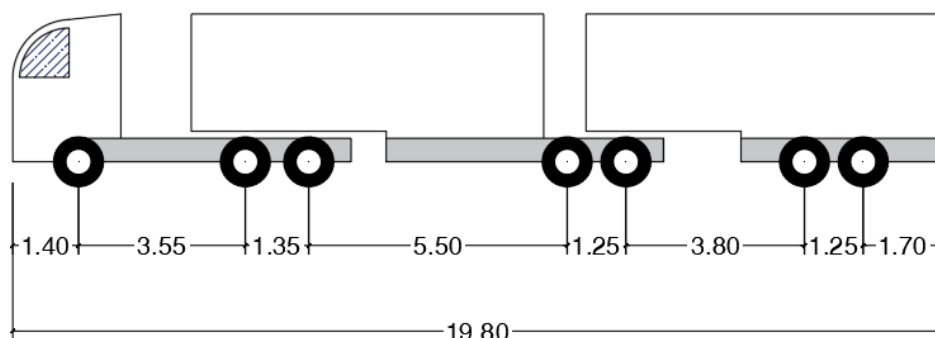


Fonte: Autor (2021).

Este veículo, que segundo o QFV (DNIT, 2012) se enquadra na classe 2S3, foi considerado em função de representar 9,90% dos veículos presentes no TMDA da rodovia, apresentado no item 5.5 na Tabela 1, sendo o veículo com maior representatividade, 33,4%.

Para o Caminhão Romeu e Julieta, que foi intitulado de veículo 4, com PBTC de 57 toneladas (470 kN), que possui 19,80 metros de comprimento, 4 grupos de eixos (1 eixo simples de 6 toneladas e 3 eixos em tandem duplo de 17 toneladas) e 7 eixos ao total, com a disposição longitudinal dos eixos representadas na Figura 31.

Figura 31: Disposição longitudinal eixos – Veículo 4

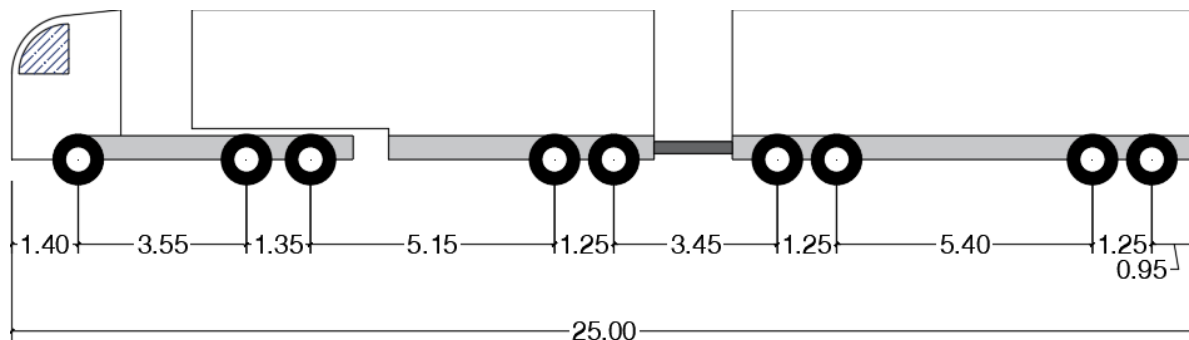


Fonte: Autor (2021).

Sendo o veículo 4, pertencente à classe 3D4 segundo o QFV (DNIT, 2012), foi abordado por ser o veículo mais pesado a aparecer no TMDA apresentado, mesmo que represente apenas 0,40% do tráfego observado.

Por último, foi considerado também o Rodotrem, intitulado veículo 5, que possui o PBTC de 74 toneladas (740 kN), distribuído ao longo de 5 grupos de eixos (1 eixo simples de 6 toneladas e 4 eixos em tandem duplo de 17 toneladas) e 9 eixos ao total, com comprimento total de 25,00 metros, conforme apresentado na Figura 32.

Figura 32: Disposição longitudinal eixos – Veículo 5



Fonte: Autor (2021).

A escolha do veículo decorreu por se enquadrar em uma das classes de veículos que atuam no PBTC limite estabelecido pela Resolução nº 211 (CONTRAN, 2006), sendo classificado pelo QFV (DNIT, 2012) na classe 3T6. Mesmo que não seja citado no TMDA, sua carga é mais que duas vezes superior ao carregamento do veículo 1.

Para os veículos 3, 4 e 5, para proporcionar uma paridade de condições de carregamento, além das cargas dos veículos, foi considerada a carga uniformemente distribuída na região externa ao veículo, adotando os valores estabelecidos pela NBR 7188 (ABNT, 2013).

Tal medida se fez necessária uma vez que as cargas totais dos veículos apresentam a mesma ordem de grandeza, logo ao desprezar as cargas uniformemente distribuídas haveria uma minoração dos esforços gerados pelos veículos modernos com relação aos veículos estabelecidos pelas normas.

Não foram abordados os carregamentos provenientes de peso próprio, uma vez que a proposição do estudo se baseia na análise dos esforços característicos proporcionados pelas cargas móveis.

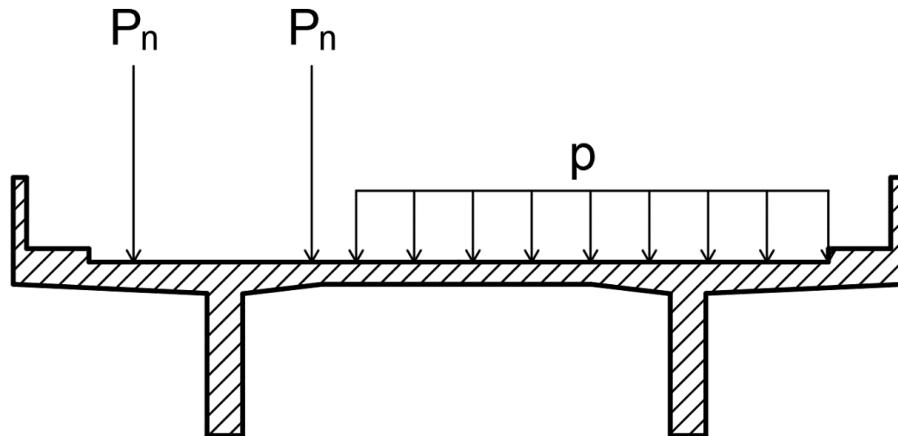
6.4. Composição dos Carregamentos Móveis

Para composição dos carregamentos móveis, inicialmente foram analisados os eixos dos veículos abordados no trabalho, tanto no tocante a suas dimensões como carregamento por roda. Sendo que nos eixos com rodas duplas foi considerado o conjunto de rodas como um único pneu largo, com a carga oriunda da soma do carregamento de cada pneu individualmente e posição de aplicação da carga o ponto médio entre o local de aplicação de carga de cada pneu individualmente.

Posteriormente foi determinada a linha de influência para a seção transversal da ponte, tendo como referência um dos apoios para lançamentos das cargas de cada tipologia de eixo e assim poder compor os carregamentos que incidiram sobre a seção longitudinal. O lançamento foi realizado conforme apresentado a seguir:

- Regiões internas do veículo: realizado um corte para cada carregamento de eixo diferente e aplicada uma carga estática da carga móvel distribuída ao longo da região externa ao veículo, conforme Figura 33;

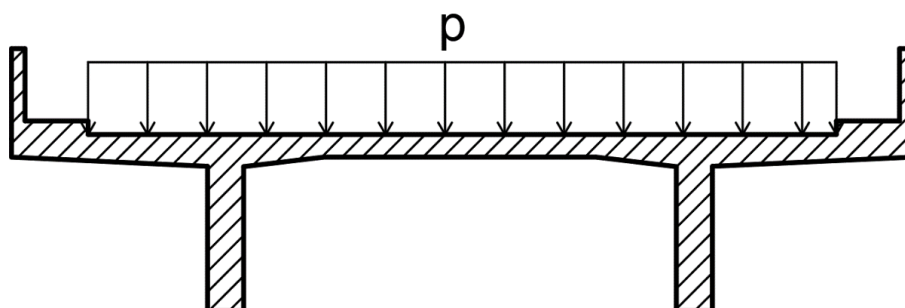
Figura 33: Corte que passa no eixo do veículo



Fonte: Autor (2021).

- Região externa do veículo: realizado um único corte com a aplicação da carga estática da carga móvel distribuída ao longo de toda seção transversal, conforme Figura 34.

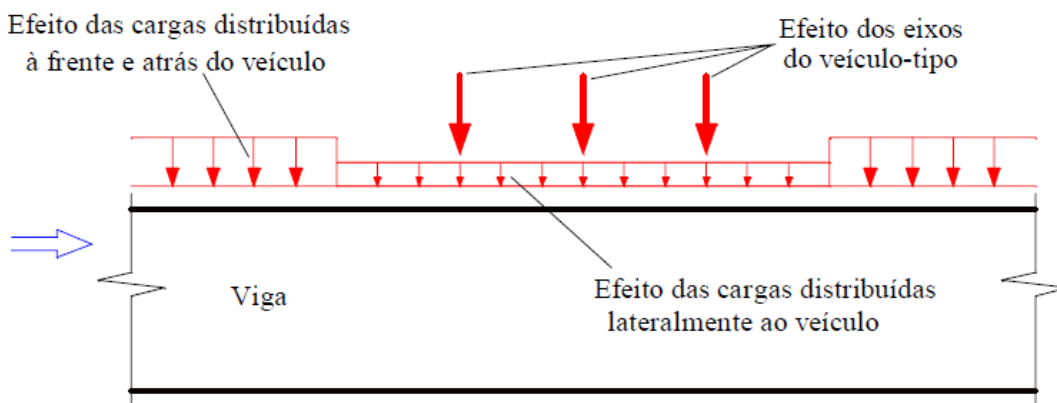
Figura 34: Corte que passa na região externa ao veículo



Fonte: Autor (2021).

Após a determinação das reações geradas por cada tipologia de eixo, com estes valores foram estabelecidas as cargas dos carregamentos móveis que foram implementadas na seção longitudinal das pontes, conforme exemplificado na Figura 35.

Figura 35: Distribuição dos carregamentos móveis na viga



Fonte: El Debs e Takeya (2010).

6.5. Determinação das envoltórias de Momentos Fletores e Esforços Cortantes

Conhecida a distribuição dos carregamentos, foram inseridos os carregamentos no software FTOOL (PUC-Rio, 2017), no qual foram lançados parâmetros genéricos referentes a geometria dos elementos e propriedade dos materiais que, para análise das envoltórias de momentos fletores e esforços cortantes, não causam influência nos resultados.

Com os carregamentos lançados, o software realizou a simulação da linha de influência em toda estrutura fornecendo de forma gráfica os resultados da envoltória requerida, com os pontos de máximos e mínimos, assim como as inflexões das tensões na estrutura.

No processo de lançamento dos dados foram considerados os efeitos dinâmicos dos carregamentos, calculando os valores deste coeficiente para o veículo 1 com base na NB-2 (ABNT, 1961) e para todos os demais veículos assumiu as considerações presentes na NBR 7188 (ABNT, 2013).

Entretanto, devido a limitações do software no tocante a quantidade de coeficientes que podem ser inseridos por análise, que é restrito a um, foram considerados os valores do coeficiente do vão central para toda a estrutura, por ser nessa região no qual se apresentam os máximos valores no tocante as envoltórias de momentos fletores e esforços cortantes.

6.6. Análise dos Resultados

Com base no valor dos valores de máximos e mínimos fornecidos pelas envoltórias, foi realizado um comparativo dos valores para compreender qual a influência que as diferentes cargas e distribuições acarretaram aos esforços atuantes da ponte analisada.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1. Caracterização dos veículos abordados

Tendo conhecimento das capacidades de carga dos veículos e suas dimensões, conforme apresentado no item 6.3, foram calculados os carregamentos por eixo para cada classe de veículo. Para tal, inicialmente foram analisadas as cargas de cada grupo de eixos, conforme apresentado na Tabela 6.

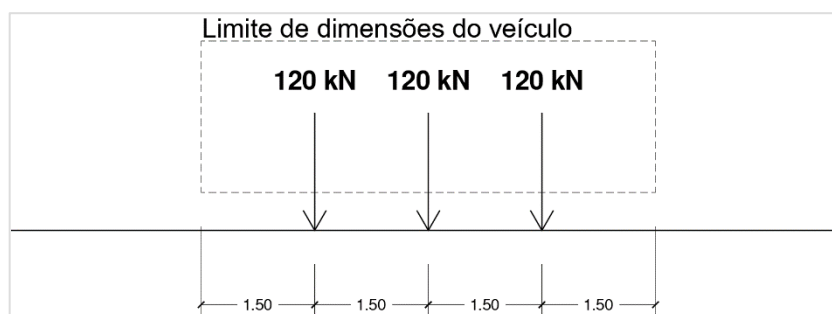
Tabela 6: Tabela de cargas por eixo

Eixo	Veículos que apresentam esse eixo	Carga total (kN)	Nº Eixos	Carga por eixo (kN)
Eixo do Veículo 1	1	360	3	120,0
Eixo do Veículo 2	2	450	3	150,0
Eixo Simples	3, 4 e 5	60	1	60,0
Eixo Duplo	3	100	1	100,0
Eixo em Tandem Duplo	4 e 5	170	2	85,0
Eixo em Tandem Triplo	3	255	3	85,0

Fonte: Autor (2021).

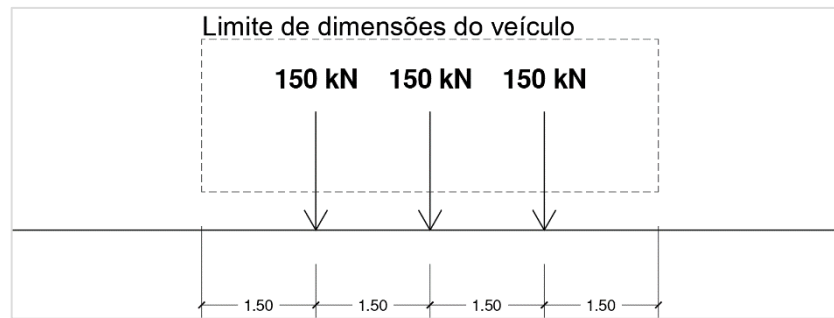
Conhecidas as cargas incidentes por eixo e por roda, foi elaborado um esquema de dispersão dos carregamentos para cada veículo, conforme apresentado nas Figuras 36 a 40.

Figura 36: Dispersão das cargas por eixo – Veículo 1



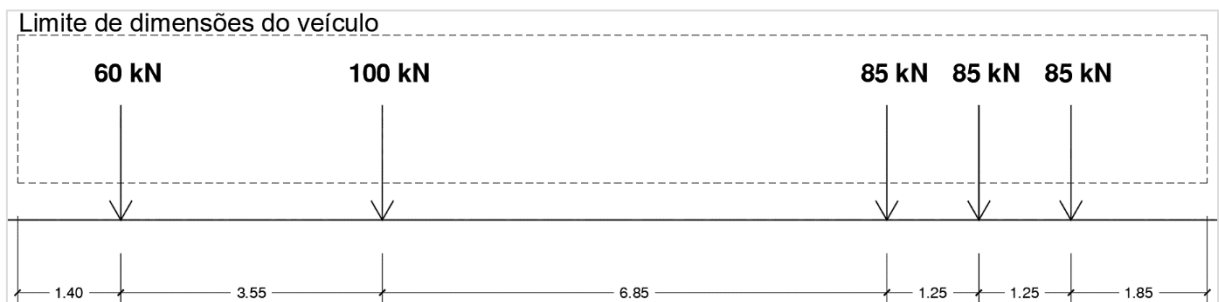
Fonte: Autor (2021).

Figura 37: Dispersão das cargas por eixo – Veículo 2



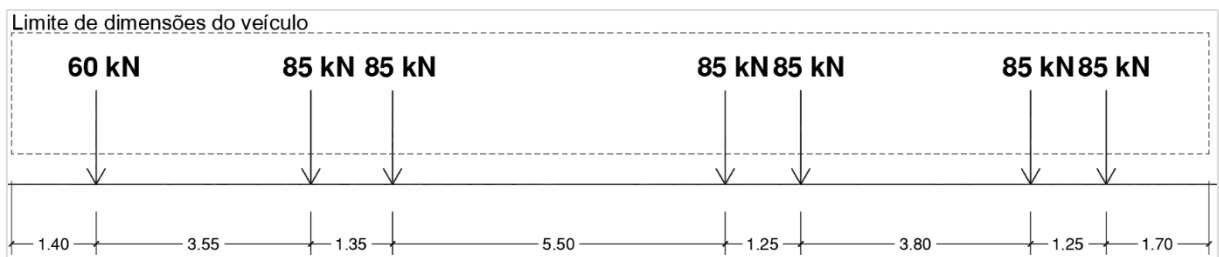
Fonte: Autor (2021).

Figura 38: Dispersão das cargas por eixo – Veículo 3



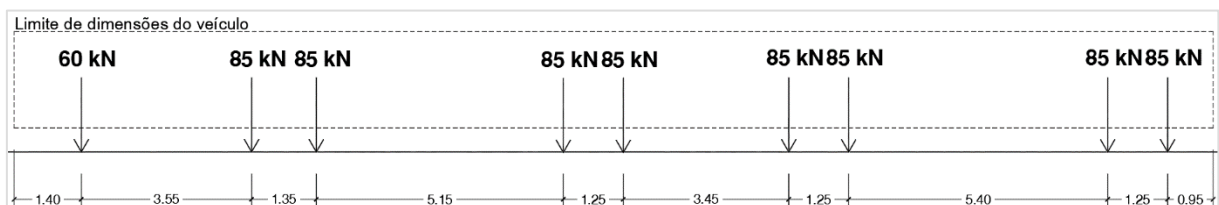
Fonte: Autor (2021).

Figura 39: Dispersão das cargas por eixo – Veículo 4



Fonte: Autor (2021).

Figura 40: Dispersão das cargas por eixo – Veículo 5



Fonte: Autor (2021).

7.2. Composição dos Carregamentos Móveis

Com base nas dispersões de carregamentos dos veículos e disposição dos eixos foram determinadas as cargas por eixo na seção transversal para obter os valores de reações considerados ao longo da seção longitudinal.

7.2.1. Determinação das Cargas por Eixo

Em observação os valores presentes na Tabela 6, foi possível constatar que existem 5 carregamentos diferentes por eixo dentro dos veículos abordados, o lançamento dos carregamentos na seção transversal será realizado com base na carga por eixo. Conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Resumo das cargas por eixo e cargas por roda

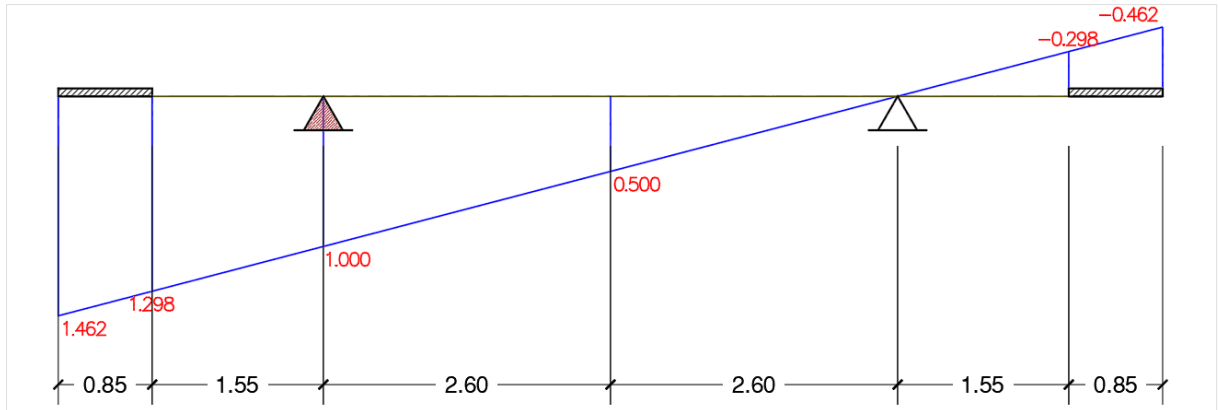
Carga por eixo (kN)	Veículos que apresentam essa carga	Carga por roda (kN)
120,0	1	60,0
150,0	2	75,0
60,0	3, 4 e 5	30,0
100,0	3	50,0
85,0	3, 4 e 5	42,5

Fonte: Autor (2021).

7.2.2. Linha de influência e cargas por eixo da seção transversal

Foi determinada a linha de influência da seção transversal adotando o apoio da esquerda como referência, como pode ser observado na Figura 41, sendo que a aplicação dos carregamentos iniciando a partir de 0,85 metro das extremidades, para que não fossem aplicadas cargas na região do passeio.

Figura 41: Linha de influência da seção transversal



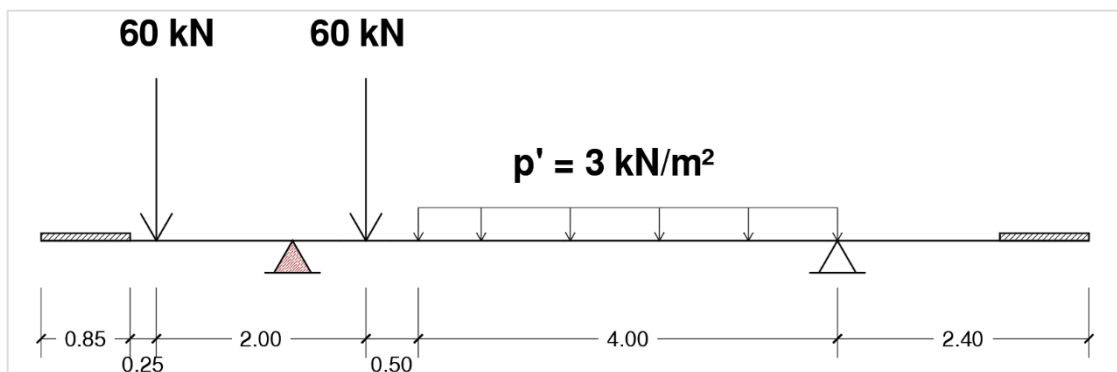
Fonte: Autor (2021).

Com base na linha de influência, foram dispostas as cargas para cada tipologia de eixos e na região externa ao veículo foram aplicadas as cargas uniformemente distribuídas, definida conforme o veículo que apresenta o carregamento por eixo.

Para todos os eixos analisados, foram considerados as rodas faceando o guarda rodas e as dimensões passaram as distâncias de aplicação de cargas contadas a partir daquele ponto.

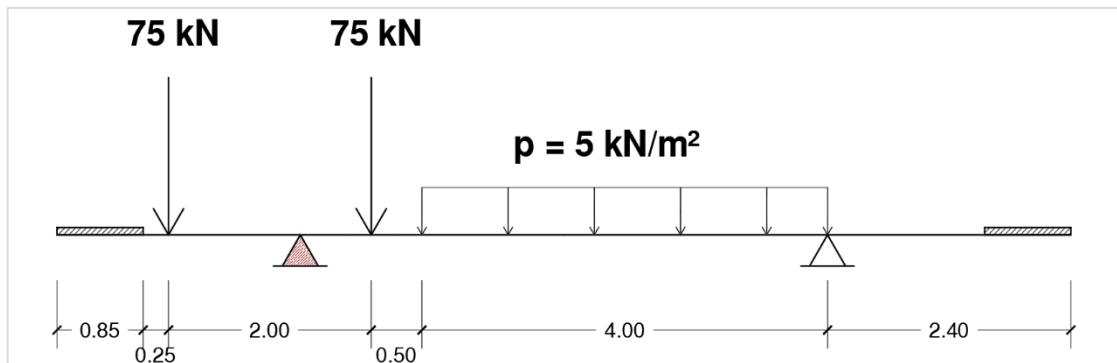
Desta forma podemos observar a disposição dos carregamentos conforme as Figuras 42 a 46.

Figura 42: Posicionamento das cargas – Eixo de 120 kN (Veículo 1)



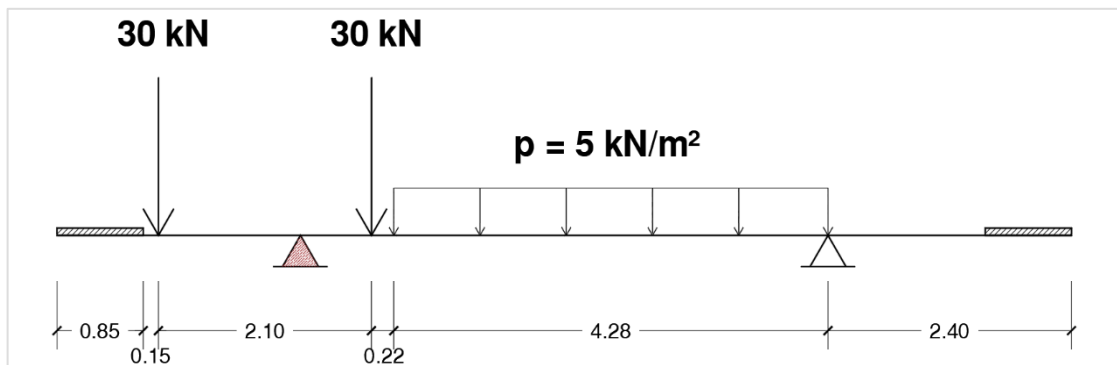
Fonte: Autor (2021).

Figura 43: Posicionamento das cargas – Eixo de 150 kN (Veículo 2)



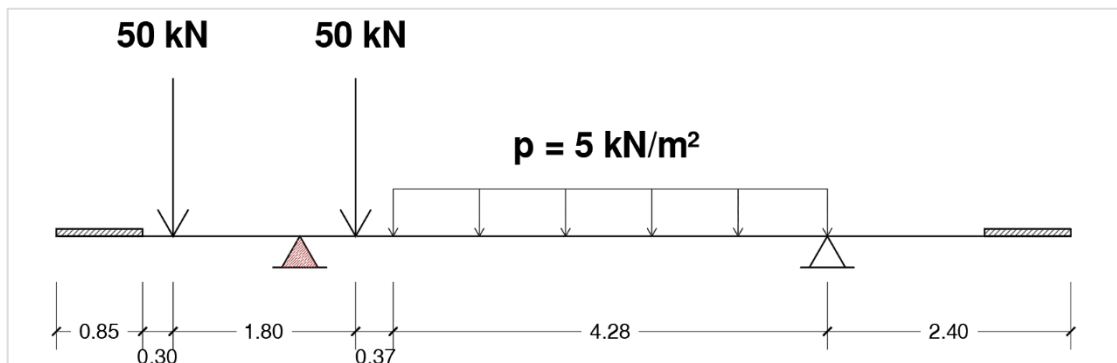
Fonte: Autor (2021).

Figura 44: Posicionamento das cargas – Eixo de 60 kN (Veículos 3, 4 e 5)



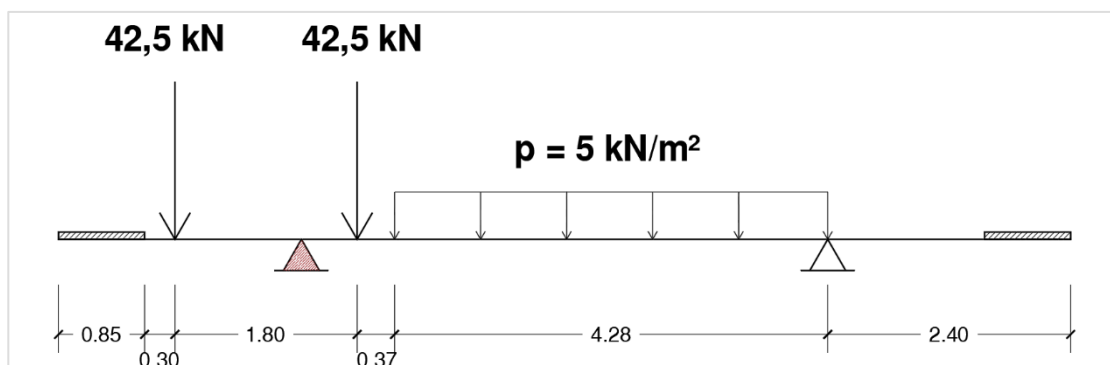
Fonte: Autor (2021).

Figura 45: Posicionamento das cargas – Eixo de 100 kN (Veículo 3)



Fonte: Autor (2021).

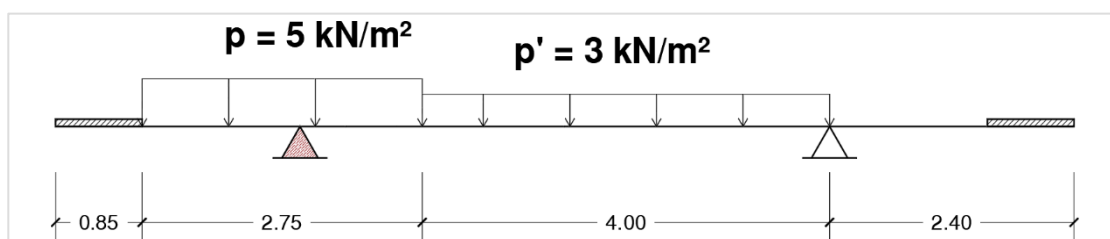
Figura 46: Posicionamento das cargas – Eixo de 85 kN (Veículos 3, 4 e 5)



Fonte: Autor (2021).

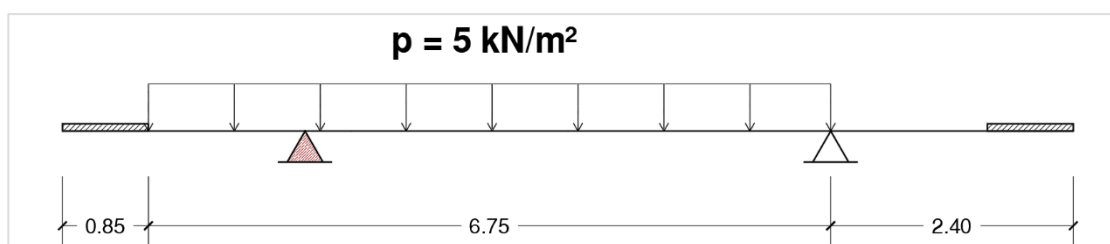
Foram lançados também os carregamentos na região externa ao veículo, considerando a situação presente na NB-6 (ABNT, 1960), para o veículo 1, e na NBR 7188 (ABNT, 2013) para os demais veículos, os lançamentos podem ser observados nas Figuras 47 e 48.

Figura 47: Posicionamento das cargas da região sem veículo NB-6/1960



Fonte: Autor (2021).

Figura 48: Posicionamento das cargas da região sem veículo NBR 7188/2013



Fonte: Autor (2021).

Conforme a disposição das cargas observadas, foi possível determinar quais carregamentos iriam incidir na seção longitudinal de acordo com cada eixo a ser analisado, os resultados podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8: Quadro de cargas resultantes por tipologia de eixo

Eixo	Carga Resultante Pontual (kN)	Carga Resultante Distribuída (kN/m)
120 kN	126,90	4,61
150 kN	158,63	7,69
60 kN	64,02	8,81
100 kN	106,70	8,81
85 kN	90,70	8,81
Região sem veículo – NB-6/1960	-	18,82
Região sem veículo – NBR 7188/2013	-	21,90

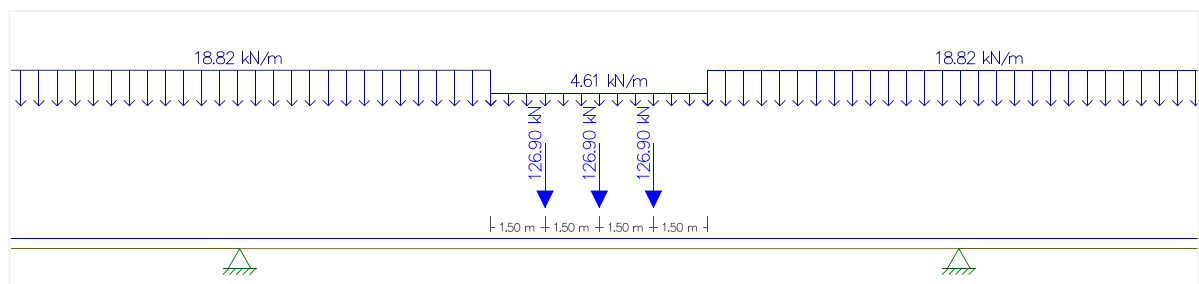
Fonte: Autor (2021).

Foram determinados também os coeficientes de efeitos dinâmicos, seguindo as determinações das normas, conforme disposto no item 5.6. Para o veículo 1, valor do coeficiente foi de 1,261 calculado usando as recomendações presentes na NB-2 (ABNT, 1961), para os demais veículos foi obtido o valor de 1,629, seguindo as orientações contidas na NBR 7188 (ABNT, 2013).

7.2.3. Carregamentos na seção longitudinal

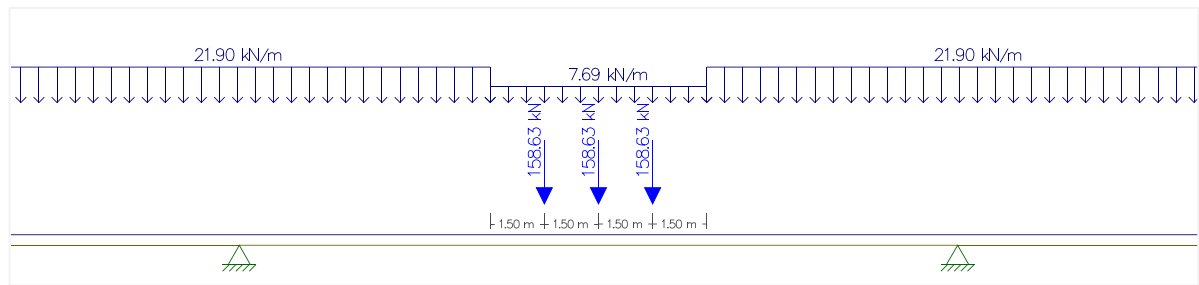
Conhecido os carregamentos de cada eixo, foi realizada a distribuição dos carregamentos conforme as dimensões de cada veículo considerado, conforme pode ser observado nas Figuras 49 a 53.

Figura 49: Distribuição dos carregamentos – Veículo 1



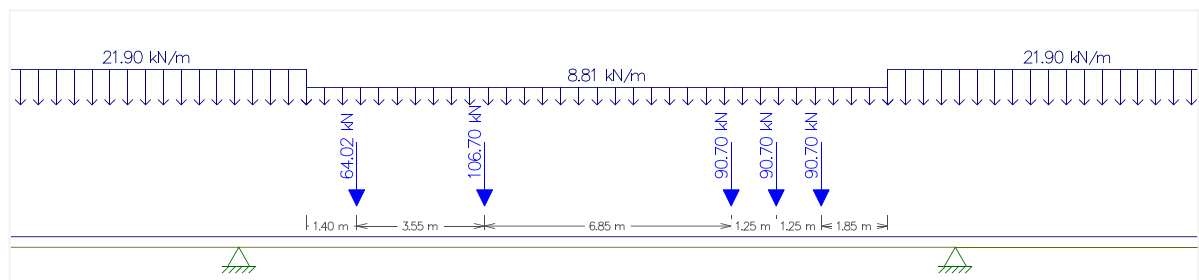
Fonte: Autor (2021).

Figura 50: Distribuição dos carregamentos – Veículo 2



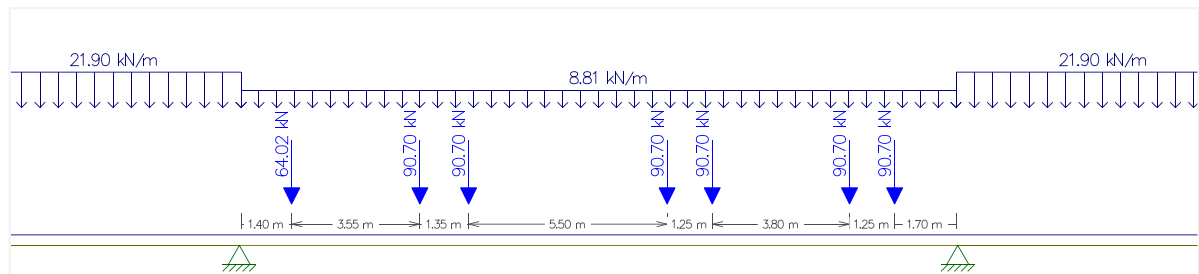
Fonte: Autor (2021).

Figura 51: Distribuição dos carregamentos – Veículo 3



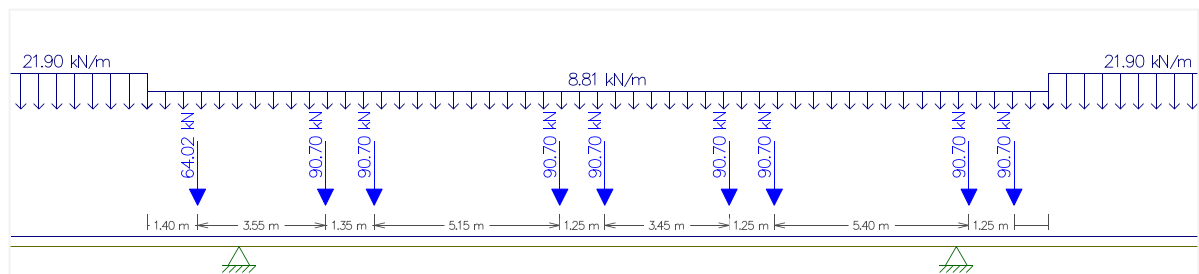
Fonte: Autor (2021).

Figura 52: Distribuição dos carregamentos – Veículo 4



Fonte: Autor (2021).

Figura 53: Distribuição dos carregamentos – Veículo 5



Fonte: Autor (2021).

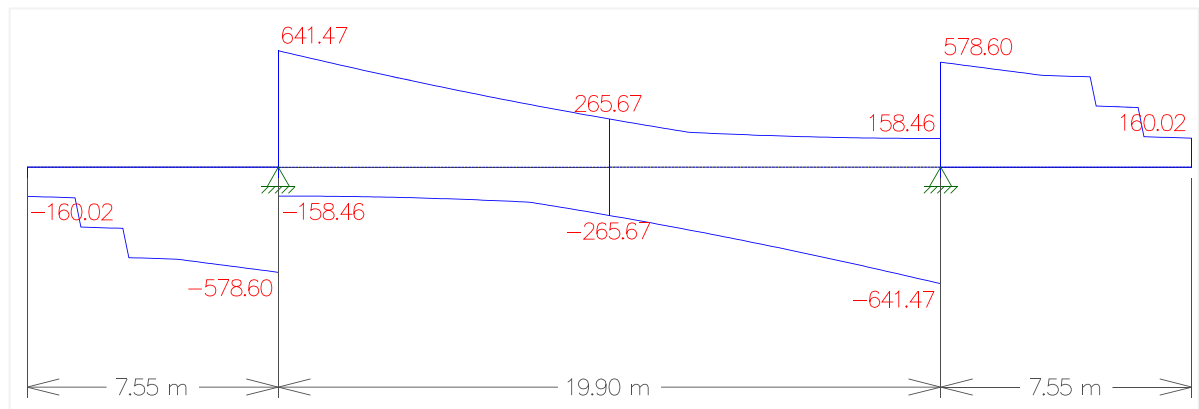
7.3. Determinação das envoltórias

Conhecida a distribuição dos carregamentos, foram inseridos os carregamentos no software FTOOL (PUC-Rio, 2017), no qual foram lançados parâmetros genéricos referentes a geometria dos elementos e propriedades dos materiais,

7.3.1. Envoltórias de Esforços Cortantes

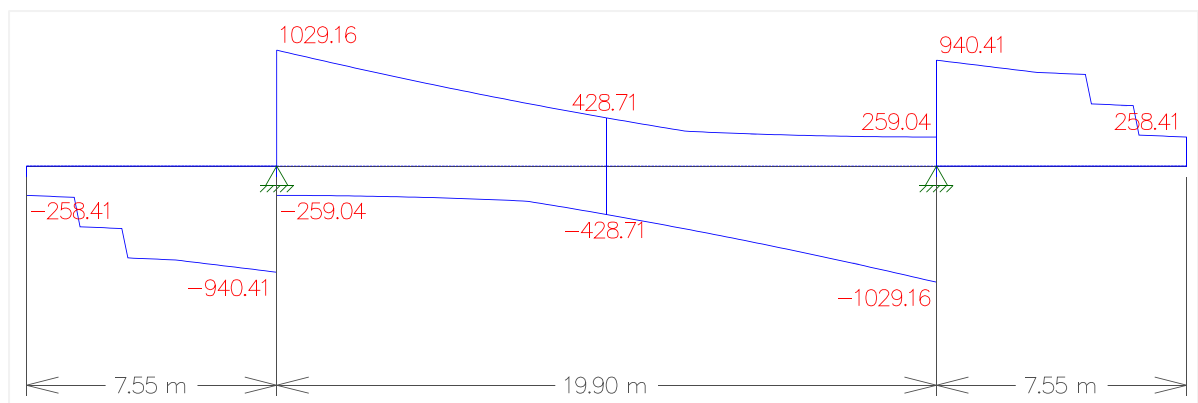
Dessa forma, foram obtidas as seguintes envoltórias dos esforços cortantes, apresentadas nas Figuras 54 a 58.

Figura 54: Envoltória de esforços cortantes – Veículo 1



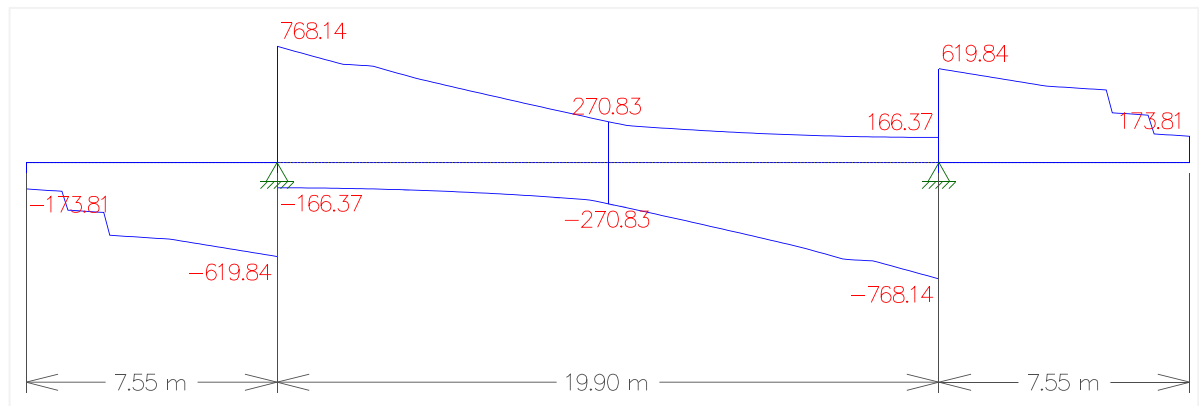
Fonte: Autor (2021).

Figura 55: Envoltória de esforços cortantes – Veículo 2



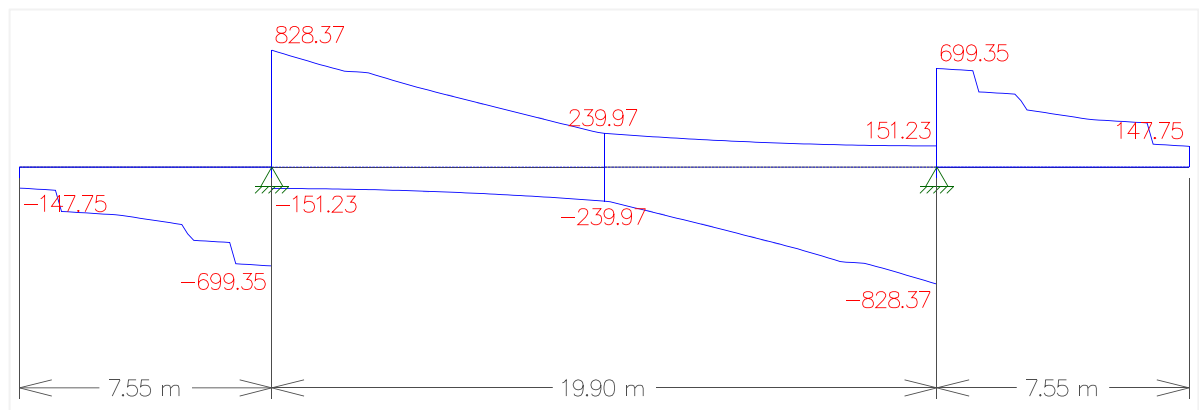
Fonte: Autor (2021).

Figura 56: Envoltória de esforços cortantes – Veículo 3



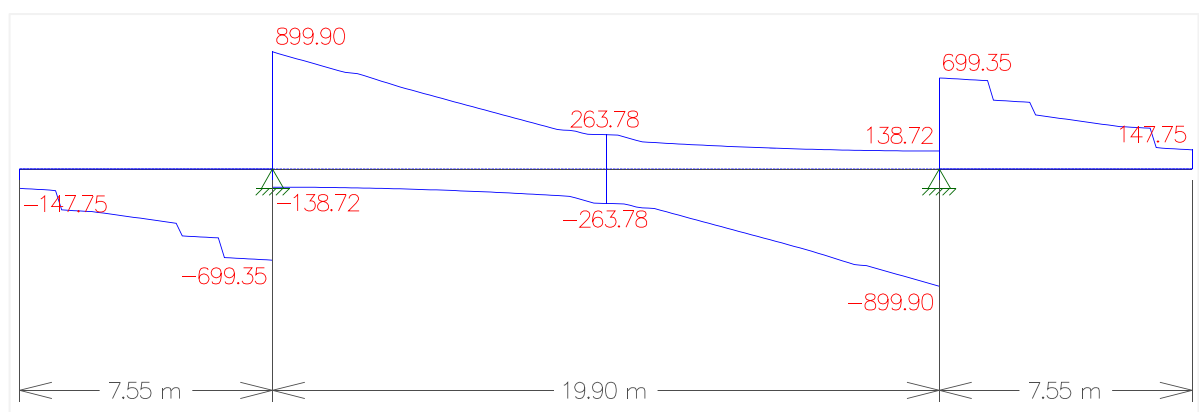
Fonte: Autor (2021).

Figura 57: Envoltória de esforços cortantes – Veículo 4



Fonte: Autor (2021).

Figura 58: Envoltória de esforços cortantes – Rodotrem

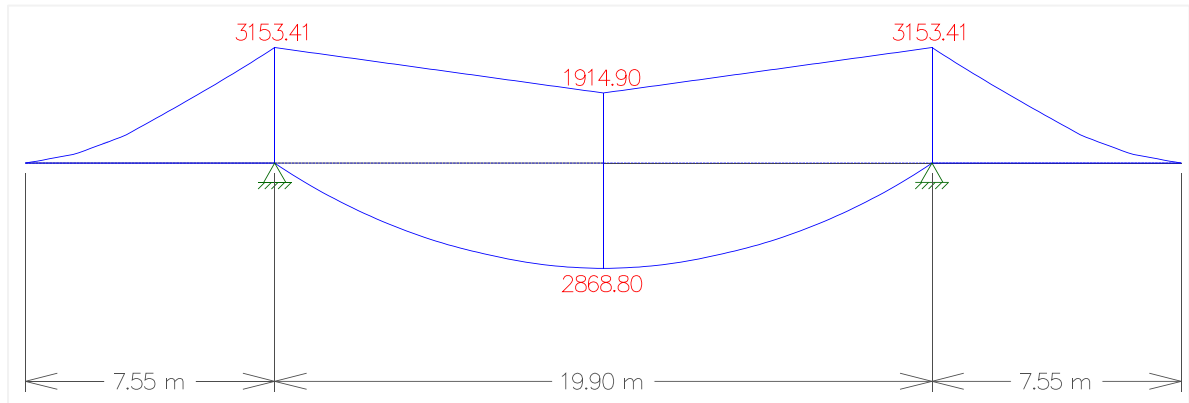


Fonte: Autor (2021).

7.3.2. Envoltórias de Momentos Fletores

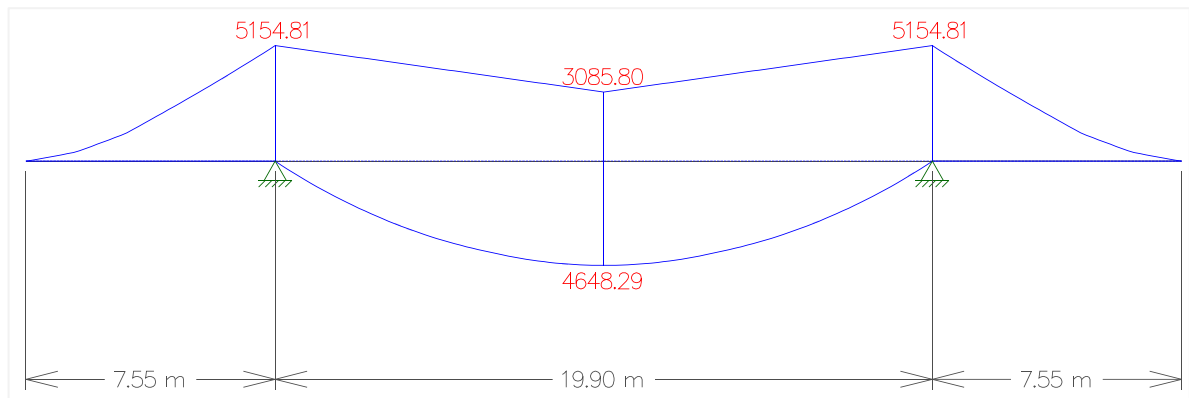
Seguindo o mesmo procedimento, forma obtidos as seguintes envoltórias dos esforços cortantes, apresentado nas Figuras 59 a 63.

Figura 59: Envoltória de momentos fletores – Veículo 1



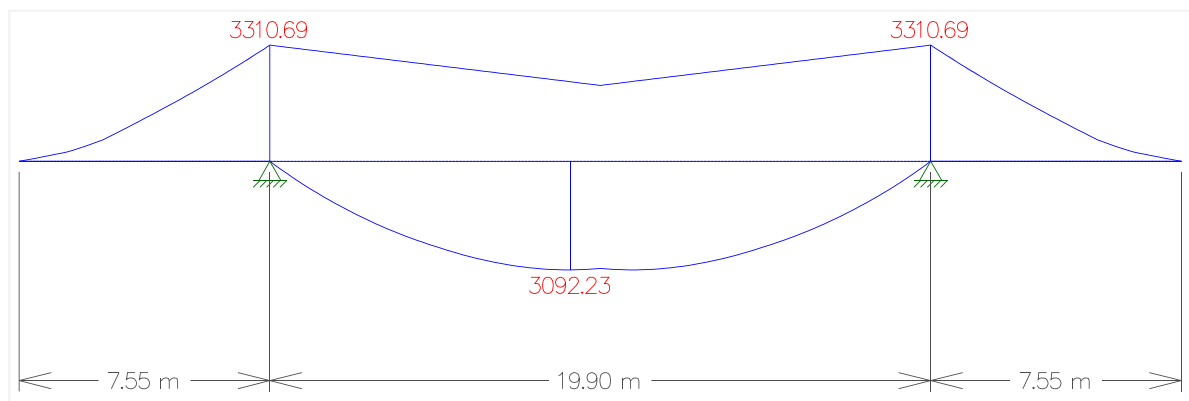
Fonte: Autor (2021).

Figura 60: Envoltória de momentos fletores – Veículo 2



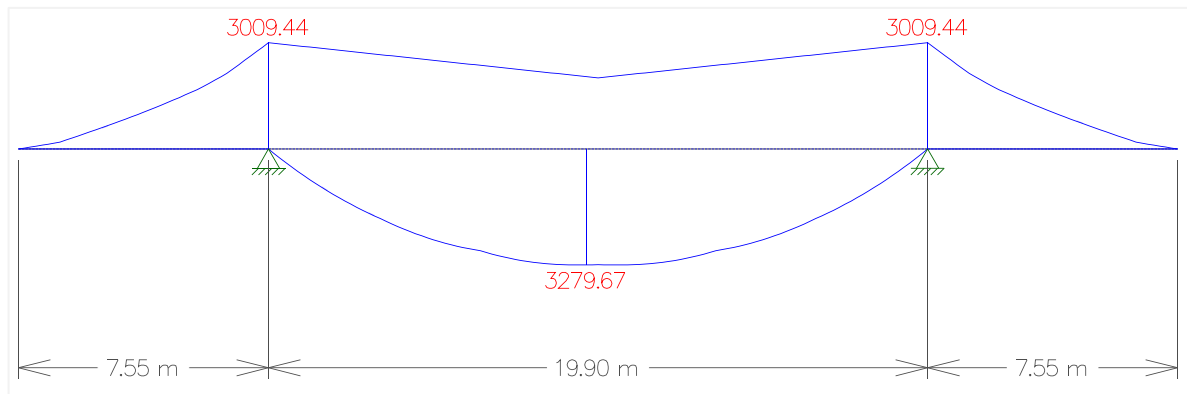
Fonte: Autor (2021).

Figura 61: Envoltória de momentos fletores – Veículo 3



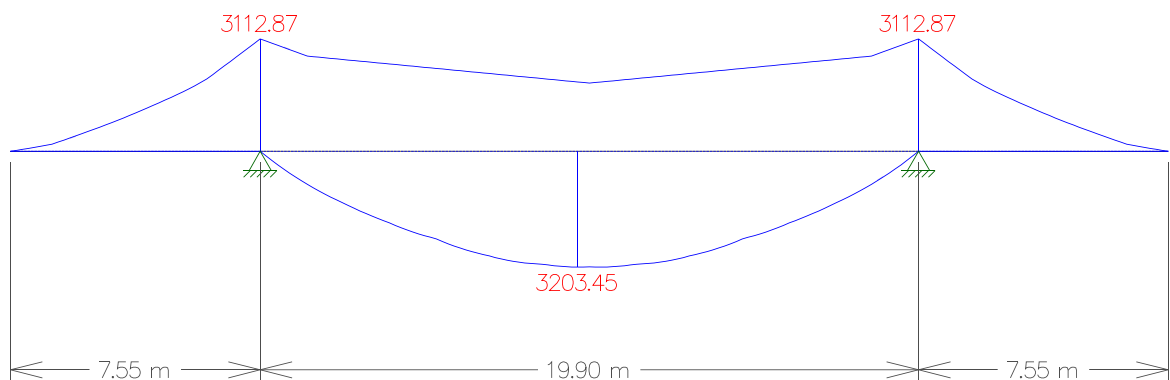
Fonte: Autor (2021).

Figura 62: Envoltória de momentos fletores – Veículo 4



Fonte: Autor (2021).

Figura 63: Envoltória de momentos fletores – Veículo 5



Fonte: Autor (2021).

7.4. Análise dos Resultados

Considerando as envoltórias apresentadas, foi elaborado um quadro comparativo dos esforços máximos e mínimos os esforços cortantes e de momentos fletores tendo como referência o veículo 1.

Tabela 9: Comparativo dos esforços cortantes em direção ao vão

Comparativo entre cargas – Esforços Cortantes				
No apoio em direção ao vão				
Veículo	Máximo (kN)	Comparativo	Mínimo (kN)	Comparativo
Veículo 1	641,47	100,00%	-641,47	100,00%
Veículo 2	1029,16	160,44%	-1029,16	160,44%
Veículo 3	768,14	119,75%	-768,14	119,75%
Veículo 4	828,37	129,14%	-828,37	129,14%
Veículo 5	899,90	140,29%	-899,90	140,29%

Fonte: Autor (2021).

Ao analisar os dados da Tabela 9, é possível constatar que todos superaram os valores do veículo 1, que representa o veículo tipo 36 da NB-6 (ABNT, 1960). Sendo que o veículo 2, que representa veículo tipo TB-450 da NBR 7188 (ABNT, 2013) apresentaram valores cerca de 60% superiores. Os demais veículos apresentaram cargas superiores, da ordem de 20 a 40%.

Tabela 10: Comparativo dos esforços cortantes em direção ao balanço

Comparativo entre cargas – Esforços Cortantes No apoio em direção ao balanço				
Veículo	Máximo (kN)	Comparativo	Mínimo (kN)	Comparativo
Veículo 1	578,60	100,00%	-578,60	100,00%
Veículo 2	940,41	162,53%	-940,41	162,53%
Veículo 3	619,84	107,13%	-619,84	107,13%
Veículo 4	699,35	120,87%	-699,35	120,87%
Veículo 5	699,35	120,87%	-699,35	120,87%

Fonte: Autor (2021).

A mesma situação ocorre quando se observa os dados da Tabela 10, no qual o veículo 2 manteve cargas aproximadamente 60% superiores em relação ao veículo 1. Os demais veículos apresentaram cargas superiores, da ordem de 7 a 20%.

Tabela 11: Comparativo dos momentos fletores no centro do vão

Comparativo entre cargas – Momentos Fletores No centro do vão				
Veículo	Máximo (kN*m)	Comparativo	Mínimo (kN*m)	Comparativo
Veículo 1	2868,80	100,00%	-1914,90	100,00%
Veículo 2	4648,29	162,03%	-3085,80	161,15%
Veículo 3	3092,30	107,79%	-2163,74	112,99%
Veículo 4	3277,30	114,24%	-2013,11	105,13%
Veículo 5	3203,42	111,66%	-1888,66	98,63%

Fonte: Autor (2021).

No comparativo dos momentos fletores, presente na Tabela 11, novamente o veículo 1 apresentou valores inferiores aos demais com relação aos momentos máximos. Entretanto, verificou-se que o veículo 5, que representa o Rodotrem,

apresentou valores de momentos fletores mínimos ligeiramente inferiores ao do veículo 1.

Diante dos resultados obtidos, mostra a importância do arquivamento dos projetos para esse tipo de obra para constatar de fato qual as cargas foram consideradas, uma vez que os parâmetros normativos vigentes na época da construção da ponte já não atendem as cargas trafega que por ela atualmente. Ressaltando a importância também do monitoramento e manutenção continua a fim de garantir a segurança daqueles que por ela trafegam.

Observa-se também que a adoção do veículo TB-450 presente na NBR 7188 (ABNT, 2013) para manutenções e reforços é um bom referencial, uma vez que, para a situação existe, atende de maneira satisfatória as cargas que de fato são solicitadas.

Entretanto, sabendo que veículo 1 é o maior veículo, dentre os analisados, e tendo conhecimento que o seu comprimento é superior ao vão central da ponte analisada. Foi proposto uma simulação considerando um vão central de 50 metros, dimensão que comportaria com margem a dimensão deste veículo, para compreender se os resultados obtidos anteriormente decorreram em função da dimensão da ponte ou em função das características do veículo.

Para tal, foram mantidas a geometria da seção transversal, assim como os balanços de 7,70 metros existentes nas extremidades da ponte analisada. Foram recalculados os coeficientes de efeitos dinâmicos, sendo para o veículo 1 o valor de 1,05 e para os demais veículos o valor de 1,515. Dessa forma foram obtidos os valores presentes nas Tabelas 12, 13 e 14.

Tabela 12: Comparativo dos esforços cortantes em direção ao vão – Simulação 1

Comparativo entre cargas – Esforços Cortantes				
No apoio em direção ao vão				
Veículo	Máximo (kN)	Comparativo	Mínimo (kN)	Comparativo
Veículo 1	828,58	100,00%	-828,58	100,00%
Veículo 2	1454,72	175,57%	-1454,72	175,57%
Veículo 3	1209,98	146,03%	-1209,98	146,03%
Veículo 4	1339,69	161,69%	-1339,69	161,69%
Veículo 5	1427,78	172,32%	-1427,78	172,32%

Fonte: Autor (2021).

Tabela 13: Comparativo dos esforços cortantes em direção ao balanço – Simulação 1

Comparativo entre cargas – Esforços Cortantes No apoio em direção ao balanço				
Veículo	Máximo (kN)	Comparativo	Mínimo (kN)	Comparativo
Veículo 1	481,79	100,00%	-481,79	100,00%
Veículo 2	874,59	181,53%	-874,59	181,53%
Veículo 3	576,46	119,65%	-576,46	119,65%
Veículo 4	650,41	135,00%	-650,41	135,00%
Veículo 5	650,41	135,00%	-650,41	135,00%

Fonte: Autor (2021).

Tabela 14: Comparativo dos momentos fletores no centro do vão – Simulação 1

Comparativo entre cargas – Momentos Fletores No centro do vão				
Veículo	Máximo (kN*m)	Comparativo	Mínimo (kN*m)	Comparativo
Veículo 1	9920,24	100,00%	-1594,48	100,00%
Veículo 2	17502,23	176,43%	-2869,85	179,99%
Veículo 3	14254,30	143,69%	-2026,40	127,09%
Veículo 4	15772,15	158,99%	-1884,46	118,19%
Veículo 5	17037,37	171,74%	-1767,20	110,83%

Fonte: Autor (2021).

Com os valores da simulação, considerando o vão de 50 metros, foi possível constatar que o valor de momento mínimo do veículo 5 foi aproximadamente 10% superior aos do veículo 1, indicando que a melhor acomodação dos carregamentos foi relevante.

Foi possível observar que à medida que o vão foi incrementado, houve uma acentuação da diferença dos esforços entre o veículo 1 e os demais, principalmente quando centrada a observação nos esforços cortantes em direção ao vão e nos momentos fletores máximos.

Além disso, foi observado que os valores máximos de cortante em direção ao centro do vão e de momentos máximos entre os veículos 2 e 5 se aproximaram, havendo uma diferença de aproximadamente 2% para os esforços cortantes e 3% para os momentos fletores.

Diante desse cenário e tendo conhecimento que a Resolução nº 258 (CONTRAN, 2007) tolera uma sobrecarga por eixo de 5%, foi realizada uma simulação, para a proposição de 50 metros, entre os veículos 2, 4 e 5 para verificar se os dois últimos atuando dentro dos limites da legislação ainda apresentaria valores inferiores ao veículo 2.

Para tal, foi realizado um incremento de 5% na carga pontual resultante dos eixos que compõem os veículos 4 e 5, sem realizar acréscimos nas resultantes de cargas distribuídas. Dessa maneira foram obtidos os seguintes resultados apresentados nas Tabelas 15, 16 e 17, sendo adotado como referência para o comparativo os valores obtidos no veículo 2.

Tabela 15: Comparativo dos esforços cortantes em direção ao vão – Simulação 2

Comparativo entre cargas – Esforços Cortantes				
No apoio em direção ao vão				
Veículo	Máximo (kN)	Comparativo	Mínimo (kN)	Comparativo
Veículo 2	1454,72	100,00%	-1454,72	100,00%
Veículo 4	1379,02	94,08%	-1379,02	94,08%
Veículo 5	1474,92	101,39%	-1474,92	101,39%

Fonte: Autor (2021).

Tabela 16: Comparativo dos esforços cortantes em direção ao balanço – Simulação 2

Comparativo entre cargas – Esforços Cortantes				
No apoio em direção ao balanço				
Veículo	Máximo (kN)	Comparativo	Mínimo (kN)	Comparativo
Veículo 2	874,59	100,00%	-874,59	100,00%
Veículo 4	677,93	77,51%	-677,93	77,51%
Veículo 5	677,93	77,51%	-677,93	77,51%

Fonte: Autor (2021).

Tabela 17: Comparativo dos momentos fletores no centro do vão – Simulação 2

Comparativo entre cargas – Momentos Fletores				
No centro do vão				
Veículo	Máximo (kN*m)	Comparativo	Mínimo (kN*m)	Comparativo
Veículo 2	17502,23	100,00%	-2869,85	100,00%
Veículo 4	16235,17	92,76%	-1945,79	67,80%
Veículo 5	17603,78	100,58	-1815,46	63,26%

Fonte: Autor (2021).

Analisando os dados da última situação proposta, verifica-se que o veículo 5 supera em cerca de 1% os valores de cortante máximo na direção do vão e momentos fletores máximos no meio do vão quando comparado com o veículo 2. Verifica-se também que o veículo 4 se aproximou dos valores do veículo 2, de modo geral distanciando os valores obtidos para cortante máximo na direção do vão e momentos fletores máximos no meio do vão em 6% e 7,5% respectivamente.

Em aspectos gerais, ficou claro que o veículo tipo 36, da NB-6 (ABNT, 1960), não consegue mais expressar de forma satisfatória os carregamentos gerados pelos veículos de cargas modernos, sendo que a sua substituição pela NBR 7188 (ABNT, 2013) foi importante para manutenção da segurança nos dimensionamentos das pontes.

Outro ponto importante de ser considerado é que o veículo presente na NBR 7188 (ABNT, 2013) segue apresentando características satisfatórias para que seja adotado como referência para os projetos de pontes, assim como intervenções naquelas mais antigas.

Entretanto, como pode ser observado na última simulação proposta, o Rodotrem atuando no PBTC limite e a sobrecarga limite presente na legislação vigente apresenta valores superiores daqueles fornecidos pelo veículo da NBR 7188 (ABNT, 2013). Nota-se também que no caso do Caminhão Romeu e Julieta, mesmo este não superando os carregamentos do veículo presente na norma, fica distante em torno de 7,5%, podendo transpor os valores normativo no caso de sobrecarga superior aos parâmetros legislativos vigentes.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a conclusão dos comparativos, conclui-se que veículos de carga considerados no trabalho, mesmo aqueles que possuem carga total superior aos carregamentos presentes na NBR 7188 (ABNT, 2013), como o Rodotrem e o Caminhão Romeu e Julieta, geram esforços cortantes e de momentos fletores inferiores ao carregamento presente nesta norma, atuando dentro dos limites da legislação sem considerar sobrecargas.

Com a simulação proposta, foi constatado que isso decorre pela concentração de cargas proposta pelo carregamento da NBR 7188 (ABNT, 2013) que em uma faixa de 6,00 metros de comprimento e 3 metros de largura concentra uma carga de 45 toneladas, sendo que os veículos de carga convencionais, conforme delimitado pelo DNIT, apresentam comprimento mínimo de 15 metros para operarem com este mesmo carregamento.

Sendo que, após a acomodação das cargas, em um vão maior, foi possível observar uma aproximação dos valores da norma vigente com os veículos de carga e considerando a sobrecarga presente na legislação atual alguns veículos passem a superar, mesmo que por diferenças mínimas. Diante dessa situação, ressalta-se a importância da fiscalização rodoviária, para certificarem que os veículos estão operando dentro das faixas de carregamento permitidas, assegurando a vida útil das rodovias e principalmente suas obras de artes.

Dessa forma, é possível constatar que o TB-450 consegue expressar, de forma satisfatória, os esforços provocados pelos veículos de carga usuais no Brasil atualmente, mesmo que considerado os 5,00% de acréscimo tolerados pelo CONTRAN, detendo margem de segurança para a ponte analisada no estudo. Logo, com base nas informações obtidas durante a realização desse trabalho, usá-lo para orientar manutenções ou execução de novas pontes com características semelhantes é recomendável.

Entretanto todos os veículos propostos superaram os esforços gerados pelo veículo da NB-6 (ABNT, 1960), considerando que esta esteve vigente por mais de duas décadas, é importante o acompanhamento e monitoramento das obras de arte executadas nesse período para garantir a segurança dos usuários que por elas trafegam.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NB-2: Cálculo e Execução de Pontes em Concreto Armado**. Rio de Janeiro, 1961.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NB-6: Cargas Móveis em Pontes Rodoviárias**. Rio de Janeiro, 1943.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NB-6: Cargas Móveis em Pontes Rodoviárias**. Rio de Janeiro, 1960.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 7187 – Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento**, Rio de Janeiro: 1987.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 7187 – Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento**, Rio de Janeiro: 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 7188 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre – procedimento**. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 7188 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre – procedimento**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

AGÊNCIA TOCANTINENSE DE TRANSPORTE E OBRAS - AGETO. **MAPA RODOVIÁRIO - 2020**. Tocantins, 2020. Atlas. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/525857/>. Acesso em: 4 ago. 2021.

AIZI IMPLEMENTOS, Equipe. **SEMIRREBOQUE GRANELEIRO 3 EIXOS AIZI**. 2021a. Disponível em: <http://www.aizimplementos.com.br/graneleiro-3-eixos-aizimplementos.html>. Acesso em: 19 out. 2021.

AIZI IMPLEMENTOS, Equipe. **SEMIRREBOQUE RODOTREM BASCULANTE**. 2021b. Disponível em: <http://www.aizimplementos.com.br/rodo-ca%C3%A7amba.html>. Acesso em: 19 out. 2021.

BLANTON, Kayla. **Why San Francisco's Golden Gate Bridge is "Singing" After Its Structural Update**. 8 jun. 2020. Disponível em: <https://www.prevention.com/life/a32800452/golden-gate-bridge-singing-video/>. Acesso em: 20 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Fichas de Rodovias**. 27 out. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/rodovias-fichas-pdf>. Acesso em: 12 nov. 2021.

BRASIL. Ministério dos Transportes - Conselho Nacional de Transportes (CNT). **Planos de Viação - Evolução Histórica (1808 - 1973)**. Rio de Janeiro: Cia. Brasileira de Artes Gráficas, 1974.

CANAL RURAL, Equipe. **Tocantins está se destacando na produção agrícola nacional; entenda.** 10 maio 2020. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/agronegocio/tocantins-esta-se-destacando-na-producao-agricola-nacional-entenda/>. Acesso em: 3 set. 2021.

CASA VOGUE, Redação. **Aviões atravessam pontes sobre estrada na Alemanha: Curiosidades.** 2017. Disponível em: <https://casavogue.globo.com/Curiosidades/noticia/2013/02/avioes-atravessam-pontes-sobre-estrada-na-alemanha.html>. Acesso em: 14 set. 2021.

CNN, Brasil. **Projeto quer renomear Ponte Rio-Niterói, de Costa e Silva para Paulo Gustavo.** 5 maio 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/projeto-quer-renomear-ponte-rio-niteroi-de-costa-e-silva-para-paulo-gustavo/>. Acesso em: 11 out. 2021.

CNT – Confederação Nacional dos Transportes. **Anuário CNT do Transporte: Estatísticas Consolidadas 2020.** Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2020/Inicial>. Acesso em: 20 de jul. 2021.

CONTRAN. **Resolução nº 210 de 13 de novembro de 2006.** Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/cons210.pdf>. Acesso em: 29 de jul. 2021.

CONTRAN. **Resolução nº 211 de 13 de novembro de 2006.** Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/cons211.pdf>. Acesso em: 29 de jul. 2021.

CONTRAN. **Resolução nº 258 de 30 de novembro de 2007.** Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao_contran_258.pdf. Acesso em: 23 de out. 2021.

CORREIA, Luiz Soares. **A influência da BR-153 no crescimento e desenvolvimento econômico de Araguaína.** Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação PPGT/ENC. T.DM-005/2015, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2015.

COSTA, Décio. **Ford Caminhões lança linha Cargo Power.** 9 abr. 2018. Disponível em: <https://www.autoindustria.com.br/2018/04/09/ford-caminhoes-lanca-linha-cargo-power/>. Acesso em: 19 out. 2021.

COTRIM, Maju. **Juiz determina retirada do nome de ex-presidente do Brasil da ponte que liga Palmas a Luzimangues.** 17 maio 2020. Disponível em: <https://gazetadocerrado.com.br/juiz-determina-retirada-do-nome-de-ex-presidente-do-brasil-da-ponte-que-liga-palmas-a-luzimangues-cabe-recurso/>. Acesso em: 6 out. 2021.

DNER. **Manual de projeto de obras-de-arte especiais.** Rio de Janeiro. 1996.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Ponte Sobre o Rio Lontra (LE),** 18 set. 2018.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Projeto básico de engenharia para adequação e duplicação de rodovia na travessia urbana de Aliança do Tocantins – TO**: Volume 3 – Estudo de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental (EVTEA), mai. 2010.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Projeto básico de engenharia para adequação e duplicação de rodovia na travessia urbana de Aliança do Tocantins – TO**: Volume 3 – Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental - EVTEA, MAIO 2010.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Quadro de Fabricantes de Veículos: ABRIL/2012**. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/operacoes-rodoviaras/pesagem/QFV2012ABRIL.pdf>. Acesso em: 24 de jul. 2021.

DUARTE, Lucas. **Facchini lidera o mercado brasileiro de implementos pelo quinto ano consecutivo**. 6 fev. 2020. Disponível em: <https://www.caminhoes-e-carretas.com/2020/02/facchini-lidera-o-mercado-brasileiro-de.html>. Acesso em: 26 out. 2021.

EL DEBS, Mounir Khalil; TAKEYA, Toshiaki. **Introdução às pontes de concreto**. São Carlos, SP, 2010. 252 p.

FACCHINI. **BITREM GRANELEIRO**. 134. ed. São Paulo. 2016.

FACCHINI. **RODOTREM GRANELEIRO**. 135. ed. São Paulo: 2019a.

FACCHINI. **SEMI-REBOQUE GRANELEIRO**. 37. ed. São Paulo: 2019b.

FILHO, Arnaldo Carneiro; COSTA, Karine. **A expansão da soja no cerrado**: Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável. São Paulo, 2016. 30 p.

FILHO, José Eustáquio Ribeiro Vieira. **Expansão da fronteira agrícola no Brasil**: Desafios e Perspectivas. Rio de Janeiro: IPEA, 2016. 36 p.

GOOGLE (org.). **Google Earth Pro**. 7.3.4. Google, 20-?. Disponível em: <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/versions/#earth-pro>. Acesso em: 12 ago. 2021.

HERFURTH, Norman. **Sydney Harbour Bridge**. 22 nov. 2017. Disponível em: <https://www.lonelyplanet.com/australia/sydney/attractions/sydney-harbour-bridge/a/poi-sig/368049/362319>. Acesso em: 20 out. 2021.

KUTNEY, Pedro. **Mercedes e VWCO dominam vendas de caminhões em 2020; Iveco e DAF crescem em ano de queda**: Primeiro ano sem produção da Ford tem distribuição de participação aos concorrentes. [S. l.], 28 jan. 2021. Disponível em: <https://www.automotivebusiness.com.br/pt/posts/noticias/mercedes-e-vwco-dominam-vendas-de-caminhoes-em-2020-iveco-e-daf-crescem-em-ano-de-queda/>. Acesso em: 26 out. 2021.

LUCHI, Lorenzo Augusto Ruschi e. **Reavaliação do Trem-Tipo à luz das cargas reais nas rodovias brasileiras**. Orientador: Dr Fernando Rebouças Stucchi. 2006. 257 p. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia De Estruturas) - USP, São Paulo, 2006.

MAGALHÃES, Paulo Ricardo Castro de. **Aplicação de cargas móveis em Pontes: estudo comparativo das CVCs carregadas em pontes antigas**. Orientador: Rogério Calazans Verly. 2018. 64 P. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, UNICEUB, Brasília, 2018.

MENDES, Luiz Carlos. **PONTES**. 2ª. Edição revista e ampliada. Niterói, RJ: Eduff, 2017. 576 p.

MENDES, Paulo de Tarso Cronemberger. **Contribuições para um modelo de gestão de pontes de concreto aplicado à rede de rodovias brasileiras / P.T.C. Mendes** – São Paulo, 2009.

MERCEDES-BENZ. **Modelos.**, 20--.. Disponível em: <https://www.mercedes-benz.com.br/caminhoes/>. Acesso em: 15 out. 2021.

MERCEDES-BENZ. **Novo Actros 2045**: 4x2 LS Pneumática. São Paulo, 2020b.

MERCEDES-BENZ. **Novo Actros 2653**: 6x4 LS Pneumática. São Paulo, 2020a.

PFEIL, W. **Pontes em concreto armado**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1979.

PIZA, Paulo Toledo; TITO, Fábio. **Ponte Estaiada completa 10 anos; confira curiosidades sobre a obra da Zona Sul de SP**. São Paulo: G1 SP, 10 maio 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/ponte-estaiada-completa-10-anos-confira-curiosidades-sobre-a-obra-da-zona-sul-de-sp.ghtml>. Acesso em: 26 nov. 2021.

PRANDI, Jair. **O maior aqueduto navegável do mundo**. 2013. Disponível em: <https://gigantesdomundo.blogspot.com/2013/01/o-maior-aqueduto-navegavel-do-mundo.html>. Acesso em: 14 set. 2021.

PUC-RIO. Tecgraf. **Ftool**: Two-Dimensional Frame Analysis Tool. 4.00.04. Rio de Janeiro: Tecgraf/ PUC-Rio, jan. 2018. Disponível em: <https://www.ftool.com.br/Ftool/user/download>. Acesso em: 2 jul. 2021.

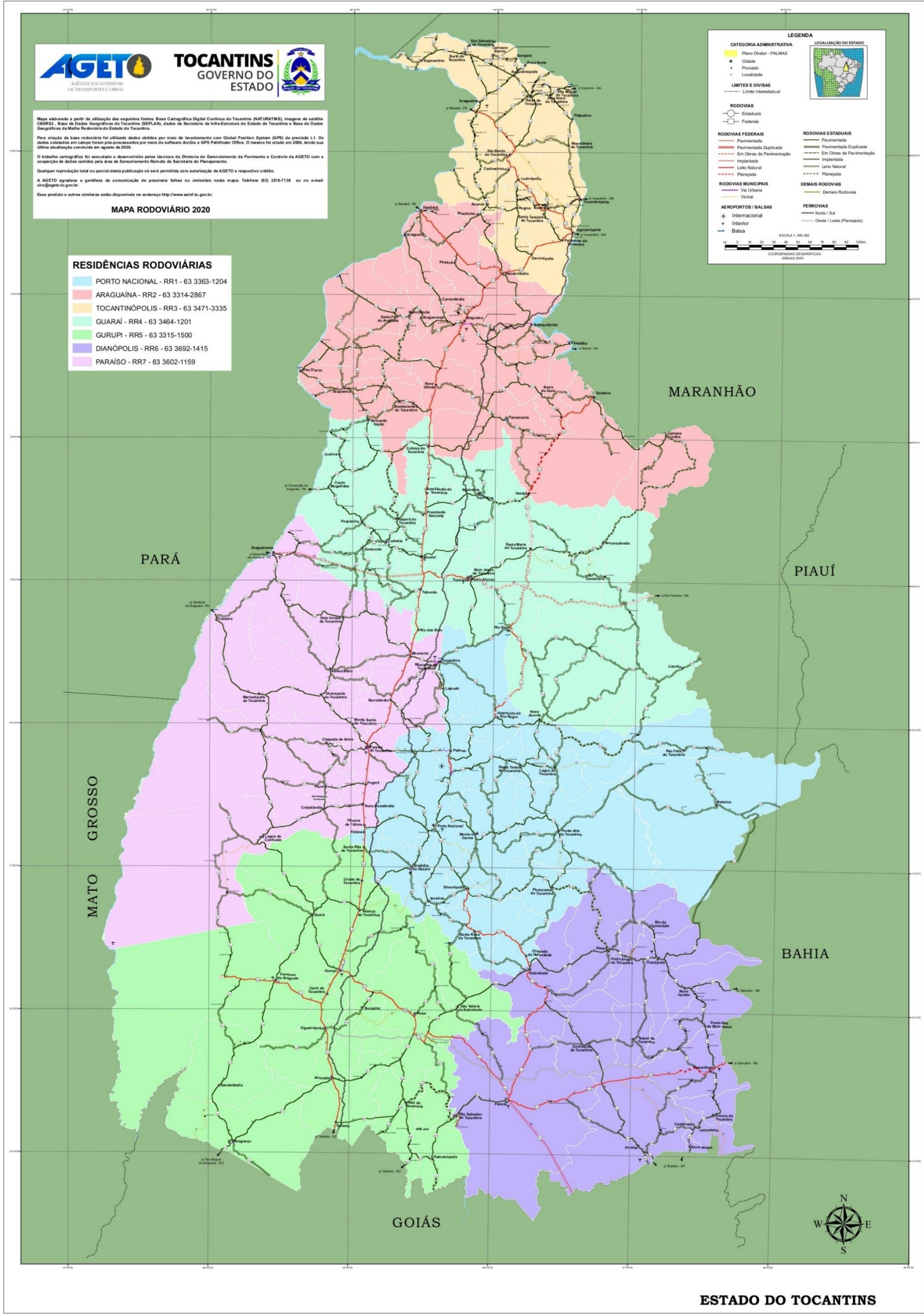
RIOBOM, Sara. **Porto?**. 22 nov. 2017. Disponível em: <https://portoalities.com/pt/historia-pontes-do-porto/>. Acesso em: 20 out. 2021.

SUSSEKIND, J. C. **Curso de Análise Estrutural**. Porto Alegre: Globo, 1973.

VOLKSWAGEN. **Caminhões.**, 20--.. Disponível em: <https://www.vwco.com.br/caminhoes>. Acesso em: 15 out. 2021.

ANEXO A – MAPA RODOVIÁRIO DO TOCANTINS 2020

- MAPA RODOVIÁRIO - 2020 -



Fonte: AGETO, 2020.

ANEXO B – FICHA TÉCNICA ACTROS 2045

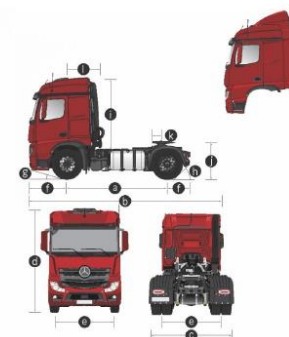
Novo Actros 2045

4x2 LS Pneumática



Dimensões (mm)¹

Suspensão Traseira/ee	Pneumática/36
[a] Distância entre eixos	3.550
[b] Comprimento total (c/ lanterna traseira)	3.858
[c] Largura	2.520
[d] Altura [LTA] (descarregado)	3.710
[e] Bitola (eixo dianteiro/eixo traseiro)	2.080/1.802
[f] Balanço (dianteiro/traseiro)	1.400/958
[g] Ângulo de entrada (carregado)	13°
[h] Ângulo de saída (carregado)	20°
[i] Altura: teto da cabine [LTA] ao chassi	2.675
[j] Altura da 5ª roda (descarregado)	1.301
[k] Posição da 5ª roda	250
[l] Dist. do centro do eixo ao final da cabine [LTA]	900
Círculo de viragem (parede a parede)	14.400



Pesos (kg)¹

Suspensão Traseira/ee	Pneumática/36
Eixo Dianteiro	5.453
Eixo Traseiro	2.672
Total - Cab. versão [LTA]	8.125
Retarder	+ 85
Tanques (litros) -320	-330
Rodas de Alumínio	-98
Defletores laterais	+64
Cama beliche	+21

Pesos Admissíveis (kg)¹

Suspensão Traseira/ee	Pneumática/36
Eixo Dianteiro	6.000/7.100
Eixo Traseiro	10.000/13.000
Peso Bruto Total (PBT)	16.000/20.100
Carga máx. sobre a 5ª roda	7.848/11.975
Capacidade Máx. de Tração (CMT)	60.000

¹ Em ordem de marcha. Cabine Leito Teto Alto sem carroceria ou implemento, sem motorista, com todos os reservatórios de fluidos cheios, freios a tambor, estepe, extintor de incêndio e caixa de ferramentas

ANEXO C – FICHA TÉCNICA ACTROS 2653

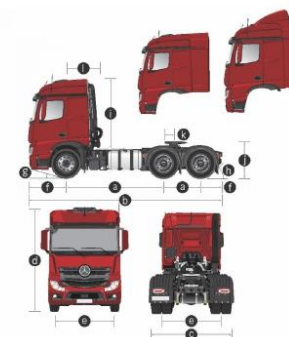
Novo Actros 2653

6x4 LS Pneumática



Dimensões (mm)¹

Suspensão Traseira/ee	Pneumática/36
[a] Distância entre eixos	3.550+1.350
[b] Comprimento total (c/ lanterna traseira)	7.200
[c] Largura	2.525
[d] Altura [LTA] (descarregado)	3.635
[e] Bitola (eixo dianteiro/eixo traseiro)	2.080/1.824
[f] Balanço (dianteiro/traseiro)	1.400/900
[g] Ângulo de entrada (carregado)	13°
[h] Ângulo de saída (carregado)	20°
[i] Altura: teto da cabine [LTA] ao chassi	2.635
[j] Altura da 5ª roda (descarregado)	1.267
[k] Posição da 5ª roda [LTA]	500
[l] Dist. do centro do eixo ao final da cabine [LTA]	900
Círculo de viragem (parede a parede)	18.000



Pesos (kg)¹

Suspensão Traseira/ee	Pneumática/36
Eixo Dianteiro	5.527
Eixo Traseiro	2.290 + 2.141
Total - Cab. versão [LTA]	9.960
Retarder / Rodas de alumínio	+85 / -165
Tanque adicional (litros) +480	+485
Tanques (litros) 410 + 480	(-112 / +485) ^{DLT}
Defletores / DLT	+75 / +45

¹ Em ordem de marcha. Cabine Leito Teto Alto sem carroceria ou implemento, sem motorista, com todos os reservatórios de fluidos cheios, freios a tambor, estepe, extintor de incêndio e caixa de ferramentas

^{DLT} Configuração de tanques obrigatória com DLT

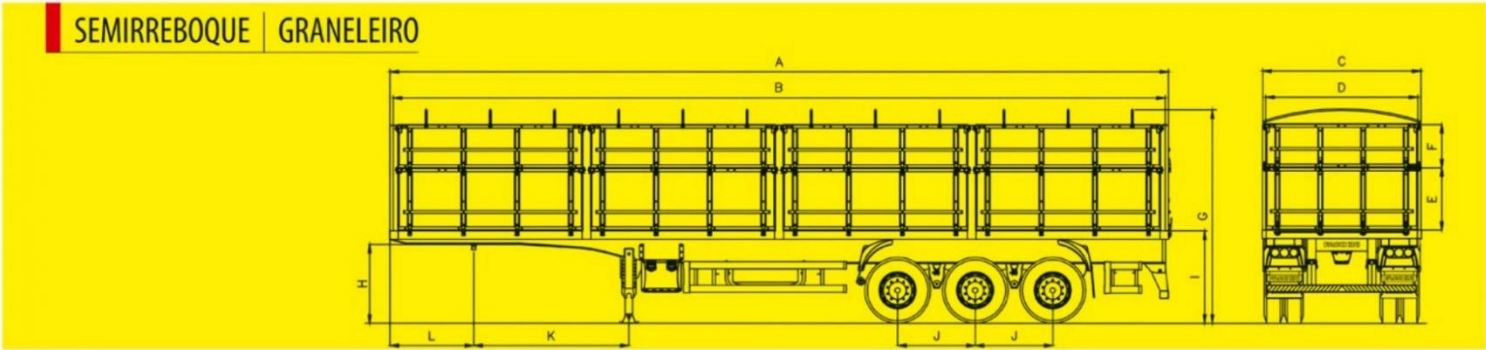
Pesos Admissíveis (kg)¹

Suspensão Traseira/ee	Pneumática/36
Eixo Dianteiro	6.000/7.100
Eixo Traseiro	17.000/20.000
Peso Bruto Total (PBT)	23.000/27.100
Carga máx. sobre a 5ª roda	13.316/17.416
Capacidade Máx. de Tração (CMT)	80.000

| legal/técnico

Fonte: Mercedes-Benz, 2020a.

ANEXO D – FICHA TÉCNICA SEMIRREBOQUE GRANELEIRO



CHASSI
Longarinas: Vigas perfil "I" aço de alta resistência mecânica.
Travessas: Passantes perfil "Z" aço ASTM A36 interligando as longarinas por solda robotizada.
Corrimãos: Perfil lateral "U" aço ASTM A36.
Pino Rei: Flangeado 2" | NBR NM ISO 337/2001.

CAIXA DE CARGA
Painel Frontal: Estruturado em aço, removível.
Tampas: Placa de Aluplast (painel de alumínio com interior de plástico de alta densidade) mais resistente, leve e durável.
Novas borrachas de vedação, com maior eficiência.
Tampas | Altura: 2 tampas de 550 mm, 700 mm, 800 mm ou 1.000 mm.
Travamento Interno: Correntes para interligação das tampas laterais e dos pilares.
Assoalho: Compensado naval 18 mm com bicas de escoamento em nylon injetado de alta resistência.
Amarração de Carga: Alças niveladas com o assoalho sem gerar interferência com a carga | Resolução 552/15 do CONTRAN.

SUSPENSÃO
Sistema: Balancim, com suportes de molas estampados; balanças em aço USI

SAC 350 articuladas em pinos e buchas de poliuretano, que dispensam a lubrificação; apoio das molas do tipo troca rápida; braços tensores articulados em buchas de poliuretano. Suspensor pneumático no 1º eixo.
Molas: Semi-elípticas.

SISTEMA RODANTE
Eixos: Tubulares Ø 152 mm, capacidade 11 t.
Freios: A ar, com ABS, duas linhas: serviço e emergência, tambor 16 1/2" x 8".
Câmara de Freio: 30 pol², com Spring-brake | Resolução 519/15 do CONTRAN.
Rodagem: Cubos em ferro fundido nodular para rodas 8,25 x 22,50.

SUPOORTE VERTICAL
Aparelho de Levantamento: Mecânico, duas velocidades, capacidade de levantamento de 28 t e carga estática de 60 t.

SISTEMA ELÉTRICO
Para 24 V, lanternas em led.
PINTURA
Limpeza com desengraxante e fosfatizante químico.
Base: Primer anticorrosivo.
Acabamento: Pintura na cor indicada em PU. Ferragens das tampas com pintura eletroestática a pó, cor branca.

ACESSÓRIOS
Suporte de estepe para dois pneus; uma roda sobressalente; caixa plástica de cozinha; caixa plástica de ferramentas; corote plástico de água; arcos para vinilona; vinilona; paralamas plástico e parabarros de borracha; tira fina no painel frontal, inferior; tira fina nas tampas laterais e traseira, inferior e superior. Itens normatizados do CONTRAN: paracheque traseiro | Resolução 593/16; faixas refletivas | Resolução 643/16; protetores laterais | Resolução 323/09.

OPCIONAIS
Assoalho em chapa xadrez 3 mm ou 4,20 mm.

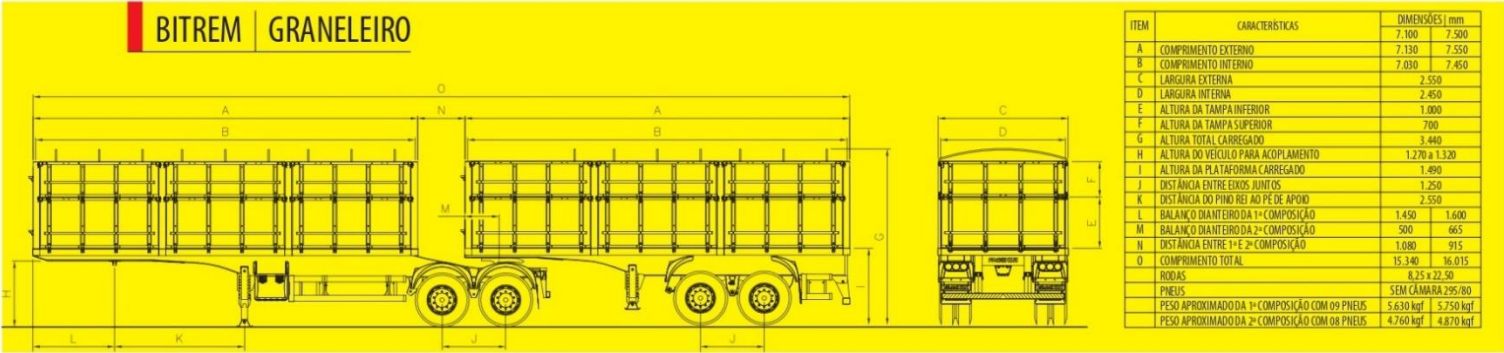
ITEM	CARACTERÍSTICAS	DIMENSÕES mm			
		12.500	13.500	14.000	14.500
A	COMPRIMENTO EXTERNO	12.540	13.530	14.030	14.530
B	COMPRIMENTO INTERNO	12.440	13.430	13.930	14.430
C	LARGURA EXTERNA	2.550			
D	LARGURA INTERNA	2.450			
E	ALTURA DA TAMPA INFERIOR	1.000			
F	ALTURA DA TAMPA SUPERIOR	700			
G	ALTURA TOTAL CARREGADO	3.420			
H	ALTURA DO VEÍCULO PARA ACOPLAMENTO	1.270 a 1.320			
I	ALTURA DA PLATAFORMA CARREGADO	1.470			
J	DISTÂNCIA ENTRE EIXOS JUNTOS	1.250			
K	DISTÂNCIA DO PINO REIO AO PÉ DE APOIO	2.550			
L	BALANÇO DIANTEIRO 6 x 2 6 x 4	1.350		1.600	
	PNEUS	SEM CÂMARA 295 R0			
TARA APROXIMADA kgf					
13 PNEUS		7.500	8.070	8.160	8.210
13 PNEUS SENDO 3 EIXOS DISTANCIADOS, PNEUMÁTICOS, 1+1+1 COM 1º EIXO AUTODIRECIONAL		8.000	8.570	8.660	8.710



FACCHINI
Este equipamento está sujeito a alterações de suas características técnicas sem notificação prévia.

Fonte: Facchini, 2019b.

ANEXO E – FICHA TÉCNICA BITREM GRANELEIRO



CHASSI
Longarinas: Vigas perfil "I" aço de alta resistência mecânica.
Travessas: Passantes perfil "Z" aço ASTM A36 interligando as longarinas por solda robotizada.
Corrimãos: Perfil lateral "U" aço ASTM A36.
Pino Rei: Flangeado 2", conforme NBR 5548.
5ª roda: 2" na traseira da 1ª composição.

CAIXA DE CARGA
Configuração: 2 semirreboques de 2 eixos 7100 mm + 7100 mm ou 7500 mm + 7500 mm.
Painel Frontal: Estruturado em aço, removível.
Tampas: Em Aluplast, painel de plástico de alta densidade revestida externamente por alumínio.
Tampas | Altura: 2 tampas de 700 mm, 800 mm ou 1000 mm.
Travamento: Correntes para fixação das tampas laterais.
Assoalho: Compensado naval 18 mm, com bicas de escoamento de plástico de alta resistência.

SUSPENSÃO
Sistema: Balancim, com suportes de molas estampadas; balanças em aço USI SAC 350, articuladas em pinos e buchas de aço tratadas termicamente; apoio das molas do tipo troca rápida; braços tensores articulados em buchas de borracha.
Molas: Semielípticas.

SISTEMA RODANTE
Eixos: Tubulares aço FB 70, capacidade 11 t.
Freios: A ar, com ABS, duas linhas: serviço e emergência, tambor 16 1/2" x 8".
Câmara de Freio: 30 pol", com "Spring-brake", conforme Resolução 777/93 do CONTRAN.
Rodagem: Cubos lisos com duplo rolamento de 90 mm.

SUPORTE VERTICAL
Aparelho de Levantamento: Mecânico, duas velocidades, capacidade de levantamento de 24 t e carga estática de 50 t.

SISTEMA ELÉTRICO
Para 24 V, lanternas em led.

PINTURA
Limpeza com desengraxante e fosfatizante químico.
Base: Primer anticorrosivo.
Acabamento: Pintura na cor indicada em P.U.
Ferragens das tampas com pintura eletroestática a pó, cor branca.

ACESSÓRIOS
Suporte de estepe para dois pneus;
uma roda sobressalente;
caixa plástica de cozinha;
caixa plástica de ferramentas;
corote plástico de água;
páralamas de plástico e pábarros de borracha;
párachoque traseiro conforme Resolução 152/03 do CONTRAN;
suspensor pneumático no 1º eixo;
um tira fina no painel frontal, inferior;
um tira fina nas tampas laterais e traseiras, inferiores e superiores;
arcos para vinilona;
vinilona;
faixas refletivas conforme Resolução 128/01 do CONTRAN;
protetores laterais conforme Resolução 323/09 do CONTRAN.

OPCIONAL
Assoalho em chapa xadrez 3,0 mm ou 4,2 mm.
Este equipamento está sujeito a alterações de suas características técnicas sem notificação prévia.
SÃO JOSÉ DO RIO PRETO - SP
Tel.: 17 4009.6989
VOTUPORANGA - SP
Tel.: 17 3426.2000
vendas@facchini.com.br
www.facchini.com.br

FACCHINI



Fonte: Facchini, 2016.

ANEXO F – FICHA TÉCNICA RODOTREM GRANELEIRO

RODOTREM GRANELEIRO

CHASSI

Longarinas: Vigas perfil "I" aço de alta resistência mecânica.
Travessas: Passantes perfil "Z" aço ASTM A36 interligando as longarinas por solda robotizada.
Corrimãos: Perfil lateral "U" aço ASTM A36.
Pino Rei: Flangeado 2" | NBR NM ISO 337|2001.

CAIXA DE CARGA

Configuração: 2 semirreboques de 2 eixos, 9.500 mm + 9.500 mm ou 10.300 mm + 10.300 mm. Composições não intercambiáveis.
Painel Frontal: Estruturado em aço, removível.
Tampas: Em Aluplast, painel de plástico de alta densidade revestida externamente por chapa de alumínio.
Tampas | Altura: Combinação de 2 tampas de 550 mm, 700 mm, 800 mm ou 1.000 mm.
Travamento: Correntes para fixação das tampas laterais.
Assoalho: Compensado naval 18 mm, com bicas de escoamento de plástico de alta resistência.

SUSPENSÃO

Sistema: Balancim, com suportes de molas estampadas; balanços em aço USI SAC 350, articuladas em pinos e buchas de aço tratadas termicamente; apoio das molas do tipo troca rápida; braços tensores articulados em buchas de borracha.
Molas: Semi-elípticas.

SISTEMA RODANTE

Eixos: Tubulares aço FB 70, capacidade 11 t.
Freios: A ar, com ABS, duas linhas: serviço e emergência, tambor 16 1/2" x 8".
Câmara de Freio: 30 pol², com "Spring-brake" | Resolução 519|15 do

CONTRAN.

Rodagem: Cubos lisos com duplo rolamento de 90 mm.

DOLLY

Veículo auxiliar para suportar e tracionar a composição traseira, câmbio em perfil tubular rígido, ponteiras para engate esférico, correntes de segurança.
Estrutura: Viga perfil "I" aço de alta resistência mecânica.
Suspensão: Sistema igual do semirreboque.
Quinta Roda: Serviço pesado apoiado em mancais de borracha para pino rei 2".

SUORTE VERTICAL

Aparelho de Levantamento: Mecânico, duas velocidades, capacidade de levantamento de 24 t e carga estática de 50 t.

SISTEMA ELÉTRICO

Para 24 V, lanternas em led.

PINTURA

Limpeza com desengraxante e fosfatizante químico.
Base: Primer anticorrosivo.
Acabamento: Pintura na cor indicada em PU. Pintura eletrostática a pó, cor branca, nas ferragens das tampas.

ACESSÓRIOS

Suporte de estepe para dois pneus; uma roda sobressalente; caixa plástica de cozinha na 1ª composição; caixa plástica de ferramentas na 1ª composição; corote plástico de água na 1ª composição; paralamas plástico e parabarras de borracha; arcos para vinilona; vinilona; engate esférico na 1ª composição; placa de "Veículo Longo" na 2ª composição. Itens normatizados do CONTRAN: parachoque

traseiro | Resolução 593|16; faixas refletivas | Resolução 128|01 e protetores laterais | Resolução 323|09.

Este equipamento está sujeito a alterações de suas características técnicas sem notificação prévia.

ITEM	CARACTERÍSTICAS	DIMENSÕES mm	
		9.500	10.300
A	COMPRIMENTO EXTERNO	9.530	10.300
B	COMPRIMENTO INTERNO	9.430	10.200
C	COMPRIMENTO TOTAL DO CONJUNTO	20.930	22.330
D	DISTÂNCIA ENTRE 1ª E 2ª COMPOSIÇÃO	1.870	1.730
E	BALANÇO DIANTEIRO	1.300	1.450
F	DISTÂNCIA PINO REI AO PÉ DE APOIO	2.550	
G	DISTÂNCIA 5ª RODA AO CENTRO DA PONTEIRA	3.200	
H	DISTÂNCIA ENTRE EIXOS JUNTOS	1.250	
I	ALTURA DO VEÍCULO PARA ACOPLAMENTO	1.270 a 1.320	
J	ALTURA DA PLATAFORMA CARREGADO	1.470	
K	ALTURA TOTAL CARREGADO	3.530	
L	ALTURA DA TAMPA INFERIOR	800	
M	ALTURA DA TAMPA SUPERIOR	1.000	
N	LARGURA EXTERNA	2.550	
O	LARGURA INTERNA	2.450	
RODAS		8,25 x 22,50	
PNEUS		SEM CAMARA 295 80	

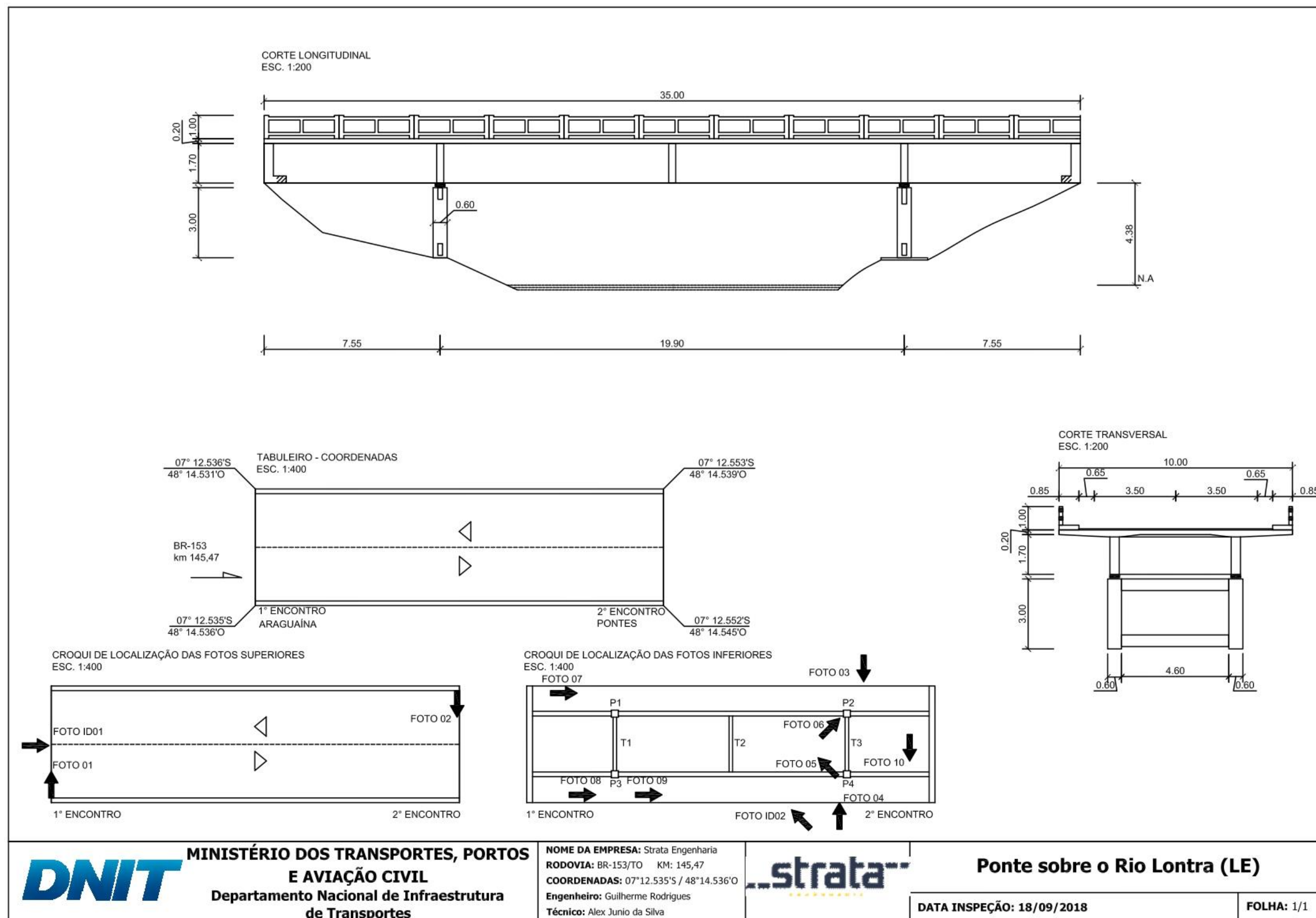
	TARA kg	DIMENSÕES mm	
		9.500	10.300
1ª COMPOSIÇÃO ASSOALHO COMPENSADO NAVAL	5.790	6.040	
2ª COMPOSIÇÃO ASSOALHO COMPENSADO NAVAL	5.640	5.890	
CONJUNTO	14.480	14.980	
1ª COMPOSIÇÃO ASSOALHO AÇO CHAPA XADREZ 3 mm	6.020	6.300	
2ª COMPOSIÇÃO ASSOALHO AÇO CHAPA XADREZ 3 mm	5.870	6.150	
CONJUNTO	14.940	15.500	
DOLLY		3.050	

FACCHINI

www.facchini.com.br

Fonte: Facchini, 2019a.

ANEXO G – PROJETO PONTE SOBRE RIO LONTRA



Fonte: DNIT, 2018.