



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS, TECNOLOGIA E LETRAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO**

**MARCOS EDUARDO MACIEL FRANCO**

**ANÁLISE DO TRÁFEGO VEICULAR E DO VOLUME DE CARGA EM TRECHO  
DA BR-222 EM AÇAILÂNDIA-MA**

**AÇAILÂNDIA-MA**

**2024**



**MARCOS EDUARDO MACIEL FRANCO**

**ANÁLISE DO TRÁFEGO VEICULAR E DO VOLUME DE CARGA EM TRECHO  
DA BR-222 EM AÇAILÂNDIA-MA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), Campus Açailândia, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Mário Silva Lucena  
Coorientadora: Profa. Ma. Andrea Ferraz Silva  
Pereira

**AÇAILÂNDIA-MA**

**2024**

F825a

Franco, Marcos Eduardo Maciel

Análise do tráfego veicular e do volume de carga em trecho da BR-222 em Açailândia-MA / Marcos Eduardo Maciel Franco. – Açailândia: UEMASUL, 2024.  
45 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharel em Engenharia Civil) –  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Açailândia, MA,  
2024.

Orientador: Prof. Esp. Mário Silva Lucena.

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Ma. Andrea Ferraz Silva Pereira.

1. Tráfego veicular. 2. Contagem manual. 3. Fluxo. 4. Carga veicular. 5. Perímetro urbano. I. Título.

CDU 656(812.1)


MARCOS EDUARDO MACIEL FRANCO

**ANÁLISE DO TRÁFEGO VEICULAR E DO VOLUME DE CARGA EM TRECHO  
DA BR-222 EM AÇAILÂNDIA-MA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), *Campus* Açailândia, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.


Aprovado em: 09/08/2024.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **MARIO SILVA DE LUCENA**  
Data: 23/08/2024 21:06:18-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Prof. Esp. Mário Silva Lucena (Orientador)**  
Especialista em Pavimentação e Restauração Rodoviária  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Documento assinado digitalmente  
 **ANDREA FERRAZ SILVA PEREIRA**  
Data: 23/08/2024 20:17:28-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Ma. Andrea Ferraz Silva Pereira (Coorientadora)**  
Mestra em Ciência dos Materiais  
Universidade Federal do Maranhão

Documento assinado digitalmente  
 **RAMON REIS RODRIGUES**  
Data: 23/08/2024 20:41:34-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Esp. Ramon Reis Rodrigues**  
Especialista em Projeto, Execução e Controle de Estruturas e Fundações  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

## **AGRADECIMENTOS**

Aqui dedico os meus agradecimentos.

À Deus, pela dádiva da vida, por me agraciar diariamente com novas oportunidades e por me encorajar quando todas as minhas forças estavam esgotadas.

À minha esposa Lia Mayra, pelo apoio incondicional, e à minha filha Cecilia, que nesse intervalo de produção científica veio ao mundo me inspirar diariamente a ser uma pessoa melhor.

À minha mãe, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Suzenilde Maciel, e ao meu irmão, Ravi Maciel, que ajudaram de forma incansável nos dias de contagens.

Ao meu pai, Prof. Dr José Raimundo C. Franco, por todo incentivo ao longo da vida, principalmente no que tange aos meus estudos.

À empresa VitralLux, pelo suporte indispensável da equipe técnica e, em especial ao Vinicius Vasconcelos, por oferecer um material com qualidade para a execução do trabalho.

E, por fim e não menos importante, ao meu orientador, Prof. Esp. Mário Silva Lucena, por ter aceitado a orientação na reta final de produção trabalho após mudanças de orientadores e à Prof<sup>ª</sup>. Ma. Andrea Ferraz, minha coorientadora, pelo suporte intelectual e paciência durante todo o processo de elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

## RESUMO

A BR-222 é uma importante rodovia federal, cuja construção desempenhou um papel crucial no crescimento e desenvolvimento da cidade de Açailândia-MA. Por atravessar o perímetro urbano, a rodovia não só facilita os fluxos comerciais intermunicipais e interestaduais, como também recebe diariamente um grande volume de veículos da população local. Este estudo teve como objetivo caracterizar o fluxo e a carga veicular no KM 674 da BR-222, utilizando vídeos de monitoramento que proporcionaram uma visão frontal da rodovia e permitiram a contagem manual dos veículos ao longo de sete dias. Concluiu-se que os fluxos de tráfego no perímetro urbano se aproximam dos limites considerados aceitáveis pelo manual de estudo de tráfego do DNIT, com predominância de veículos leves. Contudo, embora a frota seja composta majoritariamente por veículos leves, verificou-se que os veículos comerciais movimentam, em média, 73328 toneladas por dia no trecho avaliado.

**Palavras-chaves:** Tráfego veicular; Contagem manual; Fluxo; Carga veicular; Perímetro urbano; Estudo de tráfego.

## **ABSTRACT**

The BR-222 is an important highway whose construction played a decisive role in the growth and development of the city of Açailândia-MA. As it crosses the urban area, the highway not only facilitates intercity and interstate trade flows but also accommodates a large daily traffic volume from the local population. This study aimed to characterize the traffic flow and vehicle load at KM 674 of BR-222 using monitoring cameras that provided a frontal view of the highway and allowed for manual vehicle counting over seven days. Traffic flow within the urban area was found to be approaching limits considered acceptable by the DNIT Traffic Study Manual, with a predominance of light vehicles. However, despite the preponderance of light vehicles, commercial vehicles were found to move an average of 73.328 tons per day on the studied route.

**Keywords:** Vehicle traffic; Manual counting; Flow; Vehicle load; Urban area; Traffic analysis.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Expansão temporal da malha urbana de Açailândia- MA. <b>Fonte:</b> Açailândia /PMSB/ Gestão Ambiental (2017).	<b>14</b>
<b>Figura 2.</b> Localização do ponto de contagem (em vermelho). <b>Fonte:</b> Google Earth (2022).	<b>23</b>
<b>Figura 3.</b> Croqui de situação e sentido das vias. <b>Fonte:</b> Elaboração própria (2024).	<b>24</b>
<b>Figura 4.</b> Posicionamento das câmeras. <b>Fonte:</b> Acervo do autor (2023).	<b>25</b>
<b>Figura 5.</b> Imagem de câmera. <b>Fonte:</b> Acervo do autor (2023).	<b>25</b>
<b>Figura 6.</b> Contadores estatísticos (marca <i>Western</i> ). <b>Fonte:</b> Acervo do autor (2023).	<b>26</b>
<b>Figura 7.</b> Caracterização da frota veicular em trecho urbano da BR-222 em Açailândia -MA, em 2023. <b>Fonte:</b> Elaboração própria (2024).	<b>29</b>
<b>Figura 8.</b> Local de contagem veicular. <b>Fonte:</b> Google Earth (2022).	<b>30</b>
<b>Figura 9.</b> Gráfico contendo a distribuição das categorias veiculares entre 2017 e 2023 na BR-222 em Açailândia-MA. <b>Fonte:</b> DNIT (2023).	<b>31</b>
<b>Figura 10.</b> Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o primeiro dia (segunda-feira). <b>Fonte:</b> Elaboração própria (2024).	<b>33</b>
<b>Figura 11.</b> Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o segundo dia (terça-feira). <b>Fonte:</b> Elaboração própria (2024).	<b>34</b>
<b>Figura 12.</b> Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o terceiro dia (quarta-feira). <b>Fonte:</b> Elaboração própria (2024).	<b>34</b>
<b>Figura 13.</b> Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o quarto dia (quinta-feira). <b>Fonte:</b> Elaboração própria (2024).	<b>35</b>
<b>Figura 14.</b> Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o quinto dia (sexta-feira). <b>Fonte:</b> Elaboração própria (2024).	<b>35</b>
<b>Figura 15.</b> Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o quinto dia (sexta-feira). <b>Fonte:</b> Elaboração própria (2024).	<b>36</b>
<b>Figura 16.</b> Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o sétimo dia (domingo). <b>Fonte:</b> Elaboração própria (2024).	<b>36</b>
<b>Figura 17.</b> Comparativo entre volume bruto e unidade por carro de passeio para o período avaliado (do dia 16/10/2023 a 22/10/2023). <b>Fonte:</b> Elaboração própria (2024).	<b>38</b>
<b>Figura 18.</b> Peso bruto por categoria veicular analisados na contagem. <b>Fonte:</b> Adaptado de DNIT (2021).	<b>40</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Fatores de conversão (UCP).	<b>27</b>
<b>Tabela 2.</b> Caracterização da frota veicular por via.	<b>31</b>
<b>Tabela 3.</b> Dados volumétricos diários.	<b>32</b>
<b>Tabela 4.</b> Volumes médios diários (VMD) para período analisado em trecho da BR-222.	<b>32</b>
<b>Tabela 5.</b> Descrição dos horários de pico por via.	<b>37</b>
<b>Tabela 6.</b> Volume de unidade por carro de passeio (UCP).	<b>39</b>
<b>Tabela 7.</b> Comparativo ente FHP e FHP UPC.	<b>39</b>
<b>Tabela 8.</b> Carga total bruta diária e total.	<b>41</b>

## **LISTA DE SIGLAS**

**ANTT** – Agência Nacional de Transportes Terrestres

**CTB** – Carga Total Bruta

**CONTRAN** - Conselho Nacional de Trânsito

**DNIT** – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

**FWHA** – *Federal Highway Administration*

**FHP** – Fator de Horário de Pico

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**INMETRO** – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

**PNCT** – Plano Nacional de Contagem de Tráfego

**PBT** – Peso Bruto Total

**SUDAM** – Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia

**SUDENE** – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

**UCP** – Unidades de Carros de Passeio

**VMD** – Volume Médio Diário

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
3.1 Plano nacional de contagem de tráfego (PCNT)	17
3.2 Contagem de tráfego	18
3.2.1 Contagens manuais	18
3.2.2 Contagens automáticas	18
3.3 Classificações utilizadas em estudos de tráfego	18
3.3.1 Classificação das rodovias quanto à posição	18
3.3.2 Classificação de volume	20
3.3.3 Classificação de variação volumétrica	21
3.3.4 Classificação de vias de trânsito	21
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>23</b>
4.1 Local de estudo	23
4.2 Coleta de dados	24
4.3 Equipamentos e instrumentos utilizados	24
4.4 Procedimento de Contagem	26
4.5 Métodos de pesquisa utilizados e tratamento dos dados obtidos	27
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>29</b>
5.1 Descrição da frota	29
5.2 Volume de tráfego diário em Açailândia-MA	31
5.3 Dados volumétricos e de pico da série temporal	33
5.4 Carga veicular comercial sobre o trecho urbano da BR-222 em Açailândia-MA	40
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>43</b>
<b>APÊNDICE A</b>	<b>45</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A grande dimensão territorial do Brasil somado ao fato do país possuir a quinta maior população mundial e sua grande diversidade econômica demanda uma estrutura de transporte diversificada, que atenda às necessidades sociais e econômicas, garantindo fluidez e eficiência. Apesar da diversidade de infraestrutura dos transportes disponíveis no Brasil, o modal rodoviário se constitui como a principal modalidade no que tange à movimentação de usuários e produtos em território nacional (OLIVEIRA *et. al*, 2016).

Os investimentos em transportes terrestres no Brasil viabilizaram a expansão urbana, levando à ocupação de novas áreas, facilitando o povoamento e a exploração econômica no interior do Brasil. A abertura de estradas estruturou cidades existentes, criou cidades e atraiu investimentos em novas atividades produtivas (PEREIRA; LESSA, 2011).

Em território nacional, a composição da matriz de transporte tem cinco diferentes modais em sua composição, todavia, nos últimos 30 anos o principal modal destacadamente é o rodoviário apesar do crescimento recente do ferroviário. (MOREIRA; FREITAS JUNIOR; TOLOI, 2018)

A difusão do modal rodoviário no Brasil foi estimulada durante a política de Planos de metas estabelecidas durante o governo de Juscelino Kubistchek que enumeraram trinta e uma metas, dentre elas a “meta sínteses” que tratava da construção da que vinha a se tornar a capital do Brasil, Brasília (BRASIL, 1958). Além da meta síntese, o plano propunha nas metas 8 e 9 o objetivo de expandir e adequar as malhas rodoviárias, aliado ao crescimento das produções automobilísticas que foi impulsionado pela fundação do Grupo Executivo da Indústria Automotiva -GEIA, que atraiu o mercado externo de montadoras como: General Motors, Volkswagen, Toyota e Mercedes-Benz (REGO; FAILLACE JUNIOR, 2017).

Pontes e Baldonio (2022) pontuam que em contrapartida da consolidação do modal rodoviário com o sucesso das metas 8 e 9, houve o fracasso no reaparelhamento e construção das ferrovias previstas nas metas 6 e 7, desequilibrando o objetivo geral do plano no que se diz respeito aos transportes.

Com a expansão das malhas rodoviárias, Açailândia-MA foi impactada com a expansão, sendo rota da rodovia federal Belém-Brasília (BR-010) atraindo migrantes ao que a época era um distrito da cidade de Imperatriz-MA em 6 de junho de 1981 (SOUSA, 2015). Um marco para o desenvolvimento gradativo que viria a acarretar nas décadas posteriores como polo rodoviário e ferroviário da região com alcunha de “cidade do aço”.

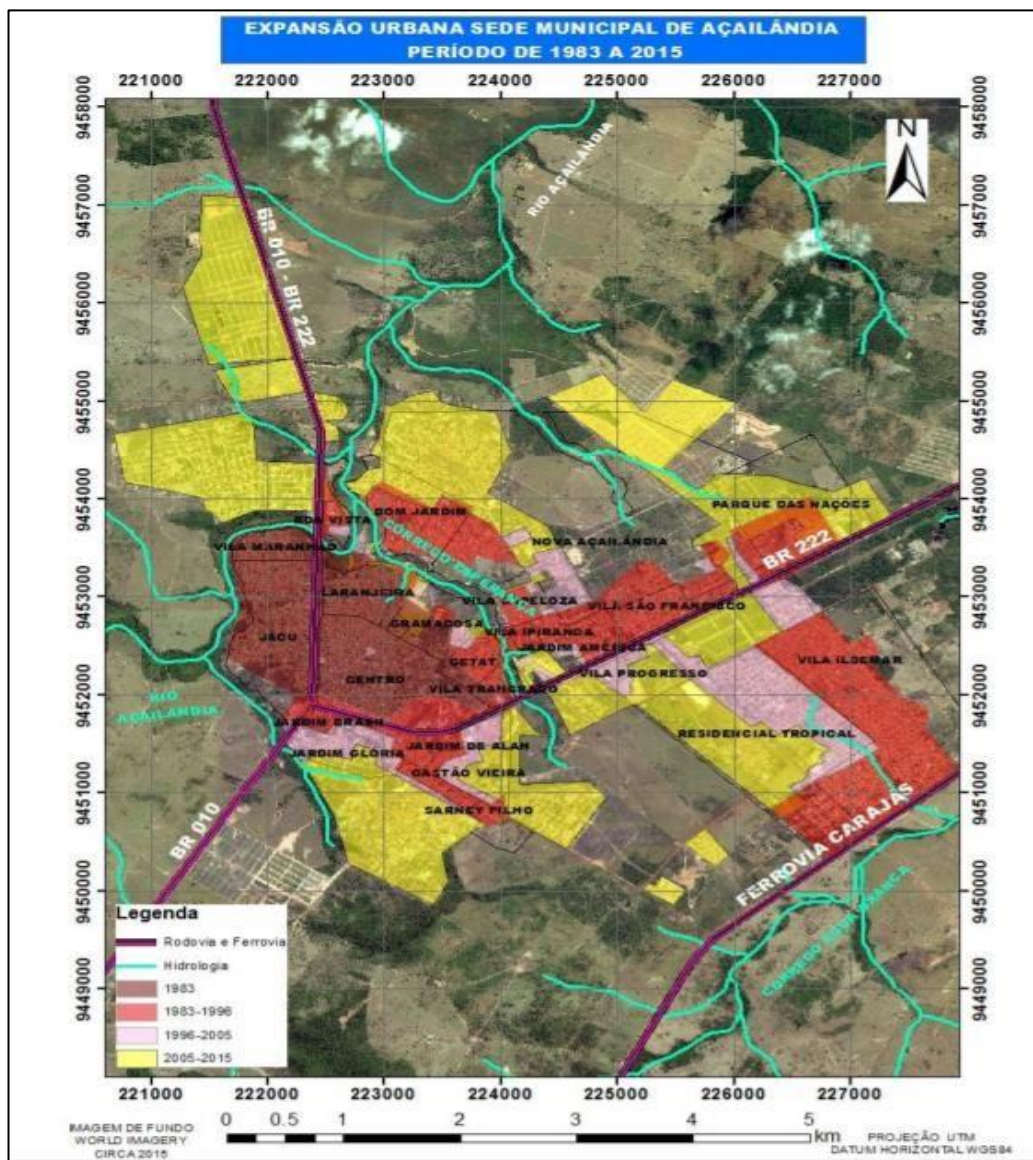
O município de Açailândia está situado no oeste do Maranhão, próximo às fronteiras do Tocantins e Pará. Sua emancipação política é historicamente recente, ocorrendo no ano de

1981, sendo considerado município maranhense há quatro décadas. Sua localização parte do eixo de duas rodovias federais: BR-010 com a alcinha de Belém-Brasília e a BR-222 que liga o município à capital maranhense. Destaca-se também o cruzamento no modal ferroviário com a estrada de Ferro Carajás (892 km) que interliga a cidade de Parauapebas-PA ao Porto do Itaqui em São Luís-MA e a ferrovia Norte-Sul (720 km) conectando a Palmas-TO. (ROCHA; SILVA; LOYOLA, 2015).

No início da década de 1980 a população açailandense tinha a composição básica de moradores rurais oriundos da ocupação da Pré-Amazônia maranhense, fomentados pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste-SUDENE através de incentivos fiscais. Tais características foram alteradas quando a cidade recebeu investimentos da construção da rodovia Belém-Brasília e incentivos de colonização operadas pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia-SUDAM promovendo um fluxo migratório e promovendo atividades comerciais agropecuárias e de exploração da madeira (CARNEIRO, 2019).

A ocupação da porção oriental do município, onde hoje se encontra o bairro do Pequiá se deu por meio da construção da rodovia MA-74, responsável por estabelecer a conexão entre a localidade e o município de Santa Luzia. Essa via integrou-se posteriormente a BR-222 que hoje se estende pelos estados nordestinos do Ceará, Piauí, Maranhão além do estado do Pará na região Norte, conectando as cidades de Fortaleza-CE a Marabá-PA (CARNEIRO, 2008).

Ao se observar a evolução da ocupação do espaço de Açailândia (Figura 1), observa-se que é contínuo e sua malha urbana situa-se marginalmente às duas rodovias federais.



**Figura 1.** Expansão temporal da malha urbana de Açailândia- MA. **Fonte:** Açailândia /PMSB/ Gestão Ambiental (2017).

Com o crescimento populacional, a demanda por estrutura urbana aumenta e, portanto, a mobilidade urbana precisa ser atendida. Consequentemente, a frota veicular do município tende a acompanhar a tendência de crescimento.

De acordo com o IBGE (2022), a frota veicular de Açailândia é constituída por 50.002 veículos, sendo eles: 27.754 motocicletas e motonetas, 17.328 veículos leves, 412 ônibus, 1.869 caminhões e 621 semirreboques, dentre outros modelos. Comparando com dados de 2012 Açailândia contava com 24.699 veículos, sendo:14.723 motocicletas e motonetas, 7.811 veículos leves, 168 ônibus, 1.134 caminhões e 166 semirreboques, dentre outros modelos. Entretanto os quantitativos mencionados condizem apenas aos veículos com placas do

município de Açailândia, fato que subestima a quantidade real de veículos rodoviários que transitam nas rodovias situadas nesta localidade.

Para o monitoramento da eficiência da BR-222 é necessário a coleta de dados, tanto para avaliações do fluxo no presente quanto para projeções do futuro. Segundo a *Federal Highway Administration* (FHWA), que consiste em uma divisão do departamento de transporte dos Estados Unidos especializada em transporte rodoviário, os programas de coleta de dados de tráfego são projetados para monitorar os volumes de tráfego apenas em segmentos-chave da rede viária, a fim de fornecer informações para o gerenciamento de tráfego. No entanto, para obter informações sobre os volumes de tráfego em todos os segmentos de uma rede viária, é necessário obter dados de fontes complementares que identifiquem os padrões de tráfego na área de estudo.

Diante do grande quantitativo de veículos automotores que circulam sobre a BR-222 diariamente em Açailândia, é de suma importância que esse fluxo seja quantificado e caracterizado, bem como sejam mensurados o volume total bruto desses veículos para que esses dados possam subsidiar o gerenciamento de tráfego, planejamento de transportes e segurança viária.

No perímetro urbano de Açailândia, há um sensor de controle de velocidade de transporte rodoviário na BR-222, situado na coordenada geográfica -4.940236; -47.464208, que possibilita, a partir do Programa Nacional de Controle de Tráfego, geração de dados da estimativa de volume médio diário anual (VMDa) dos diferentes veículos que transitam na localidade. Esses dados permitem mensurar o quantitativo de veículos que passam pelo local, bem como dimensionar a capacidade de carga total veicular nesse ponto específico. Entretanto, não há bancos de dados abertos e disponíveis para uso de pesquisadores, fato que gerou a demanda de se estabelecer neste estudo uma metodologia de contagem manual e escolha de outro local, no perímetro urbano do município, próximo ao centro comercial da cidade localizado no KM 674, nas coordenadas: -4.95373, -47.48886.

Atualmente poucos são os estudos que fazem a análise do fluxo veicular local, portanto, fazer uso dessa informação sob a perspectiva da ciência amplia o conhecimento do tema, subsidia tomada de decisões de agentes públicos e pode suscitar novas produções científicas dentro desta temática.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Caracterizar o fluxo e a carga veicular rodoviária no KM 674 da BR-222 em trecho urbano de Açailândia- MA, nas coordenadas -4.95373, -47.48886.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- I. Determinar o volume de tráfego de veículos rodoviários através de contagem manual no KM 674 da BR-222;
- II. Descrever a composição do tráfego local;
- III. Mensurar a carga total bruta (CTB) equivalente dos veículos que transitam no KM 674 da BR-222 no período analisado;
- IV. Avaliar a eficiência do trecho da BR-222 a partir da determinação do fator do horário de pico (FHP) e unidades de carros de passeio (UPC).

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A análise do tráfego veicular desempenha um papel fundamental no planejamento urbano e na gestão eficiente do transporte. Compreender o comportamento do tráfego e identificar padrões de fluxo são elementos essenciais para melhorar a mobilidade urbana, a segurança viária e eficiência do transporte de cargas.

#### **3.1 Plano nacional de contagem de tráfego (PCNT)**

O plano nacional de contagem de tráfego- PNCT é uma lapidação de um projeto iniciado em 1975 intitulado como “Programa de Contagem Sistemática de Trânsito”, cujo seu desenvolvimento foi realizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT, implantado inicialmente na Região Sudeste, exceto o estado do Espírito Santo. Assim, em 1977 já com sua atual nomenclatura teve seu início de trabalho expandindo gradativamente seus postos de coletas (DNIT, 2012).

A metodologia empregada pelo PNCT baseia-se na contagem de tráfego feita por meio de instalação de sistemas com sensores, possibilitando identificar e classificar o volume de veículos que passam em determinado local de uma rodovia. Com esse sistema é possível mensurar solicitações como: “Peso Bruto Total” (PBT) dos veículos, velocidade instantânea do veículo, peso máximo do veículo determinado a partir da distância entre seus eixos.

O PNCT objetiva cobrir trechos da malha rodoviária de cada estado onde os sistemas estão implantados. De acordo com o DNIT (2012) seus resultados são importantes fontes de dados para subsidiar estudos de planejamento em geral, assim como para estudos econômicos, além de projetos rodoviários.

No Brasil a referência é o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT que fornece as diretrizes e procedimentos para análise e estudo do tráfego nas rodovias do país. Esse manual é uma ferramenta indispensável para a compreensão do comportamento do tráfego, o dimensionamento adequado das rodovias e elaborações estratégicas para o gerenciamento do tráfego em diferentes cenários.

Os dados provenientes do PNCT no Brasil têm subsidiado pesquisas científicas quando o tema está relacionado à caracterização de frota veicular, controle de volume de tráfego rodoviário e velocidade (GOMES *et.al*, 2019; CARDOSO; GOLDNER, 2007; De FARIA *et al.*, 2018; PÉRA *et al.*, 2021).

### **3.2 Contagem de tráfego**

Segundo o DNIT (2006), as contagens de tráfego podem ser executadas em dois locais básicos de apresentação: em trechos contínuos e em intersecções. As contagens em trechos contínuos têm como finalidade monitorar o fluxo de veículos em uma determinada seção de uma via. Por outro lado, as contagens em intersecções visam monitorar o volume de tráfego nos movimentos realizados entre vias que se cruzam. Neste trabalho, concentrará exclusivamente nas contagens de trechos contínuos que podem ser realizados a partir de dois métodos: os manuais e os automáticos.

#### **3.2.1 Contagens manuais**

Nesse método, a contabilização é feita através de uma observação por pesquisadores com auxílio de fichas e/ou equipamento de contagem. Através dessa metodologia podem ser extraídos taxa de ocupação, volumes e classificação de veículos. É importante salientar que deve ser anotado quaisquer fatores que possam distorcer ou falsear os resultados das contagens, esses fatores podem ser obras, problemas na via e paralisações por acidentes.

#### **3.2.2 Contagens automáticas**

Trata-se de contagens a partir de equipamentos (fixos ou portáteis) de contabilização que conta com uma amostragem de grande duração por um custo por hora baixo, mas em contrapartida possui o custo inicial elevado com aquisição dos equipamentos e instalação, além de ficar exposto sujeitando-se a vandalismos e furtos.

### **3.3 Classificações utilizadas em estudos de tráfego**

Para o desenvolvimento da pesquisa é necessário entender o contexto da BR 222 e dos seus parâmetros de avaliação em escalas de pesquisa.

#### **3.3.1 Classificação das rodovias quanto à posição**

De acordo com o Plano Nacional de Viação (BRASIL, 1973) a nomenclatura das rodovias brasileiras é determinada pela sigla BR, que indica sua natureza federal, seguida por três dígitos. O primeiro dígito identifica a categoria da rodovia, enquanto os dois dígitos restantes servem para indicar a localização ou situação geográfica da rodovia em referência ao Distrito Federal e aos limites do Brasil, com base em os pontos cardeais.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (BRASIL,1973) atribui as classificações rodoviárias em:

- *Radiais*: São aquelas que surgem em uma capital do país e direcionam-se ao interior, seguindo uma disposição radial em relação a essa capital. Essas rodovias possuem um padrão de numeração específico, começando com o algarismo 0 (zero) seguido de dois dígitos que indicam a direção em relação à capital. Essas vias desempenham um papel fundamental na integração do país, conectando a capital a diferentes regiões e facilitando o transporte de pessoas e mercadorias.
- *Longitudinais*: são aquelas que percorrem o território nacional em sentido longitudinal, ou seja, de norte a sul independente do seu ponto de partida. Elas são responsáveis por conectar diferentes regiões do país ao longo de seu eixo vertical. As rodovias longitudinais são identificadas por números iniciando em 1 (um), seguido por dois dígitos que indicam a direção em relação aos limites do país, geralmente sendo 00 para a rodovia mais próxima da costa leste (Atlântico) e 50 para a rodovia mais próxima da costa oeste (Amazônia). Essas vias têm um papel importante na integração além do transporte a longa distância dentro do Brasil.
- *Transversais*: são aquelas que cruzam o território nacional de forma transversal, no sentido leste-oeste. Essas rodovias têm a função de conectar diferentes regiões do país de forma horizontal. As rodovias transversais são identificadas por números que começam com o algarismo 2 (dois), seguido por dois dígitos que indicam a direção em relação aos limites do país, geralmente sendo 00 para a rodovia mais próxima do limite norte e 50 para a rodovia mais próxima do limite sul. Essas vias desempenham um papel importante no transporte e na integração inter-regional do Brasil, viabilizando a circulação de pessoas, bem como transporte de mercadorias.
- *Diagonais*: são rodovias que podem apresentar-se ou com a direção Noroeste-Sudeste ou Nordeste-Sudoeste. A numeração das rodovias diagonais segue um padrão específico, a orientação NO-SE é enumerada com sequência de números pares iniciando com 00 em ponto extremo do Nordeste do país atingindo a numeração 50 em Brasília e, mantém a sequência até a numeração 98, finalizando no extremo sudoeste. Enquanto as diagonais de direção NE-SO têm numeração ímpar iniciando em 01 no ponto mais extremo no Noroeste do país, alcançando a numeração 51 em Brasília e, mantém a sequência até a numeração 99, finalizando no extremo sudeste.
- *Ligação*: São rodovias que se apresentam em qualquer direção. Em geral ligam rodovias federais. Suas numerações iniciam com os algarismos 4. Tendo como referência o paralelo

da Capital Federal, a sequência numérica varia entre 400 e 450 quando está ao norte deste paralelo, e de 450 e 499 quando está ao sul dessa referência.

Normalmente, a contagem da quilometragem nas rodovias inicia do ponto mais longínquo ao norte rumo ao ponto mais extremo ao sul. Quando duas rodovias federais se conectam, o início da contagem da quilometragem se dá na rodovia considerada de maior importância.

O DNIT atribui a nomenclatura de suas rodovias por meio de sua classificação, no caso da BR 222 se configura como uma rodovia transversal que cortam o Brasil no sentido Leste-Oeste, as que possuem tal classificação sempre iniciam com o algarismo 2 (2XX) e caso estejam no extremo norte os algarismos restantes variam de 00 a 50 e de 50 a 99 as que estão alocadas no Sul.

### **3.3.2 Classificação de volume**

Para a caracterização do tráfego, o manual de estudo de tráfego do DNIT estabelece como características fundamentais da dinâmica do tráfego: o volume, a velocidade e a densidade (DNIT, 2009). Nesta pesquisa será caracterizado o volume de tráfego do ponto específico da BR 222. No manual são definidos os seguintes conceitos:

- I. Volume de tráfego: é a quantificação dos veículos que transitam por uma seção de uma estrada, ou uma faixa dela, durante um intervalo de tempo. É representado normalmente por veículos/dia (vpd) ou veículos por hora (vph).
- II. Volume médio diário: É a contagem veicular registrados em um intervalo de 24 horas. Normalmente é utilizado para indicar a demanda de novas vias estimando benefícios ou apontar melhorias nas que lá estão em uso, previsão de receitas de postos de pedágios, entre outros. O VMD pode ser:
  - Volume Médio Diário Anual (VMDa);
  - Volume Médio Diário Mensal (VMDm);
  - Volume Médio Diário semanal (VMDs);
  - Volume Médio Diário em um dia da semana (VMDd).
- III. Volume horário: Utilizada para analisar a variação do fluxo ao decorrer do dia, busca avaliar como Volume Horário de Projeto (VHP) e avaliar se compensa melhoria na rodovia, se vai atender em todos os horários ou apenas em horários específicos.

- IV. Composição do tráfego: É a análise das variedades de características dos veículos que transitam na rodovia como os tamanhos, velocidades e pesos. Tais conhecimentos são relevantes para analisar a composição veicular característica da rodovia, os aspectos geométricos da rodovia dependem do percentual de veículos de grandes dimensões e recursos que podem ser explorados pelos usuários das vias.

### 3.3.3 Classificação de variação volumétrica

A partir da quantificação volumétrica pode-se caracterizar quanto à sua variação generalizada diária, semanal, mensal ou anual. Estas variações podem ser:

- Variação ao longo do dia: tem objetivo de identificar os horários mais volumosos e o horário de pico;
- Variação semanal: serve para determinar os dias de pico, o que varia de acordo com a finalidade da via;
- Variação mensal: também conhecida como variação sazonal, elas analisam no decorrer do ano e seus meses de maior volume, variando também com a sua finalidade;
- Variação anual: agem como reflexo do momento econômico do país, que está em constante alteração;
- Variação por sentido de tráfego: É a inversão dos picos da manhã para tarde, alternando o sentido principal;
- Variação por faixa de tráfego: A descontinuidade a respeito das características dos veículos por faixa da rodovia;
- Variações especiais: é o acentuamento do tráfego devido a uma excepcionalidade como feriados, eventos esportivos, ou qualquer outro evento previsível.

### 3.3.4 Classificação de vias de trânsito

As vias urbanas classificam-se em (CTB, 2010):

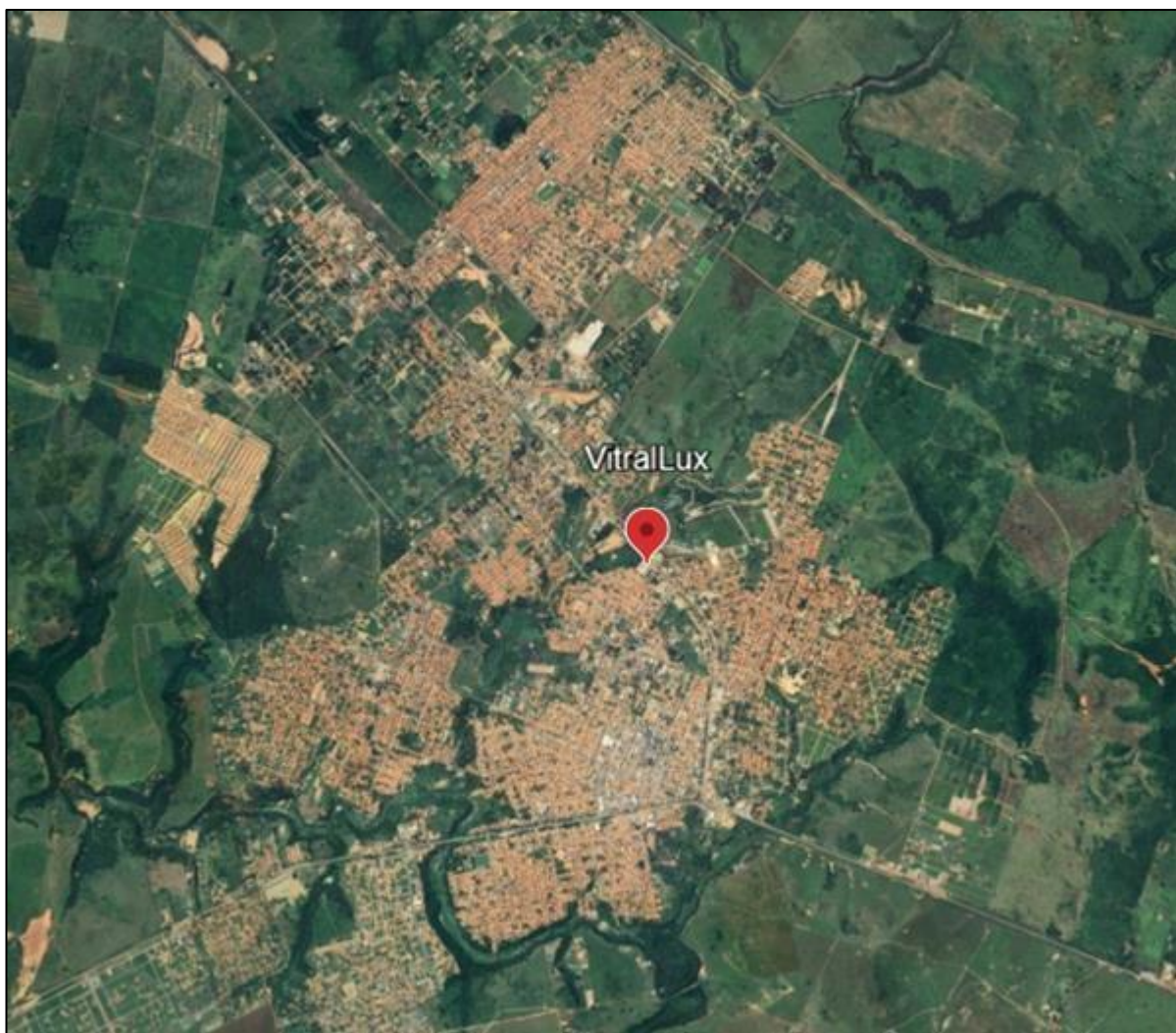
- *Via de trânsito rápido* - são marcadas por vias que possuem entradas e saídas específicas, com tráfego fluindo livremente, sem cruzamentos em nível, sem conexões diretas com propriedades adjacentes e sem travessia de pedestre;
- *Via arterial* - Esta se refere a uma configuração de vias que possui cruzamentos no mesmo nível, frequentemente controlados por semáforos, permitindo o acesso às propriedades adjacentes, bem como às vias secundárias ou alternativas e de tráfego local. Essa configuração de via facilita a circulação entre diferentes áreas da cidade;

- *Via coletora* - Essa descrição refere-se a uma via projetada para acomodar o tráfego que precisa transitar em vias de tráfego rápido ou arteriais, permitindo a circulação dentro das diferentes áreas da cidade. Essa via serve como um meio de coleta e distribuição do tráfego, facilitando a mobilidade dentro das regiões urbanas;
- *Via local* – É marcada por interseções em nível com ausência de semáforos, com finalidade somente em permitir acessibilidades locais.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Local de estudo

O local de estudo está situado na coordenada geográfica -4.95373, -47.48886, no KM 674 da BR-222, se tratando de uma área de fluxo intenso. A Figura 2 apresenta uma imagem de satélite mostrando a localização exata do ponto de contagem veicular.



**Figura 2.** Localização do ponto de contagem (em vermelho). **Fonte:** Google Earth (2024).

A rodovia analisada (BR-222) possui dois sentidos: Açailândia – Imperatriz, chamado de sentido crescente, e Açailândia – São Luís, chamado de sentido decrescente. O ponto de contagem deste estudo foi localizado próximo ao cruzamento das ruas Rafael de Almeida e São João, conforme indicado no croqui de situação. Nesse local, foram contabilizados todos os veículos de acordo com o sentido de entrada ou saída. A Figura 3 ilustra o local e os sentidos analisados.



**Figura 3.** Croqui de situação e sentido das vias. **Fonte:** Elaboração própria (2024).

## 4.2 Coleta de dados

Esta pesquisa utilizou dados primários obtidos por meio de contagem manual de veículos, realizada a partir de vídeos gravados por uma câmera de monitoramento da marca Intelbras. A câmera, adaptada para operação diurna e noturna, estava instalada em um estabelecimento particular e funcionou entre os dias 16 e 22 de outubro de 2023. As gravações, cedidas pela empresa VitralLux, cobriram 24 horas por dia, de segunda-feira a domingo, totalizando sete dias de contagem.

## 4.3 Equipamentos e instrumentos utilizados

As imagens da rodovia foram obtidas utilizando-se a Câmera Multi HD com Infravermelho VHD 3130 B G6 e gravação no DVR Intelbras MDHX 1216 FULL HD, que desempenharam um papel crucial no registro das imagens para os dias analisados. Sua capacidade de adaptação às condições diurnas e noturnas permitiu a captura contínua de imagens, oferecendo uma visão detalhada do fluxo veicular em diferentes períodos do dia.



**Figura 4.** Posicionamento das câmeras de monitoramento na fachada do estabelecimento comercial. **Fonte:** Acervo do autor (2023).



**Figura 5.** Imagem noturna captada pela câmera de monitoramento na fachada do estabelecimento comercial. **Fonte:** Acervo do autor (2023).

Para a contagem, foram utilizados quatro contadores estatísticos de quatro dígitos (marca Western, Figura 6) para registrar os veículos de maior volume por via, como carros e motos.



**Figura 6.** Contadores estatísticos (marca *Western*). **Fonte:** Acervo do autor (2023).

#### **4.4 Procedimento de Contagem**

A contagem manual do fluxo veicular ao longo dos sete dias consecutivos foi feita por uma ou duas pessoas que, simultaneamente, contabilizavam o número de veículos, uma no sentido crescente da via e outra no sentido decrescente. A contagem manual foi realizada com contadores estatísticos (Figura 6) e os dados foram registrados a cada intervalo de 30 minutos. Após a identificação do horário de pico, foi feita recontagem daquele horário em quatro tempo de 15 minutos para determinação do FHP.

A planilha impressa (Apêndice A) utilizada uma folha para cada hora contada, utilizadas para a identificação dos veículos através da silhueta, para que haja a classificação por tipo dos veículos automotores, essa metodologia além de utilizada pelo programa foi utilizada em teses como Bosso (2018), Grimm (2022) e Albano (2005).

A planilha impressa onde se registravam os dados de contagem continha campos estratificados por classificação veicular adaptada (Apêndice A), desta forma a contagem já permitia a diferenciação entre os veículos através das silhuetas dispostas. Essa mesma planilha foi adaptada de hora para dia pelo software.

#### **4.5 Métodos de pesquisa utilizados e tratamento dos dados obtidos**

O presente estudo utilizou procedimentos adotados na metodologia do PNCT para determinar variáveis como volume médio diário (VMD), carga total bruta diária (CTBD) e caracterização da frota. A partir dos dados primários, foram contabilizados o tráfego diário no KM 674 da BR-222 e a média diária da carga veicular em uma série temporal de sete dias, no mês de outubro de 2023. Também foram determinados os volumes de tráfego diário e horário, além da descrição da composição do tráfego local.

Os dados foram organizados em tabelas e gráficos produzidos em software, incluindo gráficos de pizza e de linhas para facilitar a visualização das informações. Também foram

utilizadas imagens de satélite e capturas de vídeo das câmeras para caracterizar o local e avaliar parcialmente o nível de serviço. A caracterização veicular foi realizada por meio de gráficos de pizza, enquanto as médias das contagens diárias e horárias foram extraídas para os dois sentidos da via (crescente e decrescente), bem como para ambos simultaneamente. Além disso, foram identificados os horários de pico em cada sentido, e calculado o Fator de Horário de Pico (FHP).

Para determinar o FHP em cada dia e sentido da via, após identificar o intervalo de uma hora com maior fluxo, foi realizada uma recontagem dos veículos, estratificada em quatro períodos de 15 minutos. Em seguida, aplicou-se a seguinte expressão:

$$\text{FHP} = \text{VHP} / 4 * 15 \text{ máx}$$

Onde:

FHP = Fator Horário de Pico

VHP = Volume total do Horário de pico

15 máx = Intervalo de 15 minutos com maior volume

O FHP varia de 0 a 1, sendo que valores mais próximos de 1 indicam maior uniformidade entre os quatro intervalos do horário de pico. Para uma análise mais precisa do fluxo veicular, utiliza-se o fator de equivalência de veículos de passeio, uma ferramenta que avalia o tráfego misto, convertendo diferentes tipos de veículos em unidades equivalentes a um veículo de passeio, conforme indicado na Tabela 1. Isso permite uma melhor compreensão do volume de tráfego, facilitando o planejamento, a visualização de impactos e as análises de avaliação (DNIT, 2006).

**Tabela 1.** Fatores de conversão (UCP).

Classe	Carros de passeio	Caminhão/ônibus	Reboques/semirreboques	Bicicletas	S/I (sem identificação)
CP	1	1,5	2	0,5	1,1

Fonte: DNIT (2006).

Para determinar o volume do tráfego, volume médio diário (VMD) e volume médio horário (VMH) se fez uso de tabelas com dados de contagem com classificação por classe e eixos. Os dados foram registrados em intervalo de uma hora, aplicando-se o cálculo de médias. Os resultados estão apresentados em gráficos de linha, que permitem visualizar o total do fluxo por dia e hora, por via crescente e decrescente e em ambos os sentidos da via.

Para mensurar a carga bruta dos veículos aplicou-se a expressão:

$$\text{CTBD} = \text{N}^\circ \text{ VC} * \text{m}$$

Onde:

CTBD = Carga Total Bruta Diária

Nº VC= número de veículos por classificação/categoria

m= massa (PBT do veículo por classe em tonelada)

Para mensurar a carga brutal total do período analisado, aplicou-se a expressão:

$$\text{CTB} = \text{N}^\circ \text{ VCt} * \text{m}$$

Onde:

CTB = Carga Total Bruta dos sete dias

Nº VCt= número de veículos por classificação, dos sete dias

m= massa (PBT do veículo por classe e/ou eixo)

Na análise e discussão dos dados deste estudo, os resultados foram comparados com os últimos dados levantados pelo DNIT em 2017 para o município de Açailândia-MA, por meio do Plano Nacional de Tráfego, no KM 671. Esse ponto estratégico foi determinado para avaliar o fluxo veicular diário e caracterizar a frota. A classificação da frota seguiu os parâmetros estabelecidos pelo PNCT<sup>1</sup> (PNCT,2012).

---

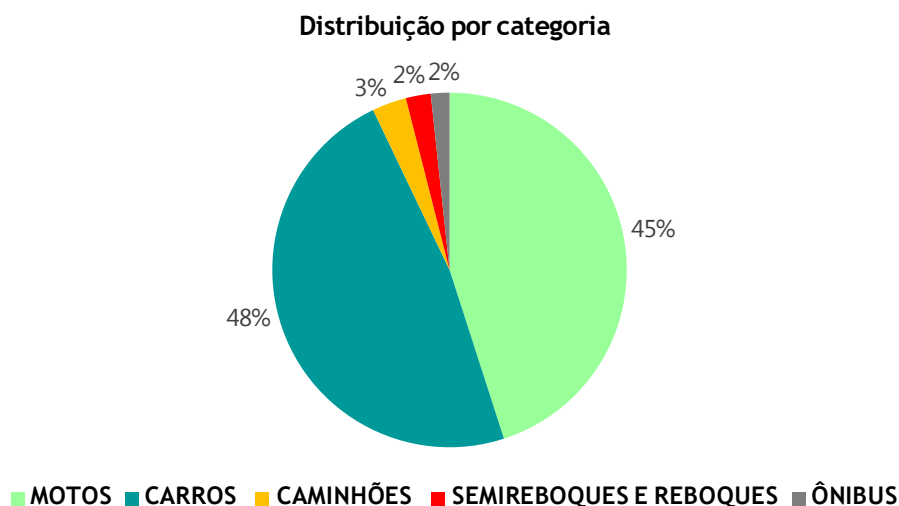
<sup>1</sup> Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct/Inicio/institucional>.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o Plano Nacional de Viação (1958), a BR-222 é classificada como uma rodovia transversal, pois cruza o território nacional no sentido Leste-Oeste, conectando diferentes regiões do país horizontalmente, desde Fortaleza-CE até Marabá-PA. Os dados obtidos no KM 674 da BR-222 mostram que esse ponto de coleta registra um fluxo intenso de veículos, abrangendo tanto o trânsito diário dos moradores da cidade quanto veículos com destinos para outras localidades.

### 5.1 Descrição da frota

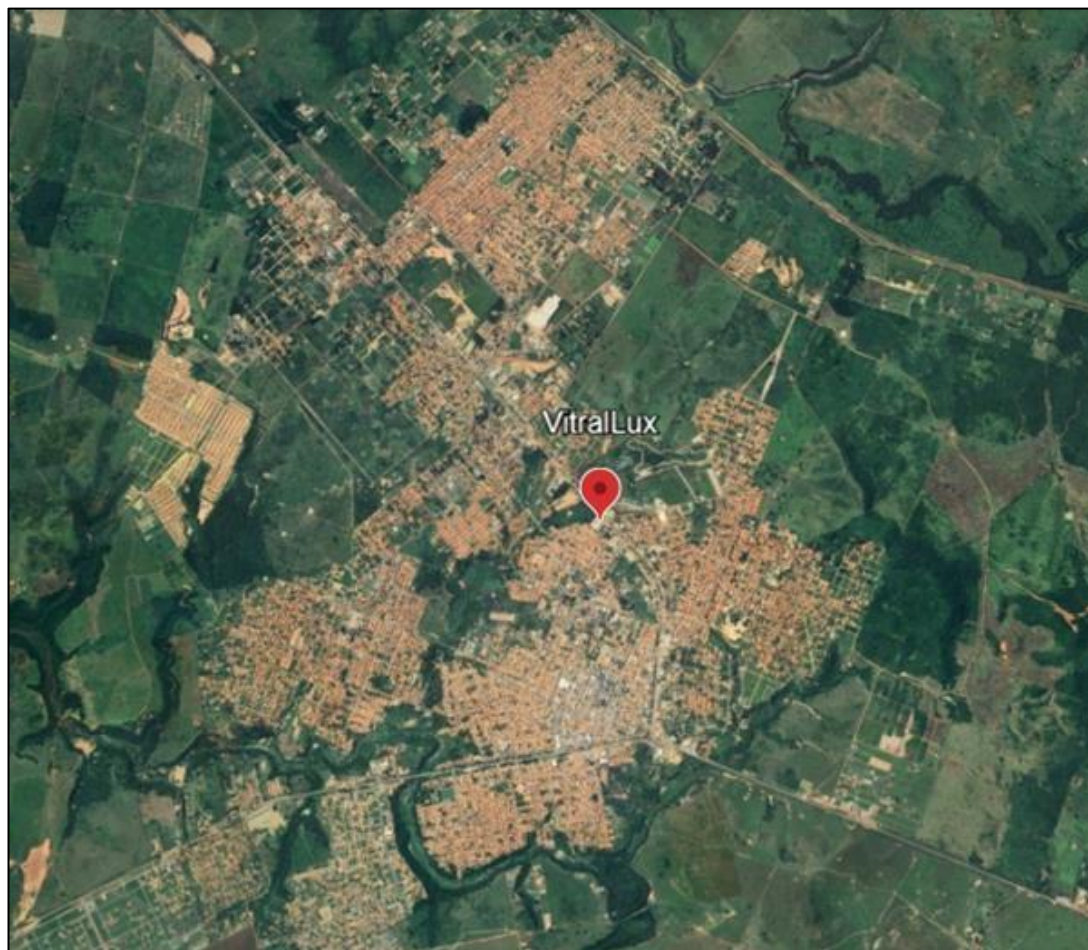
No período analisado, de 16/10 a 22/10/23, o fluxo veicular apresentou a seguinte composição: 48 % de carros (veículos leves); 45% de motos; 5 % de caminhões e 2% de ônibus. A caracterização da frota foi expressa graficamente na Figura 7.



**Figura 7.** Caracterização da frota veicular em trecho urbano da BR-222 em Açailândia -MA, em 2023. **Fonte:** Elaboração própria (2024).

A rodovia federal, neste ponto de estudo, por situar-se dentro de um perímetro urbano, com relativa densidade populacional, de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), caracteriza-se como uma via arterial pois possui cruzamentos no mesmo nível, com presença de semáforos controlando o fluxo veicular, permitindo o acesso às propriedades adjacentes, bem como às vias secundárias ou alternativas e de tráfego local, facilitando a circulação entre diferentes áreas da cidade (CTB, 2010). Essa configuração justifica esse grande percentual de veículos leves e motos circulando no ponto de contagem, ambos respondendo por 72,9% dos veículos contabilizados.

Ao se comparar os dados deste estudo com a pesquisa de 2017 do PNCT (DNIT, 2023) em Açailândia-MA, observa-se um percentual maior de veículos leves (63%) e um percentual menor de motos (18,2%) quando comparados ao resultado deste trabalho. Entretanto há de se ponderar que a pesquisa de 2017 foi realizada em ponto diferente da BR-222, mais distante do centro comercial, conforme se verifica na imagem a seguir (Figura 8).

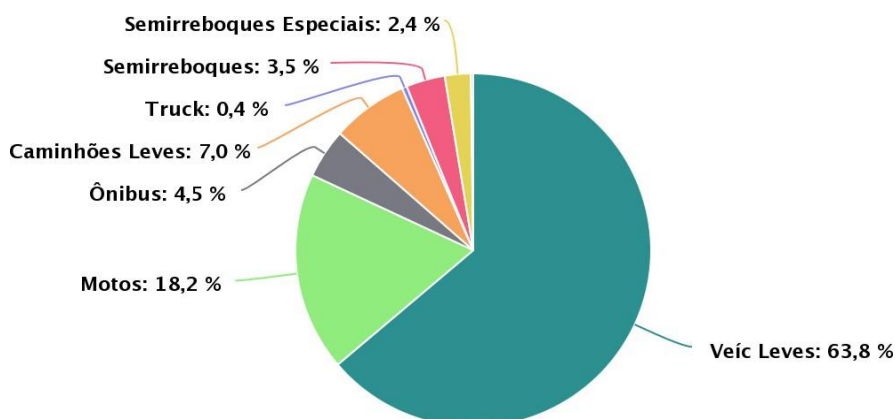


**Figura 8.** Local de contagem veicular. **Fonte:** Google Earth (2024).

Na comparação com os dados de 2017 também se verificou que o percentual de ônibus (4,5%) e caminhões (7%) foi maior em 2017, porém frisa-se que o serviço de oferta de ônibus coletivo no período da pesquisa (out/2023) estava praticamente inoperante, o que contribuiu para a redução do fluxo de ônibus no perímetro urbano. E ainda pode-se mencionar o fato de que o local onde a pesquisa de 2017 foi realizada compreende percurso realizado por ônibus de empresas privadas que transportam trabalhadores para o polo industrial situado no bairro Pequiá e Pequiá de Baixo.

Apesar dos percentuais distintos entre as quatro categorias nos dois períodos comparados, a tendência se manteve, com maioria respectiva de: veículos leves, motos,

caminhões e ônibus. Para efeito comparativo, os dados da pesquisa do PNCT 2017 podem ser vistos na Figura 9, a seguir.



**Figura 9.** Gráfico contendo a distribuição das categorias veiculares, entre 2017 e 2023, na BR-222 em Açailândia-MA. **Fonte:** Adaptado de DNIT (2023).

Ao se observar a caracterização da frota, por via, ao longo do período analisado (Tabela 2) se verifica que entre as vias crescente e decrescente há padrão igual, com maioria numérica de veículos leves, seguido por motos, caminhões e ônibus.

**Tabela 2.** Caracterização da frota veicular por via.

CARACTERIZAÇÃO POR VIA			
Frota	Crescente	Decrescente	Total
Motos	52.708	51.995	104.703
Carros	56.086	55.408	111.494
Caminhões	3.522	3.764	7.286
Semireboques e Reboques	2.531	2.769	5.300
Ônibus	1.957	1.998	3.955
Σ (somatório)	116.804	115.934	232.738

**Fonte:** Elaboração própria (2024).

Destaca-se o fato do número de veículos leves e motos serem bem similares em ambas as vias. E ambos representarem o maior volume de veículos em trânsito naquele período e local. Ao se comparar as duas vias a dinâmica entre elas, no que tange às categorias de veículos que nelas transitam, é bastante similar, com totais numéricos aproximados.

## 5.2 Volume de tráfego diário em Açailândia-MA

A partir dos dados da tabela 3, observa-se que o volume de veículos em trânsito durante todos os dias da semana, exceto sábado e domingo, ultrapassou a casa dos 35.000 veículos, apontando redução no fim de semana. Ao longo dos sete dias analisados 232.738 veículos transitaram pelas duas vias.

**Tabela 3.** Dados volumétricos diários.

VOLUME TOTAL			
Dias	Crescente	Decrescente	Total
16/10/2023 (Segunda-feira)	18.183	18.524	36.707
17/10/2023 (Terça-feira)	17.643	17.573	35.216
18/10/2023 (Quarta-feira)	18.008	18.142	36.150
19/10/2023 (Quinta-feira)	17.863	18.618	36.481
20/10/2023 (Sexta-feira)	17.837	18.031	35.868
21/10/2023 (Sábado)	15.963	14.145	30.108
22/10/2023 (Domingo)	11.307	10.901	22.208
Σ (somatório)	116.804	115.934	232.738

**Fonte:** Elaboração própria (2024).

Após a estratificação dos dados por dia, foi possível obter os volumes médios diários (VMD) semanal e diários da rodovia no intervalo de 168 horas (uma semana) por sentido, e na rodovia como todo. O VMD semanal da via crescente encontrado foi de 16.686,29 veículos e da via decrescente foi de 16.562,01 veículos. O VMD semanal contabilizado nas duas vias foi de 32.248,29 veículos.

Os dados de VMD podem ser visualizados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Volumes médios diários (VMD) para período analisado em trecho da BR-222.

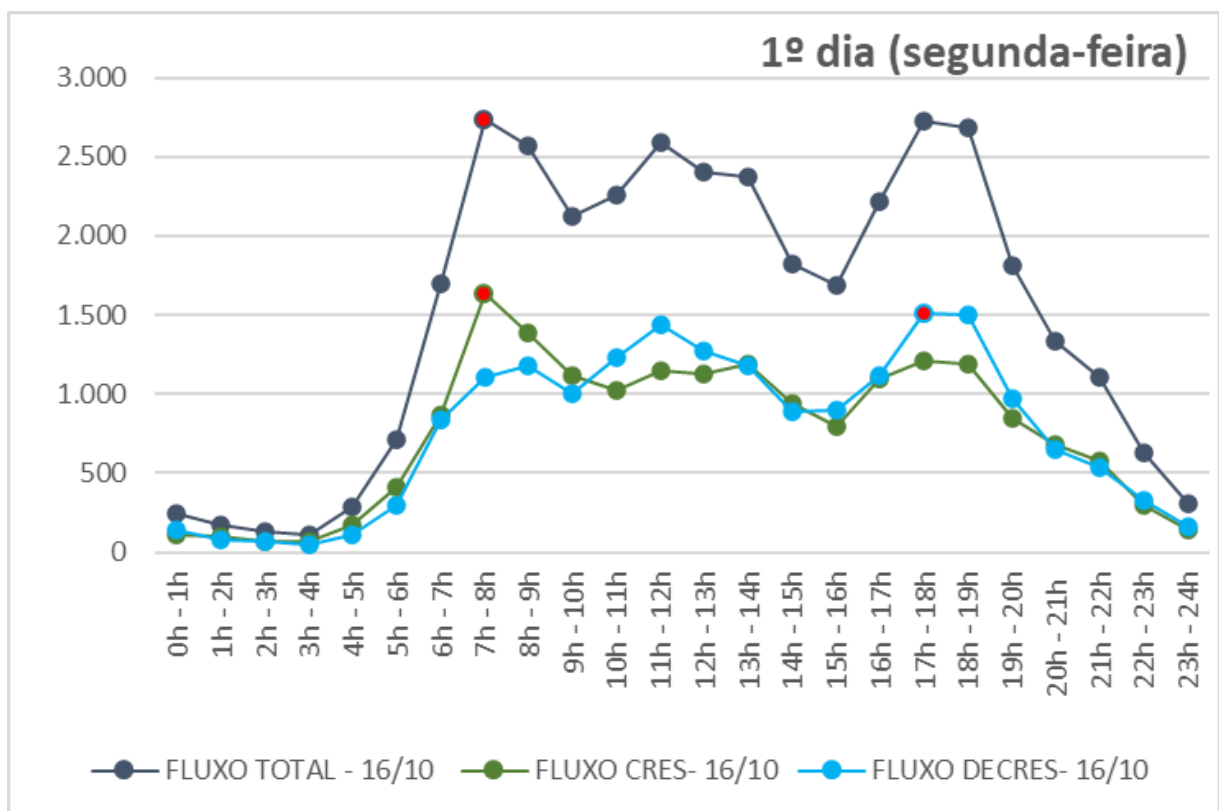
Data	VMD		Rodovia
	Via C	Via D	
16/10/2023 (Segunda-feira)	757,63	771,83	1.529,46
17/10/2023 (Terça-feira)	735,13	732,21	1.467,33
18/10/2023 (Quarta-feira)	750,33	755,92	1.506,25
19/10/2023 (Quinta-feira)	744,29	775,75	1.520,04
20/10/2023 (Sexta-feira)	743,21	751,29	1.494,50
21/10/2023 (Sábado)	665,13	589,38	1.254,50
22/10/2023 (Domingo)	471,13	454,21	925,33

**Fonte:** Elaboração própria (2024).

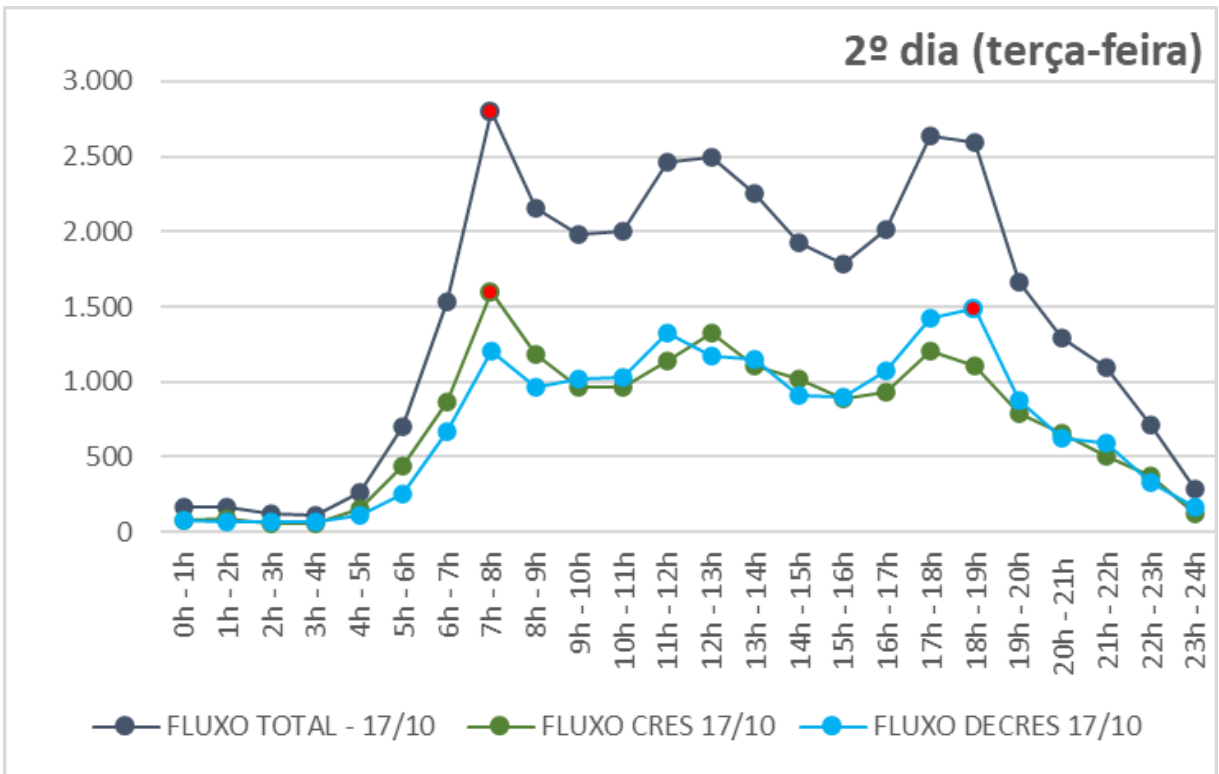
Observou-se que, de segunda (16/10) à sexta-feira (20/10), os valores médios diários em ambas as vias são aproximados, oscilando na casa dos setecentos veículos, apresentando decréscimo dos valores médios diários no sábado e domingo. Essa constância de valores durante os dias úteis da semana também pode ser percebida na média unificada das duas vias.

### 5.3 Dados volumétricos e de pico da série temporal

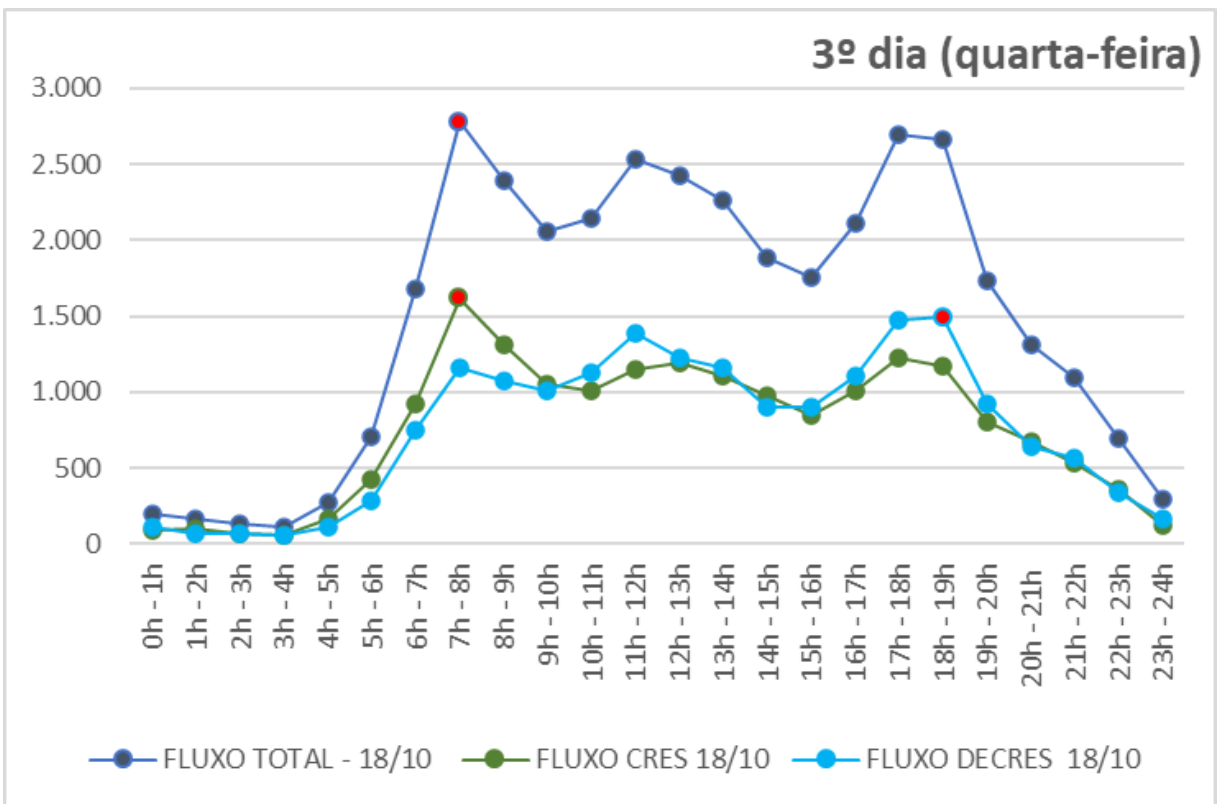
A partir da análise dos dados volumétricos diários é possível perceber que o trânsito é muito dinâmico nas duas vias, com fluxos consideravelmente aumentados a partir das 06 horas e com redução a partir das 19 horas (Figuras 10 a 16). Essa dinâmica é reflexo de seu uso intenso pelos moradores locais, uma vez que a BR-222 é a principal via de acesso ao centro comercial da cidade conforme o decreto municipal nº 128 que regula atividades comerciais presenciais da cidade.



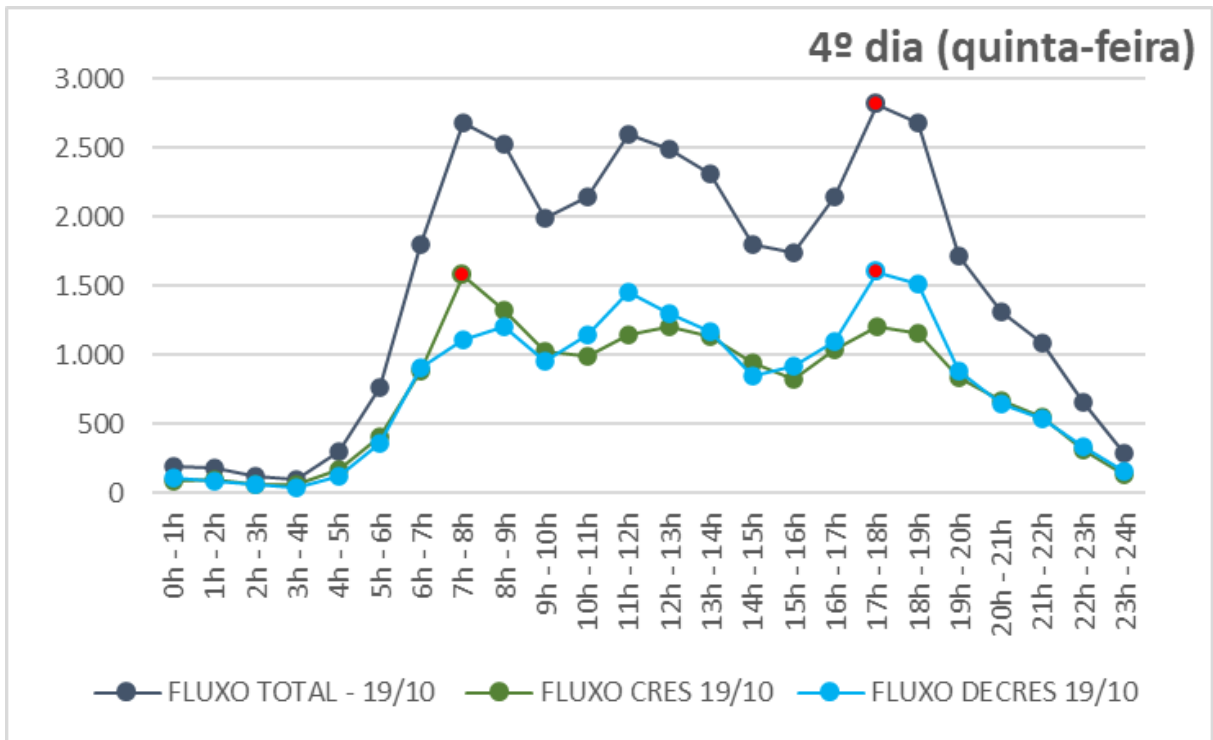
**Figura 10.** Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o primeiro dia (segunda-feira). **Fonte:** Elaboração própria (2024).



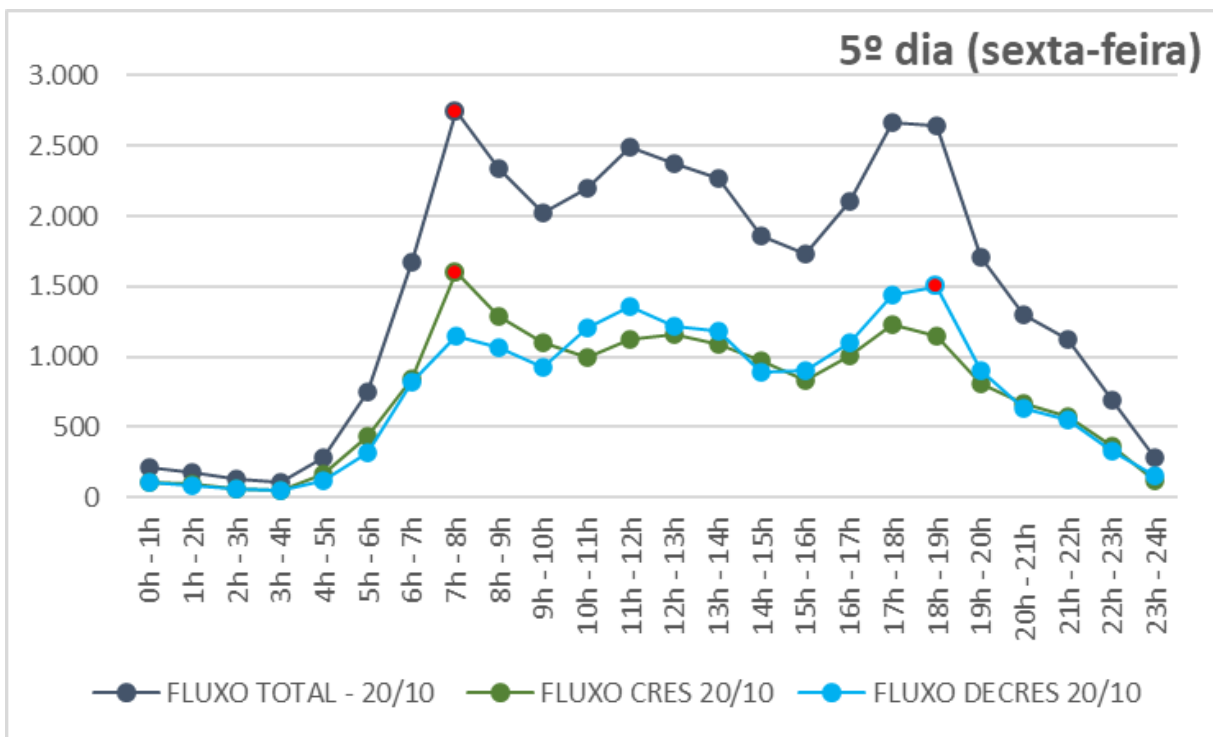
**Figura 11.** Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o segundo dia (terça-feira). **Fonte:** Elaboração própria (2024).



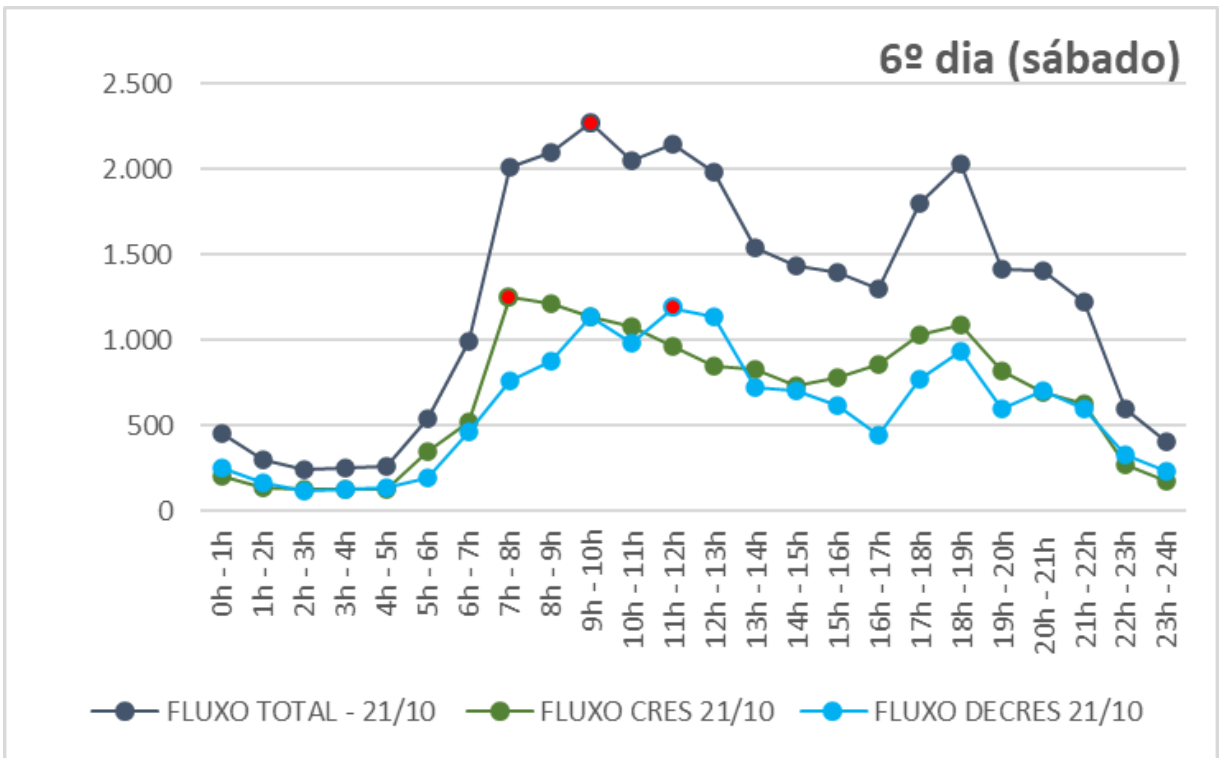
**Figura 12.** Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o terceiro dia (quarta-feira). **Fonte:** Elaboração própria (2024).



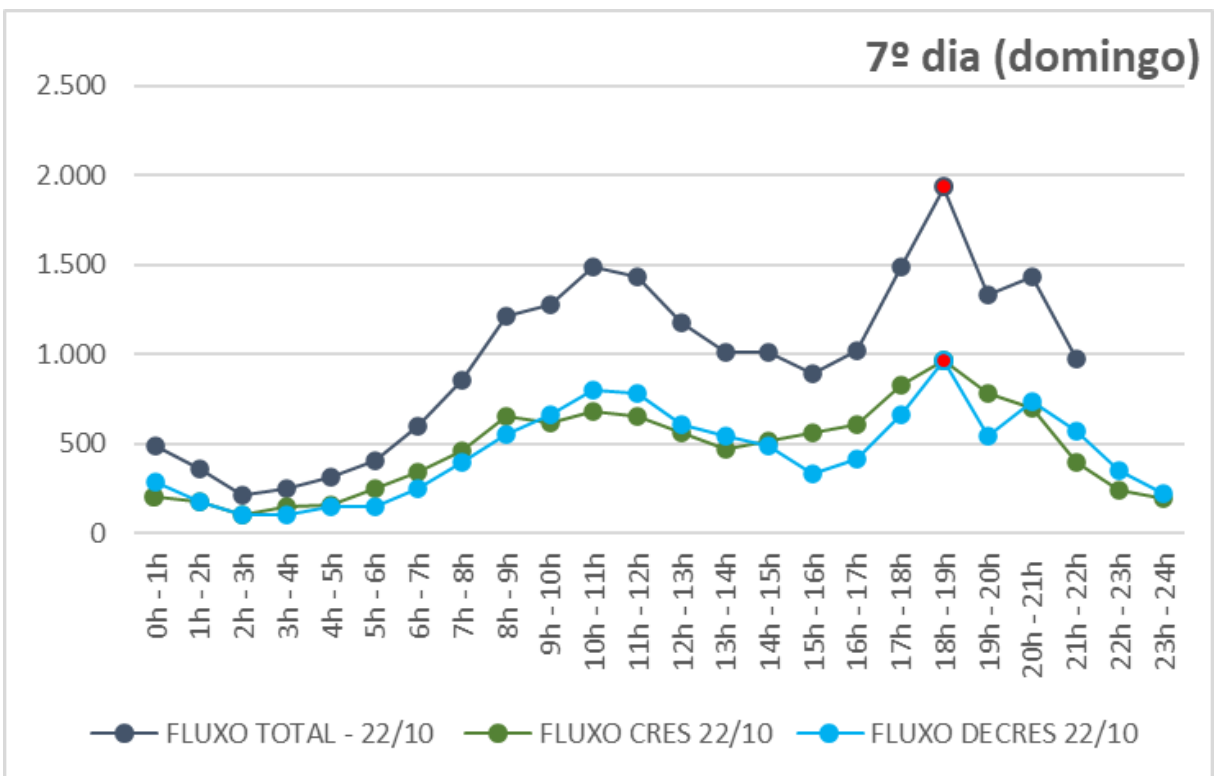
**Figura 13.** Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o quarto dia (quinta-feira). **Fonte:** Elaboração própria (2024).



**Figura 14.** Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o quinto dia (sexta-feira). **Fonte:** Elaboração própria (2024).



**Figura 15.** Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o quinto dia (sexta-feira). **Fonte:** Elaboração própria (2024).



**Figura 16.** Gráfico volumétrico do trânsito em trecho da BR-222, analisado em Açailândia-MA, para o sétimo dia (domingo). **Fonte:** Elaboração própria (2024).

No que tange aos horários de pico constatou-se que, de segunda-feira à sexta-feira, no sentido crescente da via os horários de maiores volumes se concentraram entre 7 e 8 horas e no sentido decrescente, majoritariamente, ocorreram entre 18 e 19 horas, justificando a variação volumétrica por via de acordo com horário comercial da cidade das 7 às 17 horas presente no decreto municipal N° 128, de 1° de junho de 2020 regulamenta as regras de funcionamento do retorno das atividades presenciais na cidade.

No sábado, dia 6, o horário de pico crescente ocorreu entre 7 e 8 horas e na via decrescente ocorreu entre as 11 e 12 horas. Esse dado pode estar atrelado ao fato de que as atividades comerciais da cidade, em sua maioria, restringem-se ao turno matutino. No domingo, dia 7, o horário de pico em ambas as faixas, ocorreu entre 18 e 19 horas.

No gráfico das médias horárias é possível notar que há um fluxo veicular numericamente equilibrado entre as duas vias, com comportamento indicando três pontos de concentrações de veículos: um no início do horário comercial, entre 7 e 8 horas, um segundo ponto entre 11 e 12 horas e um terceiro ponto de concentração entre 18 e 19 horas.

Apresenta-se a seguinte tabela descritiva dos horários de pico durante os dias analisados.

**Tabela 5.** Descrição dos horários de pico por via.

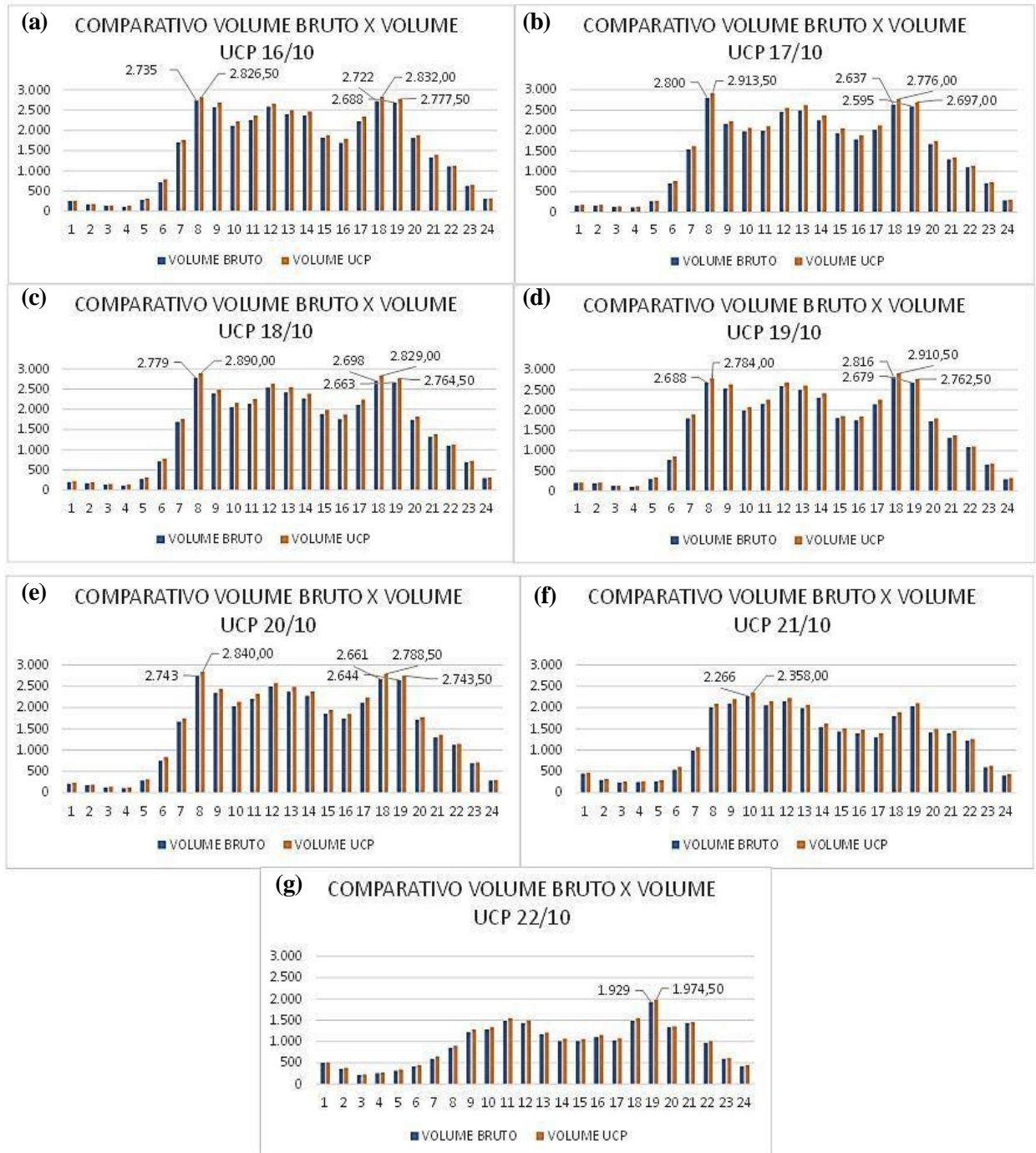
Data	Via C	HORÁRIO DE PICO POR VIA			Rodovia	Horário
		Horário	Via D	Horário		
16/10/2023	1630	7h - 8h	1510	17h - 18h	2735	7h - 8h
17/10/2023	1595	7h - 8h	1487	18h - 19h	2800	7h - 8h
18/10/2023	1617	7h - 8h	1496	18h - 19h	2779	7h - 8h
19/10/2023	1581	7h - 8h	1605	17h - 18h	2816	17h - 18h
20/10/2023	1600	7h - 8h	1499	18h - 19h	2743	7h - 8h
21/10/2023	1250	7h - 8h	1184	11h - 12h	2266	9h - 10h
22/10/2023	966	18h - 19h	963	18h - 19h	1929	18h - 19h

**Fonte:** Elaboração própria (2024).

Para obter uma análise do volume de tráfego, deve-se aplicar o fator de equivalência por carros de passeio. Os dados de volume por UCP representam uma equivalência no impacto do veículo no trânsito convertendo todas as classes veiculares a uma.

Aplicando o fator UCP, nota-se uma mudança de horário de pico da rodovia na segunda-feira (16/10/2023), na qual o horário das 17-18 horas passa a ser o mais volumoso do dia, devido ao maior volume de caminhões, ônibus, reboques e semirreboques, conforme a tabela 06 que demonstra os valores conforme o fator de equivalência

É importante salientar que, analisando por vias separadas, o fator de equivalência não impacta na análise do horário de pico devido a variação volumétrica alterna por sentido durante à manhã (via crescente) e tarde (via decrescente) de forma clara. Contudo, ao retratar a via completa, os horários de picos matutinos e vespertinos se equiparam durante os dias úteis, conforme pode ser observado na Figura 17.



**Figura 17.** Comparativo entre volume bruto e unidade por carro de passeio para o período avaliado (do dia 16/10/2023 a 22/10/2023). **Fonte:** Elaboração própria (2024).

Fazendo um recorde dos dias úteis, nota-se o horário de pico acentuado das 7 às 8h, com as horas anteriores e posteriores poucas vezes se equiparando. Por sua vez os horários de pico no turno vespertino estendem das 17 às 19 horas, com menos acentuação.

**Tabela 6.** Volume de unidade por carro de passeio (UCP).

VOLUME POR UNIDADES DE CARRO DE PASSEIO						
Data	Via C	Horário	Via D	Horário	Rodovia	Horário
16/10/2023	1.673,00	07h- 08h	1.569,00	17h-18h	2.832,00	17h- 18h
17/10/2023	1.658,00	07h- 08h	1.535,00	18h-19h	2.931,50	07h- 08h
18/10/2023	1.668,00	07h- 08h	1.545,50	18h-19h	2.890,00	07h- 08h
19/10/2023	1.629,50	07h- 08h	1.654,50	17h-18h	2.910,50	17h-18h
20/10/2023	1.643,00	07h- 08h	1.552,50	18h-19h	2.266,00	07h- 08h
21/10/2023	1.286,50	07h- 08h	1.218,00	11h-12h	2.358,00	09h-10h
22/10/2023	991,00	18h-19h	983,50	18h-19h	1.974,50	18h-19h

**Fonte:** Elaboração própria (2024).

O DNIT (2006) avalia que pistas simples com dois sentidos suportam, no máximo, 1.700 carros de passeio por horas (1.700 ucp/h). Desta forma, a rodovia se aproxima do limite nos horários de pico, analisando as vias crescentes e decrescentes em paralelo. Ao analisar a rodovia como um todo, para que esta seja eficiente, a mesma não deve exceder o número de 3.200 ucp/h. Com os dados da tabela, observa-se que os valores encontrados estão abaixo do limite citado, o que comprova que este trecho da BR-222 é eficiente ao se analisar como totalidade já as vias individuais se aproximam do limite estabelecido.

Traçando um paralelo, o fator de equivalência não altera significativamente o fator horário de pico, conforme pode ser visto na Tabela 7. Esse fator serve mais para o melhor dimensionamento bruto da solicitação das vias presentes.

**Tabela 7.** Comparativo ente FHP e FHP UPC.

COMPARATIVO FHP		
Data	FHP	FHP UPC
16/10/2023 (Segunda-feira)	0,8384	0,8427
17/10/2023 (Terça-feira)	0,9048	0,9041
18/10/2023 (Quarta-feira)	0,9064	0,9087
19/10/2023 (Quinta-feira)	0,8957	0,8960
20/10/2023 (Sexta-feira)	0,8634	0,8660
21/10/2023 (Sábado)	0,8934	0,9028
22/10/2023 (Domingo)	0,9013	0,9031

**Fonte:** Elaboração própria (2024).

#### 5.4 Carga veicular comercial sobre o trecho urbano da BR-222 em Açailândia-MA

Para a determinação da carga veicular comercial por categoria, aqui denominada de Carga Total Bruta diária- CTBD, se utilizou como referência os pesos máximos de cargas estabelecidos pela Resolução N° 822/2021 do CONTRAN, utilizada pelo DNIT (2021) e parametrizado a partir de dados obtidos pelo INMETRO e fabricantes veiculares. Na prática se observou a silhueta dos veículos e se atribui o peso bruto máximo por categoria. Essa categorização é similar a utilizada em outros estudos como o de Bosso *et al.* (2020), Grim (2022), Bock (2016), Hering; De Souza (2022). Os pesos dos veículos presentes nas contagens foram estabelecidos conforme a Figura 18.




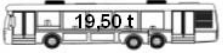













Categorias		Categorias		Categorias	
 16 t	2C/2CB	 31,5 t	4C	 45 t	3T4/3S3
 19,50 t	3CB	 33 t	2S2/3S1/	 48,5 t	3S3
 23 t	3C	 36 t	2C2/2I2	 49 t	4R2
 25,50 t	4CB	 40 t	3S2	 50 t	3C3/2C4/2R4
 26 t	2S1	 41,5 t	2S3	 74 t	3T6
 29 t	4E	 43 t	2C3		

Figura 18. Peso bruto por categoria veicular analisados na contagem. Fonte: Adaptado de DNIT (2021).

Na Figura 18 é possível observar que um veículo ilustrado, apresentando determinada silhueta e quantidade de eixos, pode estar classificado em mais de uma categoria veicular, uma vez que seus pesos brutos totais máximos são iguais.

A Resolução N° 822 de 2021 do CONTRAN conceitua o peso bruto total (PBT) como “peso máximo que o veículo transmite ao pavimento, constituído da soma da tara mais a lotação”. Considerando o quantitativo expressivo de veículos que transitam no trecho analisado da BR-222 é importante considerar a carga bruta total dos veículos por dia sobre a rodovia. Para tanto, neste trabalho, após a associação da categoria do veículo ao peso bruto, foi feito o somatório por dia, e por fim, o total semanal do intervalo de contagem, expressados na Tabela 8.

**Tabela 8.** Carga total bruta diária e total.

<b>Data</b>	<b>Via crescente (t)</b>	<b>Via decrescente (t)</b>	<b>Total (t)</b>
16/10/2023	37.194,00	38.110,00	75.304,00
17/10/2023	38.760,00	41.377,00	80.137,00
18/10/2023	41.149,50	42.778,50	83.928,00
19/10/2023	35.635,50	38.794,50	74.430,00
20/10/2023	38.136,50	42.454,50	80.591,00
21/10/2023	33.308,50	38.553,00	71.861,50
22/10/2023	23.983,00	23.062,00	47.045,00
$\Sigma$ (somatório)	248.167,00	265.099,50	<b>513.296,50</b>

**Fonte:** Elaboração própria (2024).

Ao longo da semana de contagem a carga total bruta circulando no trecho de análise da BR-222 totalizou em ambas as vias 513.296 t. O dia com mais solicitação de volume de carga observado foi terceiro dia (quarta-feira), atingindo 83.928 t. Ao comparar as duas vias, a via decrescente apresentou maior volume de carga no período avaliado.

A caracterização dos veículos foi estabelecida pelas silhuetas fornecidas pelo DNIT (2016) através da metodologia PNCT e analisadas em paralelo a outros estudos de caracterização de frota, como o realizado por Bosso *et al.* (2020), Grimm (2022), DNIT (2006), que fornecem estudos sobre as frotas mais recorrentes do trânsito brasileiro.

## 6. CONCLUSÃO

A rodovia BR-222, para além da sua funcionalidade, enquanto uma rodovia transversal no que concerne à integração entre quatro estados e os seus respectivos municípios beneficiados por ela, exerce dentro do perímetro urbano do município de Açailândia um papel de via arterial, concentrando um grande fluxo de veículos, que diariamente transitam por essa rodovia.

Este estudo identificou que no trecho analisado da BR-222 a frota que nele transita é predominantemente composta por carros e motos (93%) e que há expressivo número de caminhões, ônibus, reboques e semirreboques constituindo uma (frota comercial) que totalizou 16. 541 veículos no intervalo de 168 horas. Entretanto, apesar da menor expressão em percentual, as frotas comerciais movimentaram 513.296,50t sob a rodovia, predominante na via decrescente, sentido ao bairro Piquiá, onde está localizado o distrito industrial da cidade e à capital São Luís-MA, onde, dentre outros fatores atrativos ao fluxo veicular, possui um porto nacionalmente importante, o Porto do Itaqui.

No trecho de contagem constatou-se que as vias analisadas, de acordo com a classificação da eficiência da via pelo dado de ucp/h, elas estão próximas do limite estabelecido pelo DNIT, nos horários de pico. Mas, ao analisar os volumes totais no horário de pico os mesmos estão satisfatórios devido ao perímetro apresentar uma variação volumétrica por sentido, ou seja, enquanto uma está próxima do limite a outra opera com condições mais favoráveis.

Estudos desta natureza são de grande relevância pois permitem avaliar o quantitativo de veículos demandados no trânsito, bem como permitem categorizar os veículos mais recorrentes naquele local, além de possibilitar uma avaliação sobre a carga bruta total dos veículos que exercem pressão sobre as vias; e por permitir uma avaliação da fluidez ao trazer dados de horários de pico e UPC. Todos os dados gerados podem ser utilizados para subsidiar tomadas de decisão frente às instâncias competentes visando a qualidade do serviço prestado pela rodovia, zelando pela segurança no trânsito e subsidiando planejamentos que permitam a melhorias da infraestrutura viária.

## REFERÊNCIAS

- ACAILÂNDIA. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Produto III. (PMSB), 2017. Disponível em: [https://www.acailandia.ma.gov.br/publicacoes/ver/PLANO-MUNICIPAL-DE-SANEAMENTO-BASICO-ACAILANDIA--MA\\_817](https://www.acailandia.ma.gov.br/publicacoes/ver/PLANO-MUNICIPAL-DE-SANEAMENTO-BASICO-ACAILANDIA--MA_817). Acesso em: 20 abr. 2023.
- ALBANO, J, F. **Efeitos dos excessos de carga sobre a durabilidade de pavimentos** [Tese] – Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre; 2005.
- BOCK, A, L. **Pesagem em movimento de cargas atuantes em rodovias e seu impacto no desempenho de pavimentos da Rede Temática de Asfalto** [Tese] – Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre; 2016.
- BOSSO, Mariana. **Uso da tecnologia Weigh-in-Motion para a caracterização do tráfego rodoviário e do excesso de carga em veículos comerciais**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BOSSO, Mariana et al. Use of regression trees to predict overweight trucks from historical weigh-in-motion data. **Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)**, v. 7, n. 6, p. 843-859, 2020.
- BRASIL, CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO. Código de trânsito brasileiro. Instituído o pela Lei nº 9.503 de 23-09-97. 4 ed. Câmara dos deputados, 2010.
- BRASIL. Lei nº 9.503, de 23-09-97. Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <https://www.ctbdigital.com.br/comentario/comentario60>. Acesso em: 05/05/2023.
- BRASIL. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Plano Nacional de Viação. Rio de Janeiro: C.N.T., 1973.
- BRASIL. **PLANO DE METAS**, Brasília-DF, 1958.
- CARDOSO, G.; GRANDO GOLDNER, L. Desenvolvimento e aplicação de modelos para previsão de acidentes de trânsito. **TRANSPORTES, [S. l.]**, v. 15, n. 2, 2007. DOI: 10.14295/transportes. v. 15i2.35. Disponível em: <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/35>. Acesso em: 12 maio. 2023.
- CARNEIRO, M. S. Crítica social e responsabilização empresarial. Análise das estratégias para a legitimação da produção siderúrgica na Amazônia oriental. **Caderno CRH**, v. 21, p.321-333, 2008.
- CARNEIRO, Marcelo Sampaio. Mineração, siderurgia e desenvolvimento na Amazônia Oriental: um balanço da experiência do programa grande Carajás. **Celia Regina Congilio, Rosemayre Bezerra**, p. 98, 2019.
- HERING COELHO, A.; DE SOUZA RODRIGUES, A. Automação de um procedimento para processamento de dados de volume de tráfego para uso no HCM. **Revista Transporte y Territorio**, n. 26, 15 nov. 2022.
- De FARIA, Maximiliano Martins et al. Desenvolvimento e aplicação de metodologia para consolidação de dados de pesquisas de tráfego no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **TRANSPORTES**, v. 26, n. 3, p. 87-102, 2018.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES- DNIT. **Manual de Estudo de Tráfego**. IPR-723/2006- Rio de Janeiro, RJ > DNIT, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Plano Nacional de Contagem de Tráfego, 2012.** Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br/dadospnt/Inicio/institucional>. Acesso em 10/05/2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Pesquisa Nacional de Táfeço:** <https://servicos.dnit.gov.br/dadospnt/Pnt>. Acesso em 06/06/2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Quadro de Fabricantes de Veículos, 2021.** disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/operacoes-rodoviaras/pesagem/copy2\\_of\\_QFV2021OUTUBRO.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/operacoes-rodoviaras/pesagem/copy2_of_QFV2021OUTUBRO.pdf). Acesso em 09/03/2024

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Política Nacional de Controle de Tráfego.** Brasília, DF: DNIT, 2016.

FHWA, U. S. Manual on uniform traffic control devices for streets and highways. 2021 Edition, Washington, DC: US Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2021.

GOMES, A. A. A. *et al.* A importância do estudo de tráfego para determinação do volume médio de veículos da rodovia RJ 196. **Revista Interdisciplinar Pensamento Científico**, v. 5, n. 3, 2019.

GRIMM, H.F. **Espectro de cargas atuantes em rodovias brasileiras: uma avaliação com dados em massa.** [Dissertação] – Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2022.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades.** Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/acailandia/pesquisa/22/28120?ano=2012>. Acessado em 02/05/2023.

MOREIRA, M. A. L.; FREITAS JUNIOR, M. de; TOLOI, R. C. O transporte rodoviário no Brasil e suas deficiências. **Refas - Revista Fatec Zona Sul**, [S. l.], v. 4, n. 4, p. 1–13, 2018. Disponível em: <https://revistarefas.com.br/RevFATECZS/article/view/191>. Acesso em: 13 jun. 2023.

OLIVEIRA, C. M. *et al.* **Identificando os desafios e as boas práticas para o transporte urbano de cargas, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática.** TRANSPORTES v. 24, n. 3, 2016. Disponível em: 10.4237/transportes. v 24i3.1137. Acesso em: maio, 2023. <http://dx.doi.org/10.14295/transportes.v24i3.1137>

PÉRA, Thiago Guilherme et al. Análise do Excesso de Peso Entre Eixos no Transporte Rodoviário de Cargas. **Série Logística do Agronegócio**, v.2,p.1-39, 2021.

PEREIRA, L. A. G.; LESSA, S. N. O processo de planejamento e desenvolvimento do transporte rodoviário no Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 40, 2011.














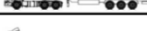
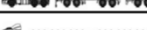

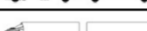
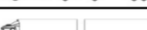





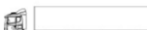









ROCHA, Milene Rocha Vieira Santos; SILVA, Dyllean de Cássia Oliveira; LOIOLA, Edney. AMAZÔNIA ORIENTAL: impactos socioambientais em Pequiá de Baixo no Município de Açailândia-Ma. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 12, n. 1/2, p. 17-30, 2015.

SANTIAGO BALDOINO, L. M.; VINHÁTICO PONTES, K. A Implantação e Consolidação do Modal Rodoviário no Brasil. **Revista Historiador**, [S. l.], v. 1, n. 14, 2022. Disponível em: <https://revistahistoriador.com.br/index.php/principal/article/view/253>. Acesso em: 20 jul. 2023.

SOUSA, J. de M. **Enredos da dinâmica urbano-regional sul-maranhense: reflexões a partir da centralidade econômica de Açailândia, Balsas e Imperatriz** [Tese][Internet]. Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais; 2015.

## APÊNDICE A

### Planilha de contagem veicular impressa adaptada do PNCT (2012)

Tipo de Veículo		CRESCENTE												DECRESCENTE												Total	
		0h - 1h	1h - 2h	2h - 3h	3h - 4h	4h - 5h	5h - 6h	6h - 7h	7h - 8h	8h - 9h	9h - 10h	10h - 11h	11h - 12h	12h - 13h	13h - 14h	14h - 15h	15h - 16h	16h - 17h	17h - 18h	18h - 19h	19h - 20h	20h - 21h	21h - 22h	22h - 23h	23h - 24h		
MOTO																											
PASSEIO																											
2CB																											
3CB																											
4CB																											
2C																											
3C																											
4C																											
2S1																											
2S2																											
2S3																											
3S1																											
3S2																											
3S3																											
3T6																											
3T6																											
2C2																											
2C3																											
3C2																											
3C3																											
3D4																											
3E																											
4E																											
5E																											
2I2																											
2I3																											
2C4																											
3C4																											
3I3																											
3C3																											
3T6																											
3I3																											
3S2C2																											
Total																											