ESTUDO DE TRÁFEGO PARA PROJETO DE OBRAS HIDRÁULICAS

PONTE – LAJEADO CALDEIRÃO

DADOS DO EMPREENDIMENTO

MUNICÍPIO DE PALMITINHO
CNPJ nº 87.612.909/0001-89
CURSO D'ÁGUA: LAJEADO CALDEIRÃO
BACIA HIDROGRÁFICA: RIO DA VARZEA (U100)
MICROBACIA: LAJEADO CALDEIRÃO

1. OBJETIVO DO ESTUDO

O presente laudo tem por objetivo caracterizar e quantificar o tráfego atual e futuro da estrada rural que cruza o curso hídrico, denominado Lajeado Caldeirão, visando fornecer subsídios técnicos para o dimensionamento estrutural e geométrico da ponte a ser projetada. O foco principal é o trânsito de maquinário agrícola e caminhões de transporte de grãos, com aumento sazonal durante o período de safra.

A implantação da ponte representa um elemento essencial para o desenvolvimento local, pois facilita o escoamento da produção agrícola, o transporte escolar, o acesso a serviços públicos e o deslocamento diário das comunidades. Além de promover maior integração entre as localidades, a estrutura viária contribui para a redução de custos logísticos e do tempo de viagem, aumentando a competitividade econômica da região.

Do ponto de vista social, a ponte assegura melhores condições de mobilidade e segurança, especialmente em períodos de cheias, quando o acesso às propriedades rurais e vilas próximas pode ser comprometido. Dessa forma, a obra viária atua como um vetor de desenvolvimento econômico e de inclusão social, fortalecendo a infraestrutura rural e a qualidade de vida da população local.

Esse levantamento permite ainda prever o crescimento futuro do tráfego, garantindo que a ponte seja projetada para atender às demandas atuais e futuras da zona rural, promovendo o desenvolvimento regional e a melhoria da mobilidade local. Para o projeto em questão foi adotado um período de projeto de 20 anos e uma taxa de crescimento linear de 4%.

2. CARACTERIZAÇÃO DA VIA E DA REGIÃO

A via em estudo trata-se de uma estrada vicinal rural, não pavimentada, localizada no interior do município de Palmitinho– RS**,** que dá acesso a propriedades rurais e comunidades, sendo utilizada principalmente para o escoamento da produção agrícola e o tráfego de máquinas e veículos pesados.

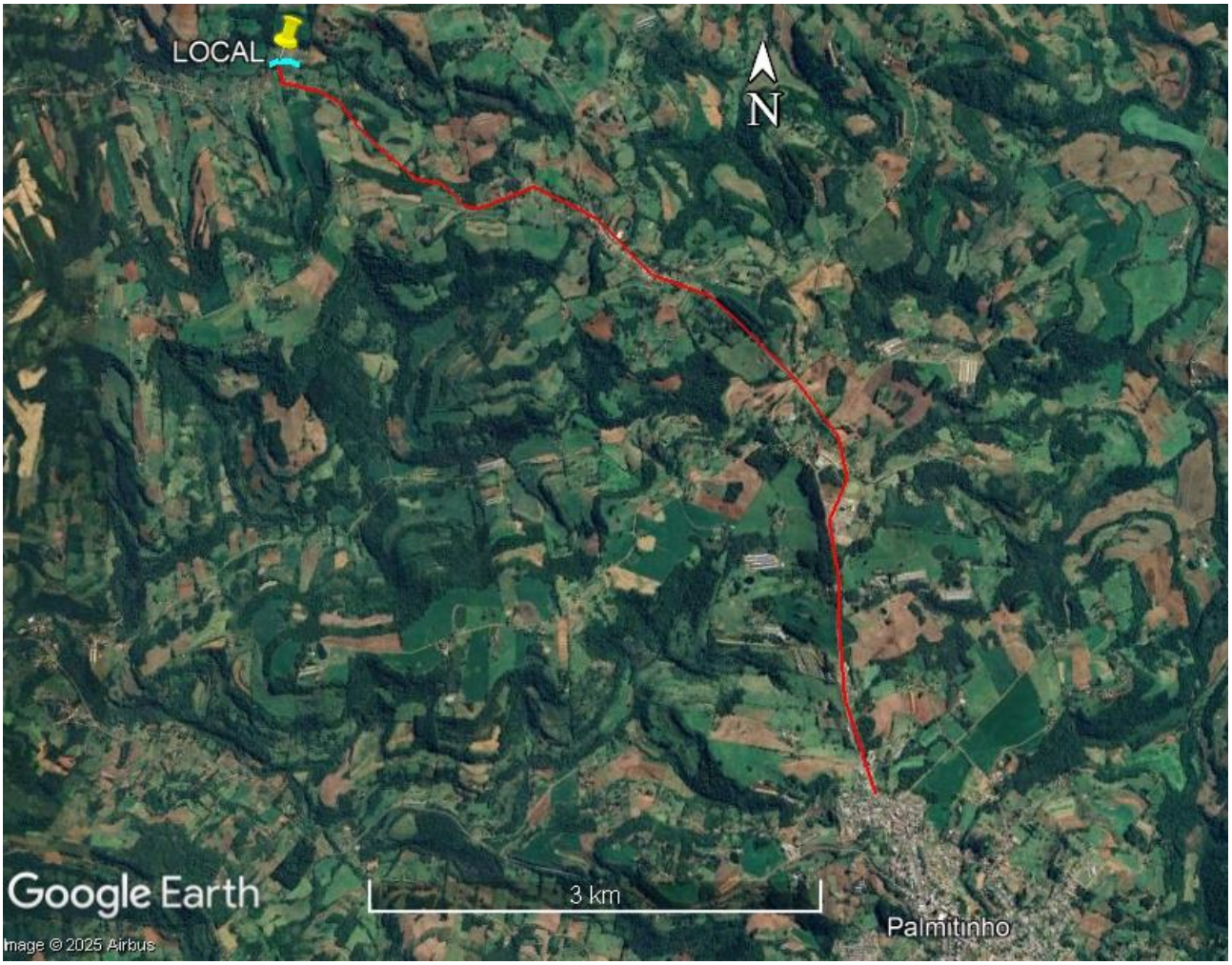


Imagem 01: Croqui de acesso ao local

O local de estudo se localiza a aproximadamente 8,2km de distância da prefeitura municipal de Palmitinho, sendo acessada através da RS 528 e posteriormente seguindo por estradas vicinais em direção a comunidade da Linha Caldeirão por mais 3km, seguindo a direita na estrada que dá acesso à outras comunidades do interior, chegando na referida ponte, conforme apresentado na imagem 01.



Imagem 02: Croqui de Localização

As coordenadas geográficas do ponto central, através do *datum* SIRGAS 2000, considerando a zona 22J, expressas em graus decimais, são: Latitude -27.304514° e Longitude -53.603583°.

A via atravessa área rural agrícola, margeada por lavouras e pequenas propriedades, cultivadas geralmente por plantio de milho, soja e trigo. Sendo que os períodos de pico de tráfego acontecem nos meses de colheita, tais como janeiro a março e julho a setembro.

O trecho onde será construída a nova ponte cruza um curso d'água de pequeno porte, denominado Lajeado Caldeirão, utilizado para drenagem natural da região, como podemos observar nas imagens a seguir:

















3. METODOLOGIA DO ESTUDO

3.1 Contagem volumétrica

A contagem volumétrica consiste no levantamento do número de veículos que trafegam por um determinado ponto da via, durante um período de tempo previamente definido. Esse procedimento tem como finalidade identificar o volume de tráfego existente, seus horários de maior intensidade e as variações diárias do fluxo, fornecendo dados fundamentais para o dimensionamento e a análise operacional da ponte.

No caso da ponte do projeto, a contagem volumétrica foi realizada de forma a representar adequadamente as condições típicas de circulação local, contemplando diferentes períodos do dia. O levantamento foi feito de maneira manual, por meio de observadores registrando os veículos em intervalos regulares.

Os resultados obtidos permitem determinar o Volume Médio Diário (VMD) e o Volume Horário de Projeto (DHV)**,** parâmetros essenciais para o dimensionamento geométrico e estrutural da ponte. A análise do volume de tráfego também possibilita identificar horários de pico**,** percentuais de veículos pesados e tendências de crescimento**,** informações indispensáveis para garantir o desempenho e a durabilidade da estrutura ao longo do tempo.

Como citado anteriormente, para o estudo de tráfego em questão, que é a ponte do Rio Marcelino, foi adotado como parâmetro uma estimativa de volume de veículos que passa pela rua diariamente, feita de forma manual. Em visita ao local de implantação e observação do trânsito gerou-se uma planilha de contagem de tráfego.

Tabela 1: Distribuição dos Veículos por Eixos:

Categoria de veículo	**Descrição típica**	**Nº médio de eixos**	**Total diário (veíc./dia)**	**Eixos/dia estimados**	**Participação (%) em eixos**
Veículos leves	Automóveis, utilitários leves	2	22	44	34%
Caminhões médios	Caminhões 3/4, truck leve	3	8	24	19%
Caminhões pesados / tratores agrícolas	Caminhões 3 e 4 eixos, tratores e implementos	4	5	20	16%

Categoria de veículo	Descrição típica	Nº médio de eixos	Total diário (veíc./dia)	Eixos/dia estimados	Participação (%) em eixos
Máquinas agrícolas	Tratores, colheitadeiras e implementos rebocados	3	10	30	23%
Motocicletas	Motonetas e motocicletas de pequeno porte	2	5	10	8%
Total geral	—	—	**50**	**128 eixos/dia**	**100%**

O tráfego com predominância de eixos duplos e triplos indica uma carga por eixo elevada, característica de transporte agrícola pesado (grãos, adubo, implementos e máquinas). Esses veículos, mesmo em volume diário reduzido, geram maiores tensões repetitivas e efeitos cumulativos de fadiga na estrutura da ponte.

3.2 Projeção de Eixos – 20 Anos (DNIT, 2006)

Com base na taxa média de crescimento de **4% a.a. para veículos pesados** e **3% a.a. para leves**, projetou-se o número de eixos para 20 anos:

Categoria	Eixos/dia atuais	Crescimento anual	Eixos/dia em 20 anos
Veículos leves	44	3%	79
Caminhões médios	24	4%	52
Caminhões pesados / tratores	20	4%	44
Máquinas agrícolas	30	4%	65
Motocicletas	10	3%	18
Total projetado	**128**	—	**≈ 258 eixos/dia**

O tráfego na via é classificado como **baixo volume (Classe IV – DNIT, 2006)**, porém com predominância de veículos pesados de carga agrícola**.** O número atual de 128 eixos/dia

deverá evoluir para cerca de **258 eixos/dia em 20 anos**, o que demanda estrutura de ponte projetada para cargas móveis agrícolas pesadas e consideração de efeitos de fadiga a longo prazo**.**

3.2.1 Fórmula usada (projeção geométrica de eixos)

Para cada categoria:

$$N_{\text{cat}} = E_{d,0} \times 365 \times \sum_{t=0}^{n-1}(1+a)^t = E_{d,0} \times 365 \times \frac{(1+a)^n - 1}{a}$$

onde:

- $E_{d,0}$ = eixos por dia atuais (categoria)
- a = taxa de crescimento anual adotada para a categoria (decimal)
- n = horizonte (anos) — aqui n=20

O **Número N total** (todos os eixos) é a soma dos N_{cat} de todas as categorias:

$$N_{total} = \sum_{\text{cat}} N_{\text{cat}}$$

Premissas adotadas

Eixos/dia atuais (calculado a partir das contagens):

- Veículos leves: **44 eixos/dia** (22 veículos × 2 eixos) — taxa a=1,5%aa
- Caminhões médios: **24 eixos/dia** — taxa a=4% a.a.
- Caminhões pesados / tratores: **20 eixos/dia** — taxa a=4% a.a.
- Máquinas agrícolas: **30 eixos/dia** — taxa a=4% a.a.
- Motocicletas: **10 eixos/dia** — taxa a=1,5% a.a.

Horizonte: n=20 anos.

Tabela 5: Número N (20 anos) por categoria e total

Categoria	Eixos/dia atuais	Taxa a (a.a.)	N (repetições de eixo em 20 anos)
Veículos leves	44	1,5%	**371.367 eixos**
Caminhões médios	24	4,0%	**260.856 eixos**

Categoria	Eixos/dia atuais	Taxa a (a.a.)	N (repetições de eixo em 20 anos)
Caminhões pesados / tratores	20	4,0%	**217.380 eixos**
Máquinas agrícolas	30	4,0%	**326.070 eixos**
Motocicletas	10	1,5%	**84.402 eixos**
Total geral (N)	**128 eixos/dia** (atual)	—	**≈ 1.260.075 eixos (20 anos)**

Portanto, **Número N total ≈ 1,26 × 10^6 repetições de eixo** ao longo de 20 anos no ponto estudado (cenário Base ajustado).

Percentuais da contribuição ao N total:

- Máquinas agrícolas ≈ 25,9%
- Veículos leves ≈ 29,5%
- Caminhões médios ≈ 20,7%
- Caminhões pesados ≈ 17,3%
- Motocicletas ≈ 6,7%

3.3 Fator de Veículo (FV) usando as fórmulas do DNIT (Manual de Estudos de Tráfego, 2006) (método AASHTO)

O Manual do DNIT (2006) define:

- **FV** (por veículo) = soma dos **fatores de equivalência de carga (FCj)** de cada eixo do veículo. (FV = ∑ FCj)
- As expressões AASHTO (Tabela do DNIT) usadas para FC são (P em tf = toneladas força):
  - Eixo simples (rodagem simples): $FC=(P/7,77)^{4,32}$
  - Eixo simples (rodagem dupla): $FC=(P/8,17)^{4,32}$
  - Tandem (duplo): $FC=(P/15,08)^{4,14}$
  - Tandem (triplo): $FC=(P/22,95)^{4,22}$

Valores de carga por eixo adotados)

Usamos cargas por eixo representativas, compatíveis com as capacidades usuais e tabelas DNIT/ANTT para veículos brasileiros:

- **Veículos leves (carros/utilitários)** — 2 eixos × **1,5 t/axle** (eixo simples).
- **Motocicletas** — 2 eixos × **0,15 t/axle**.
- **Caminhão médio (3 eixos)** — 1 eixo dianteiro **6 t** (simples) + tandem traseiro **17 t** (tandem total).
- **Caminhão pesado / trator (config. típica 4 eixos)** — 1 eixo dianteiro **6 t** + tandem traseiro **25,5 t** (tandem total).
- **Máquinas agrícolas (ex.: trator/colheitadeira)** — assume-se 3 eixos: 1 dianteiro **5 t** + tandem traseiro **20 t** (tandem total).

Cálculos (AASHTO → FC por eixo → FV por veículo)
Usamos as fórmulas AASHTO do DNIT para calcular cada FC e somei os eixos do veículo. Resultados (FV = eixos-padrão equivalentes por **um** veículo da categoria):

- **Veículos leves (2 eixos × 1,5 t/axle)**
  FV≈0,00164 (praticamente desprezível — carros têm impacto muito baixo em termos de eixo-padrão).
- **Motocicletas (2 × 0,15 t)**
  FV≈$7{,}9\times10^{-8}$(zero para efeitos práticos).
- **Caminhão médio (1×6 t + tandem 17 t)**
  FV≈1,97 eixos-padrão por veículo.
- **Caminhão pesado / trator (1×6 t + tandem 25{,}5 t)**
  FV≈9,13 eixos-padrão por veículo.
- **Máquinas agrícolas (1×5 t + tandem 20 t)**
  FV≈3,37eixos-padrão por veículo.

Multiplicando o FV por veículo pelo número de veículos de cada categoria obtém-se o **FV total diário** (eixos-padrão/dia):

Categoria	Nº veículos/dia	FV (por veículo)	FV total (eixos-padrão/dia)
Veículos leves	22	0,00164	0,036
Caminhões médios	8	1,9697	15,78

Categoria	Nº veículos/dia	FV (por veículo)	FV total (eixos-padrão/dia)
Caminhões pesados / tratores	5	9,1276	45,64
Máquinas agrícolas	10	3,3676	33,68
Motocicletas	5	0,00000008	~0,00
Total diário (FV total)	**50**	—	**≈ 95,11 eixos-padrão/dia**

- **FV médio por veículo** = 95,11 / 50 ≈ **1,90 eixos-padrão por passagem** (média ponderada do conjunto).
- **Um caminhão pesado típico** (hipótese usada) equivale a **~9,1 eixos-padrão** — isto é o que causa a maior parte da "danificação equivalente" do pavimento/estrutura.
- **Máquinas agrícolas** também pesam muito em equivalência (≈3,4 eixos-padrão cada).
- **Carros e motos** praticamente não contribuem para o N_{eq} relativo.

3.4 Densidade de tráfego na ponte (veh/km ou veh/m)

A densidade de tráfego k é a quantidade de veículos por unidade de comprimento (veículos/km ou vehicles/m) presente numa via/ponte em um dado instante. É usada em análise de fluxo (q, v, k).

Fórmula básica:

$$k = \frac{q}{v}$$

onde

- k = densidade (veículos/km),
- q = fluxo ou vazão (veículos/hora),
- v = velocidade média (km/h).
- Temos VMDa ≈ **58 veículos/dia** (VMDa total). Em estradas rurais a hora de pico costuma concentrar **10**%

  $q_{pico} \approx 0{,}10 \times 58 = 5{,}8$ veıc/h

- Supondo velocidade média v=40 km/h:

  k=5,8 =0,145 veıc/km

  40

- Para converter para veículos sobre a ponte: comprimento da ponte L=15m = 0,015 km:

veıc_na_ponte=k×L=0,145×0,015≈0,0022 veıc

praticamente zero: com esse tráfego a qualquer instante a ponte normalmente estará vazia (espera-se raríssimas passagens simultâneas).

Cálculo do fluxo horário de pico q=0,10×58=5,8 veículos/hora

Cálculo da densidade de tráfego (veículos/km)

k= q = 5,8 = 0,145 veículos/km

v 40

Veículos sobre a ponte=k × L=0,145×0,015=0,0022 veículos sobre

A densidade é extremamente baixa, em média menos de 1 veículo a cada 450 metros de via, ou menos de 1 veículo sobre a ponte por vez. Isso caracteriza tráfego muito leve, típico de vias rurais de escoamento agrícola**,** sem risco de congestionamento ou presença simultânea significativa.

Resumo dos resultados:

Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidade
Fluxo horário de pico	q	5,8	veículos/h
Velocidade média	v	40	km/h
Densidade de tráfego	k	0,145	veículos/km
Veículos simultâneos na ponte	—	0,0022	veículo

3.5 Extrapolação anual conforme o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006)

Hipóteses adotadas**:**

- fator semanal f_{Ps}=1,05 (corrige dia da semana);
- fator sazonal f_a=1,10 (mensal→anual, safra/entressafra);
- fator combinado $f_T=f_{Ps}\times f_a$=1,155

3.6 Cálculo de Volume Diário Médio (VDM) e Volume Médio Diário Anual (VDMA).

Fórmula aplicada:

$VMDa_{cat} = V_{d,cat} \times fT$ com f_T=1,155

Resultados (valores exatos e arredondados):

Categoria	**Vd (observado)**	**VMDa = Vd × 1,155**	**VMDa (arredondado)**
Veículos leves	22	22 × 1,155 = **25,41**	**25**
Caminhões médios	8	8 × 1,155 = **9,24**	**9**
Caminhões pesados / tratores	5	5 × 1,155 = **5,78**	**6**
Máquinas agrícolas	10	10 × 1,155 = **11,55**	**12**
Motocicletas	5	5 × 1,155 = **5,78**	**6**
Total	**50**	**57,75**	**58 veículos/dia**

O VMDa total estimado para Viadutos (RS)**:** ≈ 57,8 veículos/dia (arredondado 58 veículos/dia). Durante o período de safra, observa-se incremento médio de 30 a 50% no volume diário, especialmente de caminhões e colheitadeiras.

4. CLASSIFICAÇÃO DO TRÁFEGO

Tipo predominante: **Veículos pesados (carga agrícola**).

Classe de tráfego: Conforme DNIT 7188 – Classe 45 (tráfego médio a alto de veículos pesados).

Eixo representativo de cálculo: Caminhão de 3 eixos carregado (C3).

5. PROJEÇÃO DE TRÁFEGO FUTURO

Horizonte de projeto: 20 anos.

$V_n=V_0\times(1+a)n$

onde:

- V_0 = 57,75 (VMDa atual),
- a = taxa de crescimento anual (decimal),
- n = 20 anos.

Observação: o DNIT recomenda justificar a taxa aaa (uso de dados locais, histórico, ou adoção de taxa padrão). A taxa como referência é **3% a.a.** A seguir, apresenta-se uma tabela de sensibilidade com outras taxas comuns (0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%).

4. Resultados — VMDa após 20 anos (V_n) — sensibilidade por taxa anual

Taxa a (a.a.)	**Fator $(1+a)^{20}$**	**$V20=57,75\times(1+a)^{20}$(veíc./dia)**
0%	1,0000	**57,75**
1%	1,2207	**70,47**
2%	1,4869	**85,81**
3%	1,8061	**104,30**
4%	2,1926	**126,54**
5%	2,6540	**153,23**

Projeção detalhada para **3% a.a.** (recomendação de referência DNIT)

Fator de crescimento para 20 anos: $(1,03)^{20}\approx1,8061$

VMDa atual por categoria (base):

- Veículos leves: 25,41
- Caminhões médios: 9,24
- Caminhões pesados / tratores: 5,78
- Máquinas agrícolas: 11,55
- Motocicletas: 5,78

  (total = 57,75)

VMDa projetado em 20 anos (3% a.a.) — por categoria (arredondado):

- Veículos leves: **45,89 veíc./dia**
- Caminhões médios: **16,69 veíc./dia**
- Caminhões pesados / tratores: **10,44 veíc./dia**
- Máquinas agrícolas: **20,86 veíc./dia**

- Motocicletas: **10,44 veíc./dia**

Total projetado (20 anos, 3% a.a.): ≈ 104,3 veículos/dia.

Com **3% a.a.**, o tráfego praticamente duplica em 20 anos (multiplicador ≈ 1,806) — de ~58 → ~104 veículos/dia.

6. CONSIDERAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO DA PONTE

Levando em consideração as caraterísticas da nova ponte sobre o Rio Marcelino, e de acordo com **a** NBR 7188:2013**,** a carga móvel de projeto utilizada será a **Classe 45 (CM-45)**, recomendada para pontes rurais de tráfego pesado, com passagem de caminhões, tratores e máquinas agrícolas.

A Carga Móvel Classe 45 é composta por:

- Veículo-tipo (Carga Concentrada):
  - Peso total**:** 450 kN (45 toneladas)**;**
  - Distribuição:
    - Dois eixos com 180 kN cada;
    - Um eixo com 90 kN;
  - Distância entre eixos:
    - Entre o primeiro e o segundo: 4,0 m**;**
    - Entre o segundo e o terceiro: 4,0 m**.**
- Carga Uniformemente Distribuída (CUD):
  - 5 kN/m² aplicada sobre a largura da faixa de rolamento, para representar o fluxo de veículos.

A carga móvel CM-45 deve ser aplicada:

- Sobre a faixa de rolamento deslocando-se transversal e longitudinalmente para obtenção dos efeitos mais desfavoráveis nos elementos estruturais (vigas, tabuleiros, lajes, etc.);
- Combinada com as cargas permanentes (peso próprio, pavimento, guarda-corpo, etc.);
- Considerando o impacto dinâmico, conforme prescrito na norma.

Esquema técnico — Carga móvel de projeto (TB-450 / CM-45).

Item	Valor / Observação
Nome da carga	TB-450 (também referida como CM-45)
Peso total característico	**450 kN**
Roda / carga característica P	**75 kN** (cada roda; 6 rodas no trem-tipo)
Eixos	**3 eixos**, com espaçamento entre eixos **1,5 m** (configuração do trem-tipo).
Área de ocupação	**18,0 m²** (área circundada pela carga concentrada)
Carga uniformemente distribuída (CUD) p	**5,0 kN/m²** sobre a área de ocupação (aplicada na posição mais desfavorável).
Faixa típica para aplicação	adotar a largura efetiva que gere o efeito mais desfavorável (ex.: faixa de rolamento **≈ 3,0 m** como referência em pontes rurais).
Coeficiente de impacto vertical (CIV)	**CIV = 1,35** para vãos < 10 m; para vãos entre 10 m e 200 m usar a expressão prescrita na NBR 7188.
Coeficiente do número de faixas (CNF)	**CNF = 1 − 0,05·(n − 2)** com limite inferior **> 0,9** (n = nº de faixas carregadas).
Coeficiente de impacto adicional (CIA)	**CIA = 1,25** (concreto / misto); **CIA = 1,15** (aço) — aplicado em regiões de juntas e extremos da obra.

Carga móvel adotada — Adota-se para o dimensionamento a carga móvel rodoviária padrão TB-450 (CM-45), conforme ABNT NBR 7188:2013: veículo-tipo com 450 kN (seis rodas, P = 75 kN por roda), composto por três eixos de carga afastados entre si de 1,5 m, com área de ocupação de 18,0 m² circundada por carga uniformemente distribuída p = 5,0 kN/m². Para os efeitos finais aplicar os coeficientes de ponderação da norma: CIV (impacto vertical), CNF (número de faixas) e CIA (impacto adicional nas juntas/extremidades). As cargas concentradas e a carga distribuída deverão ser posicionadas transversal e

longitudinalmente em posições que resultem nos efeitos mais desfavoráveis para cada verificação.

7. CONCLUSÃO

O estudo de tráfego indica que a via apresenta predominância de veículos pesados agrícolas e caminhões de grãos, com tráfego sazonal intensificado durante a safra. Dessa forma, recomenda-se o dimensionamento da ponte segundo Carga Móvel Classe 45 (NBR 7188), com largura e resistência adequadas ao trânsito agrícola local, garantindo segurança estrutural e durabilidade ao longo do horizonte de projeto.

A implantação da ponte representa um elemento essencial para o desenvolvimento local, pois facilita o escoamento da produção agrícola, o transporte escolar, o acesso a serviços públicos e o deslocamento diário das comunidades. Além de promover maior integração entre as localidades, a estrutura viária contribui para a redução de custos logísticos e do tempo de viagem, aumentando a competitividade econômica da região.

Do ponto de vista social, a ponte assegura melhores condições de mobilidade e segurança, especialmente em períodos de cheias, quando o acesso às propriedades rurais e vilas próximas pode ser comprometido. Dessa forma, a obra viária atua como um vetor de desenvolvimento econômico e de inclusão social, fortalecendo a infraestrutura rural e a qualidade de vida da população local.

Esse levantamento permite ainda prever o crescimento futuro do tráfego, para 20 anos, garantindo que a ponte seja projetada para atender às demandas atuais e futuras da zona rural, promovendo o desenvolvimento regional e a melhoria da mobilidade local.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Manual de Estudos de Tráfego. Rio de Janeiro: DNIT, Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, 2006. 199 p. (Publicação IPR-723).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7188: Carga móvel em pontes e viadutos rodoviários. Rio de Janeiro, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Manual de Pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro: IPR/DNIT, 2006.

Palmitinho – RS, 10 de novembro de 2025

LUANA MARIA ELOY:03382270080

Assinado de forma digital por LUANA MARIA ELOY:03382270080
Dados: 2025.11.11 19:12:00 -03'00'

Responsável Técnica _____

Luana Maria Eloy
Engenheira Civil
CREA RS244471