



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

GEORGE WILLIAM COELHO CARNEIRO
MILENE GABRIELLA PAIXÃO PINTO

**ANÁLISE DO TRÁFEGO E DAS CONDIÇÕES SUPERFICIAIS DO PAVIMENTO
DA AVENIDA PERIMETRAL NO PERÍODO DE PRÉ-INAUGURAÇÃO DA AVENIDA
LIBERDADE**

BELÉM – PA
2026

GEORGE WILLIAM COELHO CARNEIRO
MILENE GABRIELLA PAIXÃO PINTO

**ANÁLISE DO TRÁFEGO E DAS CONDIÇÕES SUPERFICIAIS DO
PAVIMENTO DA AVENIDA PERIMETRAL NO PERÍODO DE PRÉ-
INAUGURAÇÃO DA AVENIDA LIBERDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à Faculdade de Engenharia
Civil do Instituto de Tecnologia da
Universidade Federal do Pará, requisito final
para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Figueiredo
Massulo Aguiar

BELÉM - PA
2026

GEORGE WILLIAM COELHO CARNEIRO
MILENE GABRIELLA PAIXÃO PINTO

**ANÁLISE DO TRÁFEGO E DAS CONDIÇÕES SUPERFICIAIS DO
PAVIMENTO DA AVENIDA PERIMETRAL NO PERÍODO DE PRÉ-
INAUGURAÇÃO DA AVENIDA LIBERDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à Faculdade de Engenharia
Civil do Instituto de Tecnologia da
Universidade Federal do Pará, requisito final
para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Figueiredo
Massulo Aguiar

Data de aprovação: 03 de julho de 2026

Conceito: Excelente

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar
Universidade Federal do Pará – UFPA – Orientador

Profa. Dra. Christiane Lima Barbosa
Universidade Federal do Pará – UFPA – Examinadora Interna

Professor Dr. Marcus Vinicius Guerra Seraphico de Assis Carvalho
Universidade Federal do Pará – UFPA – Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

De George Carneiro,

Ao concluir esta etapa, percebo que nenhuma conquista é construída sozinho. Este trabalho representa não apenas anos de estudo, mas também o apoio, os ensinamentos e o carinho de pessoas que fizeram parte da minha caminhada e contribuíram, cada uma à sua maneira, para que este sonho se tornasse realidade.

Aos meus pais, Pedro Carneiro e Roselia Coelho, dedico minha mais profunda gratidão. Foram vocês que me ensinaram, desde cedo, que a honestidade e a educação são os maiores patrimônios que uma pessoa pode possuir. Mesmo com a distância e com a saudade de casa, nunca deixaram de me incentivar, acreditar em mim e fazer de tudo para que eu pudesse perseguir meus objetivos. Se hoje concluo esta etapa, é porque sempre encontrei em vocês a força necessária para seguir em frente. Esta conquista é, antes de tudo, de vocês.

Aos meus irmãos, Georgea, Georgeana e Pedro, agradeço por todo o apoio, incentivo e carinho ao longo dessa caminhada. Talvez vocês nunca tenham dimensão do quanto foram importantes para mim. Levarei comigo, por toda a vida, a gratidão por tudo o que fizeram e continuam fazendo. Serei eternamente grato por ter vocês ao meu lado.

Aos meus avós, Tio Duca e Dona Mundica, meu carinho e eterna admiração. Vocês sempre me ensinaram, à maneira de vocês, que a educação é o caminho mais digno para transformar a própria vida. Nunca esquecerei das palavras que tantas vezes ouvi: "Um livro pesa menos do que uma enxada." Essa simplicidade carrega uma sabedoria que moldou quem sou. Em especial ao meu avô, que sempre foi meu maior exemplo de caráter, honestidade e dignidade. Muito do homem que procuro ser hoje tem origem nos valores que aprendi observando o senhor.

À minha parceira, Hevilly Morotomi, agradeço por caminhar ao meu lado desde o início desta jornada. Obrigado por compreender minhas ausências, compartilhar minhas preocupações, celebrar minhas conquistas e me apoiar nos momentos em que tudo parecia mais difícil. Existem desafios e momentos que apenas nós dois conhecemos, e ter você ao meu lado tornou essa caminhada

muito mais significativa. Sua presença foi essencial para que eu chegasse até aqui.

À minha tia Inês, deixo um agradecimento especial. Em um dos momentos mais difíceis da minha vida, quando precisei morar no Ceará, você me acolheu como um filho e fez muito mais do que eu poderia esperar. Seu apoio, sua dedicação e toda a ajuda que me ofereceu foram essenciais para que eu conseguisse reorganizar minha vida e dar continuidade aos meus estudos. Sua generosidade, seu carinho e sua presença naquele momento jamais serão esquecidos. Serei eternamente grato por tudo o que fez por mim.

À equipe da Trieng Engenharia, expresso minha sincera gratidão por ter me proporcionado minha primeira experiência profissional e por me apresentar, na prática, a realidade da Engenharia Civil. Foi nesse ambiente que despertei um interesse genuíno pela área que viria a se tornar o tema desta pesquisa. Em especial, agradeço aos engenheiros Renan Saldanha e Eduardo Oliveira, pelos ensinamentos compartilhados, pela confiança e pela oportunidade de aprender com profissionais que serviram de inspiração no início da minha trajetória na Engenharia Civil.

Ao meu orientador, Prof. Marcelo Massulo, expresso minha sincera gratidão pela orientação, pela confiança e pela dedicação demonstradas ao longo desta pesquisa. Sua participação ativa nas atividades de campo evidenciou um comprometimento que ultrapassou as obrigações da orientação acadêmica e foi essencial para a realização deste trabalho. À minha parceira de TCC, Milene Gabriella, agradeço pela parceria, pela responsabilidade e pelo empenho compartilhados em cada etapa desta pesquisa. A dedicação de ambos foi indispensável para que este estudo alcançasse seus objetivos.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, fizeram parte desta caminhada. Cada gesto de incentivo, cada palavra de apoio e cada demonstração de confiança contribuíram para que este momento se tornasse possível. Esta conquista carrega um pouco de cada um de vocês.

AGRADECIMENTOS

De Milene Gabriella,

Primeiramente, agradeço a Deus e à Nossa Senhora, por terem guiado meus passos durante toda esta jornada. Nos momentos de dúvida, cansaço e incerteza, encontrei na fé a força necessária para continuar e acreditar que tudo aconteceria no tempo certo.

À minha mãe, Milene Paixão, e ao meu pai, Gabriel Pinto, dedico uma parte especial desta conquista. Obrigada por serem meus primeiros exemplos de força, amor e dedicação. Vocês me ensinaram que os sonhos exigem coragem, esforço e persistência, e nunca deixaram que eu desistisse dos meus. Nos momentos mais difíceis, foram meu abrigo; nos momentos felizes, meus maiores incentivadores. Não existem palavras suficientes para agradecer tudo o que fizeram e continuam fazendo por mim. Se hoje posso projetar lares, é porque desde o início vocês foram o meu.

À minha Dinda Carolina; aos meus tios, Edrício e Nildo; à minha prima favorita, Bianquinha; e aos meus avós, Dona Graça e Seu Martinho. Obrigada por cada incentivo, cada conselho, cada abraço e por nunca deixarem que eu desistisse dos meus sonhos. Esta conquista é tão minha quanto de vocês. Se existe sorte, a minha foi ter nascido em uma família onde o amor sempre foi abundante. E talvez não seja por acaso que carregamos o sobrenome Paixão, porque foi nele que encontrei a força para seguir em frente, o acolhimento para recomeçar e o carinho que me trouxe até aqui.

Estendo também minha gratidão à minha cunhada Adryelle, ao meu irmão William, ao meu sobrinho Miguelzinho e a toda a família Duarte. Obrigada por me acolherem com tanto carinho, por vibrarem com cada conquista e por terem se tornado minha segunda família.

À minha psicóloga, Dra. Elaine, deixo um agradecimento muito especial. Obrigada por caminhar ao meu lado durante uma fase tão importante da minha vida. Por cada conversa, cada acolhimento e cada ensinamento. Você me ajudou a encontrar força onde eu achava que não existia mais, a respeitar meu tempo e a enxergar minhas capacidades com mais gentileza. Levo esse aprendizado para muito além da graduação.

Às minhas melhores amigas da vida, Eduarda Furtado, Eduarda Xavier e Débora. Crescemos juntas, dividimos sonhos, inseguranças, conquistas e inúmeras memórias que guardarei para sempre. Obrigada por continuarem presentes, mesmo quando a correria da vida insistia em nos afastar. Tenho certeza de que meu céu é mais azul porque tenho as pessoas certas ao meu lado. E, entre os caminhos da vida, sempre existirão lírios para lembrar que a beleza está nas pessoas que escolhem permanecer e amar. Obrigada por fazerem parte da minha história. Vocês são, sem dúvida, o meu laranja ultra forte.

Aos meus amigos da graduação, Eduardo Pires, Gabriella Rebelo, Marcos Ryan e Rafaelle Oliveira, agradeço pela parceria ao longo desses anos. Vocês transformaram dias difíceis em momentos mais leves e fizeram da faculdade uma experiência muito mais especial. Estendo também minha gratidão aos demais colegas de curso e, em especial, aos amigos da Atlético Mustang, que tornaram essa caminhada mais divertida, acolhedora e cheia de boas lembranças.

Ao meu orientador, Prof. Marcelo Massulo, agradeço pela confiança, pelos ensinamentos e pela paciência ao longo deste trabalho. Mais do que contribuir para esta pesquisa, o senhor me ajudou a encontrar uma área da Engenharia Civil com a qual realmente me identifico. Ao meu parceiro de pesquisa, George Carneiro, obrigada pela parceria durante toda essa jornada. Entre planilhas, levantamentos, reuniões e prazos, nunca me deixou na mão, e isso fez toda a diferença para chegarmos até aqui.

Ao Centro Integrado de Operações (CIOP), em especial ao Tenente Aires e a toda sua equipe, agradeço pela receptividade, disponibilidade e apoio durante a realização desta pesquisa. A colaboração de vocês foi fundamental para a obtenção dos dados e para o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta caminhada. Cada palavra de incentivo, cada gesto de carinho, cada ajuda e cada amizade contribuíram para que este momento se tornasse realidade. Levo comigo os aprendizados, as memórias e as pessoas que encontrei ao longo do caminho. Afinal, nenhuma conquista é construída sozinha.

RESUMO

CARNEIRO, G. W. C.; PINTO, M. G. P. **Análise Do Tráfego E Das Condições Superficiais Do Pavimento Da Avenida Perimetral No Período De Pré-Inauguração Da Avenida Liberdade**. 2026. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém.

A infraestrutura viária urbana desempenha papel fundamental na mobilidade e no desenvolvimento das cidades. A implantação de novas vias pode alterar a distribuição dos fluxos de tráfego e as condições operacionais das vias existentes, tornando necessária a caracterização do cenário anterior a essas intervenções. Assim, este trabalho teve como objetivo diagnosticar as condições de tráfego e da superfície de rolamento da Avenida Perimetral, em Belém (PA), antes da inauguração da Avenida Liberdade. Para isso, a via foi dividida em quatro trechos de 1 km, totalizando 4 km, contemplando ambos os sentidos de circulação. Foram realizadas a contagem veicular classificada, a estimativa do Número N, a avaliação da condição superficial do pavimento por meio do Levantamento Visual Contínuo (LVC) e a determinação da velocidade média dos veículos. Os resultados evidenciaram diferenças entre os trechos analisados. A contagem veicular revelou o maior VHP foi registrado no Trecho 3 pela manhã (08h30–08h45), com 1.484 veic/h, e no Trecho 1 à tarde (17h30–17h45), com 1.280 veic/h.. O Número N variou de $2,9 \times 10^7$ a $4,4 \times 10^7$, com maior valor no Trecho 1. O LVC classificou esse trecho como Regular, enquanto os demais foram classificados como Ótimo. O Trecho 3 apresentou as maiores velocidades médias para a maioria das categorias veiculares, enquanto o Trecho 1 registrou menores velocidades para parte dos veículos pesados. A análise integrada dos parâmetros permitiu caracterizar as condições operacionais, funcionais e estruturais da Avenida Perimetral antes da entrada em operação da Avenida Liberdade, estabelecendo uma base técnica para futuras avaliações dos impactos da nova infraestrutura sobre o tráfego e o pavimento da via.

Palavras-chave: Sistema de Gerência de Pavimentos; Levantamento Visual Contínuo; Contagem Veicular; Velocidade Média; Número N; Avenida Perimetral; Avenida Liberdade.

ABSTRACT

CARNEIRO, G. W. C.; PINTO, M. G. P. **Análise Do Tráfego E Das Condições Superficiais Do Pavimento Da Avenida Perimetral No Período De Pré-Inauguração Da Avenida Liberdade.** 2026. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém.

Urban road infrastructure plays a fundamental role in city mobility and development. The implementation of new roads can alter traffic flow distribution and the operational conditions of existing roads, making it necessary to characterize the scenario prior to such interventions. Thus, this study aimed to assess traffic conditions and the road surface quality of Avenida Perimetral in Belém (PA) before the opening of Avenida Liberdade. To this end, the road was divided into four 1-km segments—totaling 4 km—covering both directions of travel. Procedures included classified vehicle counts, estimation of the "N Number" (cumulative traffic load), pavement surface condition assessment via Continuous Visual Survey (CVS), and determination of average vehicle speeds. The results revealed differences among the analyzed segments. Vehicle counts showed the highest Peak Hour Volume (PHV) in Segment 3 during the morning (08:30–08:45), with 1,484 vehicles/h, and in Segment 1 during the afternoon (17:30–17:45), with 1,280 vehicles/h. The N Number ranged from 2.9×10^7 to 4.4×10^7 , with the highest value in Segment 1. The CVS classified this segment as "Fair," while the others were classified as "Excellent." Segment 3 exhibited the highest average speeds for most vehicle categories, whereas Segment 1 recorded lower speeds for some heavy vehicles. The integrated analysis of these parameters allowed for the characterization of the operational, functional, and structural conditions of Avenida Perimetral prior to the opening of Avenida Liberdade, establishing a technical baseline for future evaluations of the new infrastructure's impact on traffic and the existing road's pavement.

Keywords: Pavement Management System; Continuous Visual Survey; Classified Traffic Count; Average Speed; N Number; Perimetral Avenue; Liberdade Avenue.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de Gerência de Pavimentos.	20
Figura 2 - Fluxograma dos componentes de um sistema de gerência de pavimentos em nível de rede e projeto.	21
Figura 3 - Relação das estratégias de manutenção e reabilitação com as outras etapas de um sistema de gerência de pavimentos.	22
Figura 4 - Árvore de decisão para deformação permanente nas trilhas de roda.	24
Figura 5 - Importância da intervenção na minimização de custos em momento oportuno.	25
Figura 6 - Modelo de Ficha de Contagem Volumétrica.	26
Figura 7 - Representação Esquemática Do Volume Acumulado E Do Fluxo De Tráfego.	28
Figura 8 - Exemplo de classificação veicular utilizada em estudos de tráfego.	29
Figura 9 - Exemplos de Manifestações Patológicas no Pavimento.	31
Figura 10 - Relação Entre Tipos de Eixo e Carga.	31
Figura 11 - Fatores de Equivalência de Carga da AASHTO.	33
Figura 12 - Fatores de Equivalência de Carga do USACE.	33
Figura 13 - Valores de ESALF para diferentes eixos.	36
Figura 14 - Fatores de Veículos (Carregamentos Máximos).	36
Figura 15 - Formulário Para Levantamento Visual Contínuo.	37
Figura 16 - Relação entre volume de tráfego, capacidade e velocidade.	45
Figura 17 - Influência das condições operacionais da via na velocidade média do tráfego.	46
Figura 18 - Avenida Perimetral.	48
Figura 19 - Avenida Liberdade.	49
Figura 20 - Fluxograma do Método.	49
Figura 21 – Fluxograma para número N.	53
Figura 22 - Trechos.	54
Figura 23 - Trechos analisados.	64
Figura 24 - Pontos para determinação da velocidade média Trecho 1.	68
Figura 25 - Pontos para determinação da velocidade média Trecho 2.	68
Figura 26 - Pontos para determinação da velocidade média Trecho 3.	68

Figura 27 - Pontos para determinação da velocidade média Trecho 4.	69
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução temporal do fluxo veicular no período da manhã.....	60
Gráfico 2 - Evolução temporal do fluxo veicular no período da tarde.....	61
Gráfico 3 - Composição percentual do tráfego por categoria veicular nos trechos analisados.	62
Gráfico 4 - Comparação do Número N estimado para os quatro trechos analisados.	63
Gráfico 5 - Comparação das velocidades médias por categoria veicular nos quatro trechos analisados.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Gravidade e Peso dos Defeitos	39
Tabela 2 - Conceitos do ICPF.....	40
Tabela 3 - Classificações do IES.....	41
Tabela 4 - Planilha para contagem trecho 1.	50
Tabela 5 - Planilha para contagem trecho 2.	51
Tabela 6 - Planilha para contagem trecho 3	51
Tabela 7 - Planilha para contagem trecho 4.	51
Tabela 8 - Volume total de veículos por período e trecho.....	56
Tabela 9 - Contagem veicular trecho 1.	57
Tabela 10 - Contagem veicular trecho 2.	58
Tabela 11 - Contagem veicular trecho 3.....	58
Tabela 12 - Contagem veicular trecho 4.	59
Tabela 13 - Número N estimado para os trechos analisados.....	63
Tabela 14 - Formulário para o levantamento visual contínuo preenchido.....	66
Tabela 15 - Índices de condição superficial dos trechos analisados.	67
Tabela 16 - Velocidades médias por categoria veicular nos trechos analisados.	70

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1.	Objetivo	17
1.1.1.	Objetivo Geral.....	17
1.1.2.	Objetivos Específicos	17
1.2.	Justificativa	18
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1.	Sistema de Gerência de Pavimentos.....	19
2.1.1.	Níveis do Sistema de Gerência de Pavimentos.....	20
2.1.2.	Principais Etapas do Sistema de Gerência de Pavimentos.....	21
2.1.3.	Avaliação dos pavimentos.....	23
2.1.4.	Atividade de manutenção e reabilitação	24
2.2.	Contagem veicular.....	26
2.2.1.	Conceitos Fundamentais do Tráfego	27
2.2.2.	Métodos de Contagem Veicular	29
2.2.3.	Importância da Contagem Veicular	30
2.3.	Cálculo do Número N	32
2.3.1.	Pavimentos Flexíveis	33
2.3.2.	Efeitos das cargas por eixo no modelo HDM.....	35
2.4.	Levantamento Visual Contínuo (LVC)	36
2.4.1.	Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE)	38
2.4.2.	Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF).....	39
2.4.3.	Índice de Estado de Superfície (IES)	41
2.4.4.	Manifestações Patológicas em Pavimentos Flexíveis	42
2.5.	Velocidade média	43
2.5.1.	Métodos de Determinação da Velocidade Média	43
2.5.2.	Relação entre Velocidade, Tráfego e Condições da Via.....	44
2.5.3.	Importância da Velocidade Média	45
3.	MÉTODO	47
3.1.	Caracterização da área de estudo	47
3.1.1.	Avenida Perimetral	47

3.1.2.	Avenida Liberdade.....	48
3.2.	Descrição do método	49
3.2.1.	Contagem Veicular Classificada	49
3.2.2.	Cálculo do Número N	52
3.2.3.	Levantamento Visual Contínuo	53
3.2.4.	Velocidade Média	55
4.	RESULTADO E DISCUSSÕES	56
4.1.	Contagem Veicular	56
4.1.1.	Apresentação dos dados por trecho	56
4.1.2.	Comparação geral entre trechos, períodos e Volume Horário de Pico	59
4.1.3.	Composição Veicular.....	61
4.2.	Cálculo do Número N	63
4.3.	Levantamento Visual Contínuo	65
4.4.	Velocidade Média	67
5.	CONCLUSÃO	73
5.1.	Sugestão para trabalhos futuros	75
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
	APÊNDICES.....	79
	APÊNDICE A – TABELAS DOS REGISTROS INDIVIDUAIS DE TEMPO E VELOCIDADE POR TRECHO.....	79
	APÊNDICE B - TABELAS DA COMPOSIÇÃO VEICULAR POR TRECHO	83
	APÊNDICE C – TABELAS PARA CÁLCULO DO NÚMERO N	85

1. INTRODUÇÃO

Nas áreas urbanas, onde a mobilidade está diretamente relacionada à eficiência do transporte de pessoas e mercadorias, a infraestrutura viária exerce papel estratégico para o desenvolvimento econômico e social. Segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT), os custos logísticos, o desempenho do transporte rodoviário e a competitividade econômica são influenciados pela qualidade das vias, tornando-as fundamentais para o planejamento urbano e regional (CNT, 2025).

A implantação de novos corredores de circulação constitui uma das principais estratégias adotadas para ampliar a capacidade do sistema de transportes, melhorar a conectividade entre diferentes regiões urbanas e promover maior eficiência nos deslocamentos. Nesse contexto, a Política Nacional de Mobilidade Urbana estabelece o planejamento integrado dos sistemas de transporte e da infraestrutura viária como instrumento para o desenvolvimento urbano sustentável (BRASIL, 2012).

À medida que as cidades se expandem e a demanda por deslocamentos aumenta, torna-se necessária a ampliação e adequação da infraestrutura viária existente. Entretanto, intervenções dessa natureza tendem a modificar os padrões de circulação já estabelecidos, provocando alterações na distribuição dos fluxos veiculares, nas velocidades de operação e nas condições de tráfego das vias próximas, influenciando o desempenho da rede viária como um todo (TRB, 2016).

Em Belém, a construção da Avenida Liberdade inseriu-se nesse cenário de expansão da infraestrutura viária. Concebida como um novo eixo de ligação entre a Avenida Perimetral e a Alça Viária, a nova via foi planejada para ampliar a conectividade entre importantes corredores viários e contribuir para a redistribuição dos fluxos de tráfego na Região Metropolitana de Belém (ALEPA, 2020).

Diante dessas mudanças, torna-se necessária a realização de estudos capazes de caracterizar as condições da via antes da entrada em operação da nova infraestrutura. O estabelecimento desse diagnóstico inicial possibilita a criação de uma base de referência para futuras análises comparativas, permitindo avaliar as alterações decorrentes da implantação da Avenida Liberdade sobre as condições operacionais e estruturais da Avenida Perimetral.

Este Trabalho de Conclusão de Curso integra um projeto de pesquisa mais amplo que tem como objetivo investigar os impactos da inauguração da Avenida Liberdade sobre as condições operacionais e estruturais da Avenida Perimetral. Considerando o papel da nova via na redistribuição dos fluxos de tráfego da Região Metropolitana de Belém, torna-se fundamental caracterizar as condições existentes antes de sua entrada em operação, estabelecendo uma base de referência para futuras análises comparativas.

Nesse contexto, o presente estudo tem como finalidade realizar um diagnóstico da Avenida Perimetral na condição anterior à inauguração da Avenida Liberdade, contemplando aspectos relacionados à engenharia de tráfego e à conservação viária. Para isso, foram analisados a contagem veicular classificada, o Número N, as condições superficiais do pavimento por meio do Levantamento Visual Contínuo (LVC) e a velocidade média dos veículos. Os resultados obtidos contribuirão para a compreensão do cenário anterior à implementação da via e servirão como subsídio para futuras pesquisas voltadas à avaliação dos impactos decorrentes da nova configuração viária.

1.1. Objetivo

1.1.1. Objetivo Geral

Realizar um diagnóstico das condições de tráfego e da superfície de rolamento da Avenida Perimetral antes da inauguração da Avenida Liberdade, por meio da análise da contagem veicular classificada, da estimativa do Número N, da avaliação da condição superficial do pavimento utilizando o método do Levantamento Visual Contínuo (LVC) e do estudo da velocidade média dos veículos.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar o volume e a composição do tráfego da Avenida Perimetral por meio da contagem veicular classificada nos trechos definidos para estudo;
- Estimar o Número N dos trechos analisados a partir dos dados obtidos na contagem veicular;
- Avaliar a condição superficial do pavimento por meio do método de Levantamento Visual Contínuo (LVC), conforme a norma DNIT 008/2003 – PRO;

- Determinar a velocidade média dos veículos nos trechos analisados;
- Caracterizar as condições de tráfego e de conservação da Avenida Perimetral antes da inauguração da Avenida Liberdade;
- Fornecer uma base de dados que possibilite futuras comparações dos impactos da inauguração e da operação da Avenida Liberdade sobre a Avenida Perimetral.

1.2. Justificativa

A construção da Avenida Liberdade configura uma intervenção viária de grande porte, com potencial para modificar a dinâmica de circulação da Região Metropolitana de Belém. Ao estabelecer uma nova ligação entre a Avenida Perimetral e a Alça Viária, a nova infraestrutura poderá influenciar a distribuição dos fluxos veiculares e, conseqüentemente, as condições operacionais e estruturais das vias adjacentes.

Nesse contexto, torna-se necessária a caracterização das condições da Avenida Perimetral antes da entrada em operação da Avenida Liberdade. A inexistência de um diagnóstico técnico referente ao período anterior à inauguração da nova via evidencia a importância do registro das condições existentes, permitindo a constituição de uma base de referência para futuras análises comparativas.

Dessa forma, esta pesquisa busca fornecer informações que possibilitem avaliar, em estudos posteriores, os impactos da Avenida Liberdade sobre as condições operacionais e estruturais da Avenida Perimetral. Além de contribuir para o desenvolvimento de pesquisas na área de infraestrutura de transportes, os resultados obtidos poderão subsidiar ações relacionadas ao planejamento da mobilidade urbana, à gestão da infraestrutura viária e à definição de estratégias de conservação do pavimento fundamentadas em dados obtidos antes da entrada em operação da nova via.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este tópico tem como objetivo apresentar a fundamentação teórica que embasa o desenvolvimento deste estudo. Será discutido sobre o Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), destacando sua importância para o planejamento e tomada de decisões relacionadas à manutenção e reabilitação, junto ao método de Levantamento Visual Contínuo (LVC). Em seguida, são apresentados os fundamentos da contagem veicular e o estudo da velocidade pontual, destacando seus métodos, conceitos e importância. Por fim, aborda-se o cálculo do Número N, incluindo seus conceitos, formulações e sua importância na análise das solicitações estruturais impostas ao pavimento.

2.1. Sistema de Gerência de Pavimentos

A Gerência de Pavimentos possui uma grande importância, pois é uma ferramenta de apoio à administração pública, auxiliando na aplicação eficiente dos recursos disponíveis para conservação da infraestrutura viária, o que proporciona níveis de desempenho mais adequados ao longo do tempo (DNIT, 2011). Surge, então, o Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), como o instrumento técnico voltado ao planejamento e tomada de decisão, permitindo a definição de prioridade para uma intervenção, baseada em critérios técnicos e econômicos.

De acordo com a AASHTO (2012), um SGP é composto por um conjunto de ferramentas e métodos que ajudam gestores a definir qual a melhor estratégia para planejar, avaliar e manter o pavimento em condições satisfatórias para uso. O Manual de Gerência de Pavimentos do DNIT (2011) destaca que o sistema integra atividades de planejamento, projeto, execução e manutenção, além de considerar aspectos como a disponibilidade orçamentária, características da malha viária e quesitos administrativos. Na Figura 1 é possível visualizar a estrutura do SGP.

Figura 1 - Sistema de Gerência de Pavimentos.



Fonte: DNIT (2011).

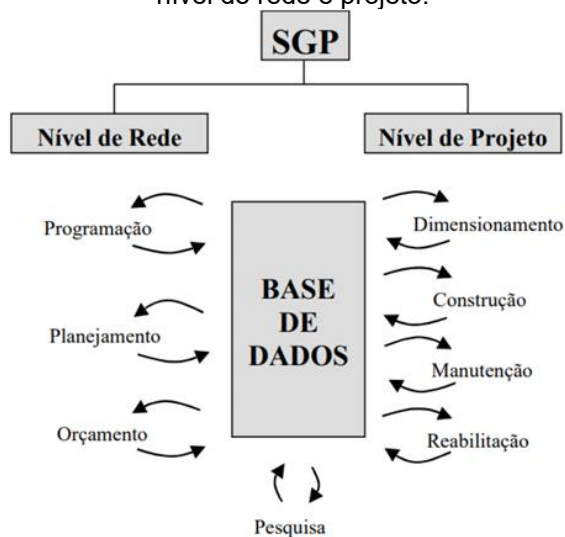
A transição do modelo tradicional de manutenção corretiva para uma abordagem mais planejada e preventiva consiste, justamente, na aplicação do SGP. Fernandes Jr. e Pantigoso (1998), afirmam que essa mudança permite não apenas a correção dos defeitos existentes, mas a implementação de ações que irão prolongar a vida útil do pavimento, além de assegurar padrões mínimos para a obtenção de qualidade em toda rede gerenciada.

O acompanhamento contínuo da condição do pavimento, desde o momento de sua construção, possibilita a identificação na fase inicial de uma deterioração, reduzindo os custos de recuperação e evitando uma intervenção de porte maior. Assim, o SGP constitui uma ferramenta essencial para planejar atividades de manutenção e reabilitação, ajudando na durabilidade, segurança e funcionalidade da infraestrutura viária (CARVALHO, 2020).

2.1.1. Níveis do Sistema de Gerência de Pavimentos

Há dois níveis principais de decisão na qual a gestão de pavimento pode ser estruturada, nível de rede e nível de projeto, conforme ilustrado na Figura 2. Essa decisão permite que o processo gerencial seja organizado de forma estratégica e operacional, fornecendo maior eficiência na aplicação dos recursos disponíveis (Haas et al., 1994).

Figura 2 - Fluxograma dos componentes de um sistema de gerência de pavimentos em nível de rede e projeto.



Fonte: Haas et al. (1994).

Em nível de rede, o Sistema de Gerência de Pavimentos tem como finalidade avaliar a malha viária de forma geral, para definir as prioridades de intervenção e estabelecer programas de investimento compatíveis com a realidade orçamentária. É nesse momento em que os dados coletados são mais abrangentes e sintetizados, proporcionando elaborações de estratégia de médio a longo prazo, com planos plurianuais de manutenção, reforço estrutural ou reconstrução (DNIT, 2011).

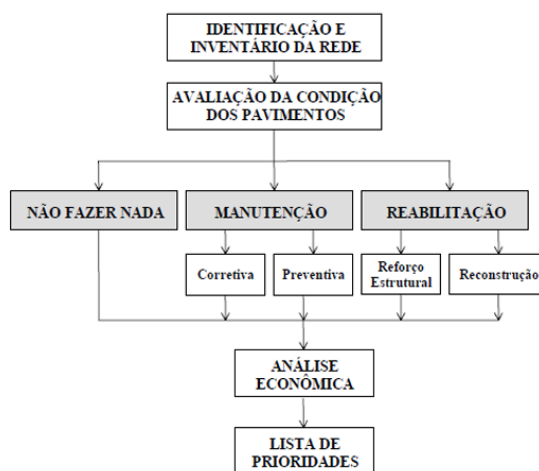
O nível de projeto, no entanto, apresenta um maior detalhamento técnico, concentrando-se em trechos específicos definidos previamente como os prioritários. Nessa etapa, as análises realizadas da condição do pavimento são mais profundas, incluindo a causa da deterioração, definições de soluções técnicas adequadas e estimativas de curto prazo de orçamentos (DNIT, 2011).

Devido a isso, é possível verificar uma inter-relação fundamental entre os dois níveis. Enquanto o nível de rede estabelece diretrizes e prioridades, o nível de projeto vai operacionalizar as decisões por meio da implementação das intervenções necessárias. Essa integração assegura uma coerência maior entre o planejamento estratégico e a execução técnica das ações de manutenção e reabilitação (Haas et al., 1994).

2.1.2. Principais Etapas do Sistema de Gerência de Pavimentos

O Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) possui uma estrutura em etapas inter-relacionadas que permitem um monitoramento de forma sistemática da malha viária e que fundamentam a tomada de decisões quanto à conservação das rodovias. Essas etapas compreendem: inventário da rede, avaliação da condição dos pavimentos, definição das estratégias de manutenção e reabilitação (M&R), priorização, programação e implementação das intervenções, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Relação das estratégias de manutenção e reabilitação com as outras etapas de um sistema de gerência de pavimentos.



Fonte: MAPC (1986).

O inventário de rede consiste na etapa inicial, ou seja, é a coleta e organização de dados técnicos e administrativos da infraestrutura viária. Nessa fase, devem ser registradas informações como a geometria da via extensão, largura, tipo de pavimento, histórico de intervenções, volume de tráfego, condições superficiais e estruturais, entre outras informações relevante. Esses dados são a base para o funcionamento adequado do SGP e auxiliam as fases posteriores (Fernandes Jr.; Patingoso, 1998).

A avaliação da condição dos pavimentos é realizada na sequência, podendo ocorrer por métodos subjetivos ou objetivos. Haverá o levantamento de defeitos, identificação de manifestações patológicas e quantificação do estado de conservação da superfície. O inventário visual da superfície pode ser realizado conforme a norma DNIT-PRO 006 (2003) ou por meio do procedimento de Levantamento Visual Contínuo (LVC), este, no qual será utilizado neste trabalho, estabelecido pela norma DNIT-PRO 008 (2003) (DNIT, 2011). A padronização

desses procedimentos é necessária para garantir a confiabilidade, comparabilidade e consistência dos dados ao longo dos anos.

Com base nos resultados adquiridos, será definido as estratégias de manutenção e reabilitação, de acordo com o nível de deterioração identificado, optando pelas alternativas técnicas mais adequadas. Em seguida, as intervenções são priorizadas por hierarquização técnica ou modelos de otimização que vão considerar as restrições de orçamento e critérios de desempenho. Por fim, é feito a programação e execução dos serviços, realizando em campo as decisões estabelecidas, seja em nível de rede ou projeto.

Observa-se, então, que as etapas do SGP se constituem de um ciclo contínuo e integrado, no qual a qualidade do inventário e de sua avaliação, influenciam de forma direta a eficiência da priorização e da aplicação dos recursos disponibilizados

2.1.3. Avaliação dos pavimentos

A avaliação dos pavimentos é essencial no SGP, é através dela que será possível diagnosticar o estado de conservação de uma via e definir as estratégias de manutenção e reabilitação. As avaliações podem ser classificadas como objetiva ou subjetiva, conforme os critérios adotados para a análise da superfície.

A avaliação subjetiva baseia-se na percepção de conforto e suavidade do rolamento, sendo historicamente associada ao conceito de serventia desenvolvido por Carey e Irick (1960). No Brasil, a norma DNIT-PRO 009/2003, regulamenta esse procedimento, o qual estabelece a metodologia para a determinação do Valor de Serventia Atual (VSA), obtido a partir da média das notas atribuídas por um grupo de avaliadores.

A avaliação objetiva consiste na identificação, classificação e quantificação dos defeitos aparentes na superfície do pavimento, considerando os tipos, severidade e extensão. Nacionalmente, os procedimentos principais normatizados para esse tipo de análise são: Índice de Gravidade Global (IGG), regulamentado pela norma DNIT-PRO 006/2003; e o Levantamento Visual Contínuo (LVC), estabelecido pela norma DNIT-PRO 008/2003. A caracterização dos defeitos tem os critérios definidos pela norma DNIT 005/2003-TER.

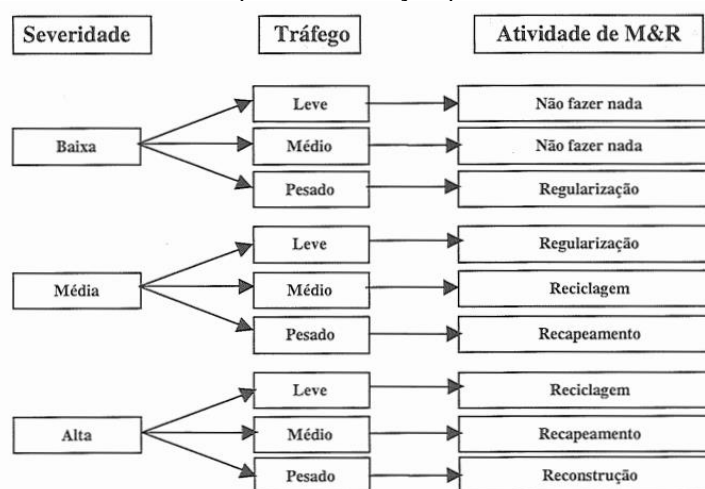
2.1.4. Atividade de manutenção e reabilitação

O pavimento tende a se deteriorar devido às solicitações de tráfego e das condições ambientais. Fatores como carga por eixo, tipo de eixo, pressão de enchimento dos pneus, tipo de suspensão, além das variações de temperatura e umidade, afetam de forma direta o desempenho estrutural do pavimento, afetando sua funcionalidade ao longo do tempo (Fernandes Jr. et al., 1999). Inicialmente, o processo ocorre de forma gradual, todavia tende a se acelerar conforme a vida útil do pavimento se aproxima.

Nesse contexto, as atividades de manutenção e reabilitação (M&R) surgem para preservar a condição de serventia da via, garantir segurança e conforto aos usuários e proteger os investimentos aplicados na infraestrutura viária. Conforme o DER/SP (2006), o conjunto de intervenções destinadas a recompor a condição funcional do pavimento e adaptá-los às condições atuais e futuras de tráfego, é denominado de manutenção. Já a reabilitação tem como a finalidade prolongar a vida em serviço de um pavimento por meio das intervenções estruturais significativas (Fernandes Jr.; Pantigoso, 1998).

No âmbito do Sistema de Gerência de Pavimentos, após a avaliação da condição da via, estratégias de intervenção são definidas em nível de rede. As principais alternativas são: Não Fazer Nada (NF), Manutenção Preventiva (MP), Manutenção Corretiva (MC), Reforço (RF) e Reconstrução (RC) (Fernandes Jr., 2006), conforme Figura 4. A escolha entre as opções é determinada pelo seu grau de deterioração, de extensão dos defeitos e do volume de tráfego atuante.

Figura 4 - Árvore de decisão para deformação permanente nas trilhas de roda.



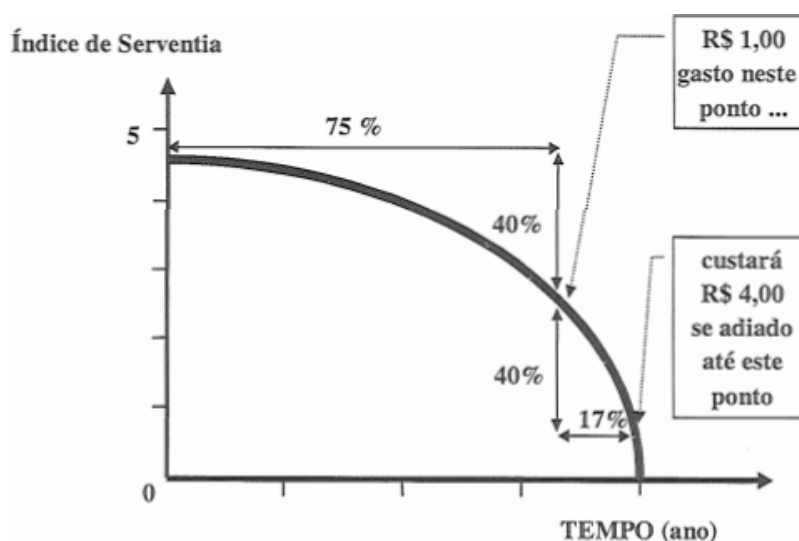
Fonte: Fernandes Jr. e Pantigoso (1998).

Em nível de projeto, as soluções apresentam maior detalhamento técnico, havendo a possibilidade de ter dimensionamento de reforços estruturais ou a reconstrução de camadas do pavimento, conforme as necessidades identificadas.

As atividades de M&R podem ser auxiliadas através de ferramentas como as árvores da decisão, que possuem critérios como tipo de defeito, severidade, extensão e volume de tráfego. Esse tipo de abordagem possibilita uma maior racionalidade técnica na escolha das intervenções, o que ajuda a contribuir nas otimizações dos recursos disponíveis.

Segundo Bernucci et al. (2022), a realização de intervenções em momentos adequados é fundamental para preservar o desempenho funcional e estrutural dos pavimentos, reduzindo os custos associados ao seu ciclo de vida. O adiamento das atividades de manutenção acelera o processo de deterioração, aumentando a necessidade de intervenções mais complexas e onerosas no futuro, além de elevar os custos operacionais suportados pelos usuários da via. Esse comportamento pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Importância da intervenção na minimização de custos em momento oportuno.



Fonte: FHWA (1989).

Nesse contexto, a avaliação sistemática da condição dos pavimentos constitui etapa essencial para o planejamento das atividades de manutenção e reabilitação. A identificação precoce dos defeitos permite selecionar intervenções mais adequadas às condições observadas em campo, contribuindo para a otimização dos recursos disponíveis e para a melhoria do desempenho da infraestrutura viária.

2.2. Contagem veicular

A contagem veicular é uma etapa fundamental existente nos estudos de tráfego, por meio dela são fornecidas informações essenciais para o planejamento, dimensionamento e operação das rodovias. A caracterização do fluxo de veículos permite compreender o comportamento da demanda de tráfego, identificar os padrões existente de circulação e subsidiar decisões relacionadas à capacidade viárias, além de verificar a segurança, conservação e investimentos em infraestrutura (FHWA, 2016).

Os dados obtidos por meio das contagens possibilitam a determinação de diversos parâmetros, como: Volume Médio Diário (VMD), Volume Médio Diário Anual (VMDA), composição veicular e fatores de crescimento do tráfego. Esses indicadores são amplamente utilizados para projetos geométricos, análise e capacidade, planejamento de transporte e, especialmente, no dimensionamento e na avaliação estrutural de um pavimento (AASHTO, 2018)

O tráfego, além de aspectos geométricos e operacionais, exerce influência direta no desempenho dos pavimentos, pois a repetições de cargas por eixo contribuem significativamente para a deterioração estrutural das camadas que compõem a via. Nesse sentido, o monitoramento adequado do tráfego torna-se essencial e indispensável para estimar solicitações futuras e para cálculo de parâmetros como o Número N, amplamente empregado em projetos de pavimentação (DNIT, 2006). A Figura 6, mostra um dos modelos para contagem.

Figura 6 - Modelo de Ficha de Contagem Volumétrica.

CONTAGEM VOLUMÉTRICA

ESTADO: _____ RODOVIA: _____ Cód. Pav.: _____ TRECHO: _____ A _____ B _____

POSTO: _____ LOCAL DA CONTAGEM: _____ DATA DA CONTAGEM: _____ HORÁRIO: _____ DIA DA CONTAGEM: _____ SÉRIE: _____

		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	TOTAL
INCRASPO																										
CAMIÃO DE PASSAGEIRO																										
CAMIÃO/RETAS																										
CAMIÃO	2C																									
	3C																									
C	2C																									
	3C																									
A	4C																									
	5C																									
M	2S																									
	3S																									
I	2S																									
	3S																									
H	2S																									
	3S																									
G	2S																									
	3S																									
E	2S																									
	3S																									
S	2C																									
	3C																									
OUTROS	2C																									
	3C																									
TOTAL																										

Fonte: DNIT (2006).

A compreensão dos conceitos fundamentais do tráfego, seus métodos de coleta de dados e da importância dessas informações para a engenharia rodoviária, torna-se indispensável para uma gestão adequada de infraestrutura.

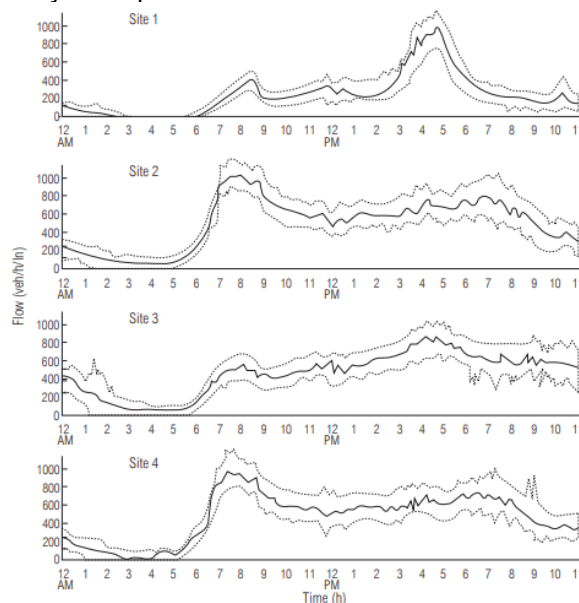
2.2.1. Conceitos Fundamentais do Tráfego

O estudo do tráfego rodoviário baseia-se em análises quantitativas e qualitativas do movimento de veículos em uma via. Quando há a caracterização adequada do tráfego é possível avaliar a demanda existente e projetar o comportamento futuro da circulação, preparando não somente a via, mas o pavimento para o volume do tráfego de forma segura e bem dimensionada (TRB, 2016)

O Volume de Tráfego (Fluxo de Tráfego), segundo o DNIT (2006), corresponde ao número total de veículos que atravessam uma seção transversal de uma via durante um determinado intervalo de tempo, podendo ser expresso em períodos horários, diários, mensais ou anuais. Trata-se do parâmetro básico obtido por meio das contagens veiculares e constitui a principal variável utilizadas nos estudos de engenharia de tráfego.

A intensidade de tráfego é frequentemente usada como sinônimo para fluxo, pois representa a quantidade de veículos em um determinado intervalo de tempo. Em estudos mais aprofundados, essa intensidade pode estar associada à distribuição do tráfego ao longo do dia, permitindo identificar os horários de pico e variações sazonais, conforme mostrado na Figura 7 (ITE, 2016).

Figura 7 - Representação Esquemática Do Volume Acumulado E Do Fluxo De Tráfego.

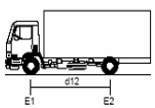
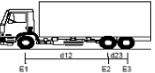
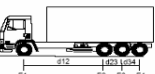


Fonte: Transportation Research Board (2000).

Dentre os parâmetros amplamente utilizados temos o Volume Médio Diário (VMD), que corresponde à média do número de veículos que trafegam por uma seção da via durante um dia. Ao calcular essa média durante o período de um ano completo, obtém-se o Tráfego Médio Diário Anual (TMDA). Esses indicadores são fundamentais para o planejamento rodoviário, visto que, estima o crescimento do tráfego ao longo da vida útil do pavimento (FHWA, 2016; AASHTO, 2018).

Outro aspecto importante é a classificação veicular, que consiste na identificação de veículos conforme suas características físicas e operacionais, tais como o número de eixos, tipo de rodagem, configuração estrutural, conforme mostrado na Figura 8. Tais classificações são de suma importância para as análises estruturais do pavimento, uma vez que veículos comerciais e de carga exercem solicitações completamente distintas sobre o pavimento.

Figura 8 - Exemplo de classificação veicular utilizada em estudos de tráfego.

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	2	16(16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples (ES), rodagem simples (RS), carga máxima (CM) = 6t ou capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = ES, rodagem dupla (RD), CM = 10t $d12 \leq 3,50m$	2C
	3	23(24,2)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = ES, RS, CM = 6t E2E3 = ES, conjunto de eixos em tandem duplo TD, CM = 17t $d12 > 2,40m$ $1,20m < d23 \leq 2,40m$	3C
	3	26(27,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM = 6t E2 = ED, RD, CM = 10t E3 = ED, RD, CM = 10t $d12, d23 > 2,40m$	2S1
	4	31,5(33,1)	CAMINHÃO SIMPLES E1 = ES, RS, CM 6t E2E3E4 = conjunto de eixos em tandem triplo TT; CM = 25,5t $d12 > 2,40$ $1,20m < d23, d34 \leq 2,40m$	4C
	4	29(30,5)	CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais CED, CM = 12t E3E4 = TD, CM = 17t $1,20m < d34 \leq 2,40m$	4CD

Fonte: Adaptado de DNIT (2006).

Assim, a compreensão dos conceitos fundamentais constitui a base principal para a análise, planejamento e dimensionamento adequado da malha viária, servindo como suporte técnico para estudos.

2.2.2. Métodos de Contagem Veicular

Os estudos de contagem veicular podem ser realizados por diferentes métodos e tecnologias, o que irá definir serão os objetivos das análises, a extensão viária e os recursos disponíveis para o estudo

A contagem manual consiste no registro visual dos veículos por observadores posicionados em campo, que anotam as passagens dos veículos em planilhas específicas ou dispositivos eletrônicos. Esse método é amplamente usado em estudo mais pontuais, em áreas urbanas e interseções, proporcionado pelo seu baixo custo e facilidade na aplicação. Porém, está sujeito a falhas humanas, principalmente em fluxos elevados e períodos prolongados de observação, comprometendo a precisão dos dados (DNIT, 2006).

Por sua vez, a contagem automática utiliza de equipamentos instalados na via para registrar o volume de tráfego de forma contínua. Esses sistemas possuem,

edições interrompidas por períodos prolongados, concedendo dados mais precisos do comportamento do tráfego ao longo do tempo, são muito utilizados para cálculo do TMDA (DNIT, 2006; AASHTO, 1993).

Conforme mencionado no DNIT (2006), as contagens c=volumétricas tem por objetivo determinar o volume, o sentido e a composição do tráfego em pontos específicos do sistema viário. Com as informações obtidas, é possível obter análise de capacidade, estudos de congestionamentos e acidentes, além do dimensionamento de pavimentos e projetos de melhorias viárias. Os levantamentos podem ser realizados tanto em trechos entre interseções quanto em interseções, o que permite a identificação dos fluxos ao longo das vias e os movimentos dos veículos.

Os postos de contagem para o levantamento costumam ser classificados em permanentes ou temporários. Postos permanentes usam monitoramento contínuo ao longo do ano, enquanto os temporários possuem uma instalação em período reduzido, geralmente de 24 horas, sendo empregados para estudos pontuais ou complementares. Destaca-se que o período de contagem influencia a confiabilidade dos resultados, para estimativas mais precisas, recomenda-se monitoramento contínuo (DNIT, 2006).

Por fim, ressalta-se a importância da contagem veicular, utilizando-se do método mais adequado à análise, unido a classificação dos veículos para obtenção de dados precisos, pois estimativas inadequadas de tráfego resultam em subdimensionamentos, ocasionando patologias prematuras, ou superdimensionamentos, elevando os custos de forma desnecessária.

2.2.3. Importância da Contagem Veicular

O tráfego de veículos é um dos principais responsáveis pela deterioração de pavimentos, a repetição das cargas transmitida pelos veículos provoca tensões e deformações acumulativas que, ao longo do tempo, resultam em manifestações patológicas, como trincas, deformações permanentes e afundamento da trilha de rodas, é possível analisar essas manifestações na Figura 9. Sendo assim, a estimativa adequada do volume de tráfego, proveniente da contagem veicular, proporciona o dimensionamento eficiente, proporcional ao fluxo atuante (DNIT, 2006).

Figura 9 - Exemplos de Manifestações Patológicas no Pavimento.



Fonte: DNIT (2006).

Dessa forma, não apenas o volume total de veículos deve ser relevante, mas principalmente a composição do tráfego e a distribuição de cargas por eixo, visto que o dano aplicado ao pavimento cresce de maneira não linear com o aumento das cargas aplicadas. (AASHTO, 1993; DNIT, 2006).

Nesse cenário, os estudos de contagem tornam-se essenciais para determinar os fatores de equivalência de carga, através disso é possível converter diferentes tipos de veículos em um número equivalente de repetições em um eixo padrão. Com essa padronização, é possível obter o chamado Número N, que representa o total acumulado de solicitações equivalente ao longo do período de projeto do pavimento, constituindo o parâmetro fundamental nos métodos de dimensionamento adotados no Brasil e internacionalmente (DNIT, 2006). A Figura 10, detalha essa relação.

Figura 10 - Relação Entre Tipos de Eixo e Carga.



Configuração	Distância entre eixos (m)	Qtde. de Eixos	Qtde. de Pneus	Suspensão	Carga máxima autorizada
		1	2		6
		1	4		10
		2	4		12
	Menor que 1,20m	2	6	Especial	9
	De 1,20 a 2,40m	2	6	Especial	13,5
	Maior que 1,20 e menor que 2,40 m	2	8	Tandem	17
				Não Tandem	15
	Maior que 1,20 e menor que 2,40 m	3	12	Tandem	25,5
	Maior que 2,40 m	2	8		20
	Maior que 2,40 m	3	12		30

Fonte: DNIT (2006).

O conhecimento do crescimento do tráfego e da presença de veículos pesados permitem prever a evolução dos níveis de deterioração e estabelecer intervenções em momentos pontuais e tecnicamente adequados, evitando tanto a degradação prematura, quanto gastos excessivos. Portanto, a contagem veicular não se restringe apenas à fase de projeto, mas integra todo o ciclo de vida do pavimento (AASHTO, 1993).

2.3. Cálculo do Número N

O Número N é um dos principais parâmetros utilizados no dimensionamento de pavimentos rodoviários, pois representa o efeito acumulado do tráfego ao longo do período de projeto. De acordo com o Manual de Estudos de Tráfego do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), o Número N corresponde à quantidade equivalente de repetições do eixo padrão de 80 kN que atua sobre o pavimento durante sua vida útil prevista. Em termos práticos, ele traduz a ação combinada dos diferentes tipos de veículos e cargas em um único valor representativo.

Para sua determinação, é necessário, inicialmente, conhecer o volume e a composição do tráfego da via. Esses dados são obtidos por meio de contagens classificatórias, que permitem identificar a participação de veículos leves e pesados, bem como a quantidade e o tipo de eixos presentes. A partir dessas informações, calcula-se o Volume Médio Diário Anual (VMDA), que servirá como base para a estimativa do tráfego futuro.

O procedimento também considera a taxa de crescimento anual do tráfego e o período de projeto adotado. Além disso, aplicam-se os fatores de equivalência de carga, que convertem os diferentes eixos observados em repetições equivalentes do eixo padrão, conforme exemplos mostrados na Figura 11 e Figura 12. Devem ser considerados, ainda, o fator de distribuição direcional e a distribuição do tráfego por faixa, especialmente em rodovias com múltiplas pistas.

Figura 11 - Fatores de Equivalência de Carga da AASHTO.

Tipos de eixo	Equações (P em tf)
Simples de rodagem simples	$FC = (P / 7,77)^{4,32}$
Simples de rodagem dupla	$FC = (P / 8,17)^{4,32}$
Tandem duplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 15,08)^{4,14}$
Tandem triplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 22,95)^{4,22}$

P = Peso bruto total sobre o eixo

Fonte: DNIT (2006).

Figura 12 - Fatores de Equivalência de Carga do USACE.

Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo	0 – 11	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	≥ 11	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem triplo	0 – 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

P = peso bruto total sobre o eixo

Fonte: DNIT (2006).

Os valores de carga por eixo (“P”) podem ser obtidos por meio de pesagens realizadas em balanças fixas ou móveis, seja em campanhas específicas ou em operações rotineiras dos órgãos rodoviários. De forma estimada, também podem ser determinados a partir de pesquisas de Origem e Destino, nas quais se registram os pesos transportados e as taras dos veículos, permitindo a posterior distribuição da carga total pelos respectivos eixos (DNIT, 2006).

2.3.1. Pavimentos Flexíveis

No dimensionamento de pavimentos flexíveis, o parâmetro de tráfego adotado deve ser compatível com o método de cálculo utilizado e fundamentado no conhecimento dos volumes de tráfego, da classificação da frota e das cargas atuantes por eixo. Nesse contexto, utiliza-se o Número N, definido como o total de repetições equivalentes do eixo-padrão de 8,2 t (80 kN) ao longo do período de projeto, cujo efeito estrutural corresponde ao tráfego real previsto para a rodovia. A sua determinação considera a composição veicular, os pesos das cargas transportadas e a distribuição dessas cargas entre os diferentes tipos de eixos, sendo calculado em valores anuais e acumulados com base em projeções de

tráfego. Para isso, são empregados dados provenientes de contagens volumétricas classificatórias, pesagens, pesquisas de origem e destino e estudos sobre a evolução da frota (DNIT, 2006).

No dimensionamento de pavimentos flexíveis, com base no conceito de fator de equivalência de carga, o Número N é determinado pela Equação (2).

$$N = \sum_{a=1}^{a=p} N_a \quad (2)$$

onde:

- N = Número equivalente de aplicações do Eixo Padrão, durante o período de projeto
- a = ano no período de projeto
- p = número de anos do período de projeto
- N_a = Número equivalente de aplicações do Eixo Padrão, durante o ano a

em que:

$$N_a = \sum_{i=1}^{i=k} V_{ia} \cdot FV_i \cdot 365 \cdot c \quad (3)$$

onde:

- i = categoria do veículo, variando de 1 a k
- V_{ia} = Volume de veículos da categoria i , durante o ano a do período de projeto
- c = Percentual de veículos comerciais na faixa de projeto, conforme Quadro 15.5.1/1
- FV_i = Fator de veículo da categoria i

em que:

$$FV_i = \sum_{j=1}^{j=m} FC_j \quad (4)$$

onde:

- j = tipo de eixo, variando de 1 a m

- m = número de eixos do veículo i
- FC_j = fator de equivalência de carga correspondente ao eixo j do veículo i .

No dimensionamento de pavimentos flexíveis, o tráfego adotado para projeto corresponde à faixa mais solicitada da rodovia, pois é nela que ocorre a maior concentração de cargas. Quando não há dados detalhados de distribuição por faixa, podem ser utilizadas estimativas percentuais de veículos comerciais na faixa de cálculo, em relação ao total que circula nos dois sentidos. Os veículos leves, geralmente não são considerados nessa etapa, uma vez que possuem baixo fator de equivalência de carga e pequena influência na deterioração estrutural do pavimento (DNIT, 2006).

Para a determinação do Número N , calcula-se inicialmente o volume de tráfego de cada categoria de veículo comercial ano a ano, ao longo de todo o período de projeto, aplicando-se as respectivas taxas de crescimento. Esses valores são organizados em tabela, contendo os volumes médios diários anuais para cada classe de veículo em cada ano considerado. Posteriormente, determinam-se os fatores de veículo correspondentes a cada categoria e calcula-se o valor anual de solicitações equivalentes (N_a). Por fim, realiza-se o somatório acumulado desses valores ao longo dos anos de projeto, sendo o Número N o total acumulado no período analisado (DNIT, 2006).

2.3.2. Efeitos das cargas por eixo no modelo HDM

O modelo HDM, desenvolvido pelo Banco Mundial, é amplamente utilizado por órgãos rodoviários para a avaliação econômica de rodovias. Nesse modelo, o efeito do tráfego sobre o pavimento é representado pelo ESALF (Equivalent Standard Axle Load Factor), que corresponde ao número de repetições equivalentes de um eixo simples de 8,2 t capazes de produzir o mesmo dano que determinado veículo. O cálculo do ESALF é realizado de forma semelhante ao Fator de Veículo (FV), considerando a soma dos efeitos individuais dos eixos que compõem cada tipo de veículo (DNIT, 2006). Na Figura 13, é possível verificar esses valores.

Figura 13 - Valores de ESALF para diferentes eixos

Valores de ESALF para diferentes eixos	
Simplex Rodagem Simplex	$ESALF = (P/6,6)^4$
Simplex Rodagem Dupla	$ESALF = (P/8,16)^4$
Tandem Duplo Rodagem Dupla	$ESALF = 2(P/7,55)^4$
Tandem Triplo Rodagem Dupla	$ESALF = 3(P/7,63)^4$
P = Peso por eixo em toneladas Peso Total do Conjunto Tandem, dividido por 2 para Tandem Duplo e por 3 para Tandem Triplo	

Fonte: DNIT (2006).

A partir da aplicação dos limites legais de peso por eixo e por veículo vigentes no Brasil — desconsiderando as margens de tolerância permitidas — foram determinados os valores máximos dos Fatores de Veículo (FV), apresentando na Figura 14, segundo os métodos da USACE e da AASHTO. Também foram calculados os valores correspondentes de ESALF para os principais tipos de veículos em circulação. Esses resultados encontram-se sistematizados no quadro específico, contemplando as configurações veiculares mais comuns (DNIT, 2006).

Figura 14 - Fatores de Veículos (Carregamentos Máximos).

Tipo	Veículo	Composição	FV USACE	FV AASHTO	ESALF	PESO TOTAL
2C	Caminhão médio	ESRS-6 + ESRD-10	3,567	2,722	2,938	16,0
3C	Caminhão Pesado	ESRS-6 + ETD-17	8,827	1,970	3,896	23,0
4C	Caminhão Pesado	ESRS-6 + ETT-25,5	9,578	1,887	5,304	31,5
2S1	Semi-reboque	ESRS-6 + 2ESRD-10	6,857	5,116	5,194	26,0
2S2	Semi-reboque	ESRS-6 + ESRD-10 + ETD-17	12,116	4,364	6,152	33,0
2S3	Semi-reboque	ESRS-6 + ESRD-10 + ETT-25,5	12,867	4,282	7,559	41,5
3S2	Semi-reboque	ESRS-6 + 2ETD-17	17,376	3,612	7,109	40,0
3S3	Semi-reboque	ESRS-6 + ETD-17 + ETT-22	12,908	2,806	6,456	45,0
2C2	Reboque	ESRS-6 + 3ESRD-10	10,146	7,511	7,449	36,0
2C3	Reboque	ESRS-6 + 2ESRD-10 + ETD-17	15,406	6,759	8,407	43,0
3C2	Reboque	ESRS-6 + ETD-17 + 2ESRD-10	15,406	6,759	8,407	43,0
3C3	Reboque	ESRS-6 + 2ETD-14,5 + ESRD-10	10,714	4,422	6,340	45,0
ESRS-6 – Eixo Simplex com Rodagem Simplex com Peso de 6 toneladas ESRD-10 – Eixo Simplex com Rodagem Dupla com Peso de 10 toneladas ETD-17 – Eixo Tandem Duplo com Peso de 17 toneladas ETT-25,5 – Eixo Tandem Triplo com peso de 25,5 toneladas						

Fonte: DNIT (2006).

2.4. Levantamento Visual Contínuo (LVC)

O Levantamento Visual Contínuo (LVC) consiste em um método de avaliação funcional dos pavimentos flexíveis baseado na identificação e registro dos defeitos superficiais observados ao longo da via. Regulamentado pela norma DNIT

Por essas características, o procedimento é amplamente empregado em SGP tanto para aplicações em níveis de rede quanto para estudo em trechos específicos, isso se deve devido a possibilidade de permitir a avaliação contínua de segmentos homogêneos em um tempo de execução menor quando comparado a métodos amostrais mais detalhados, por isso, segue sendo amplamente utilizado em Sistemas de Gerência de Pavimentos rodoviários no Brasil. (DNIT, 2011; Bernucci et al., 2022).

Os dados obtidos durante o levantamento permitem a determinação de índices que representam a condição superficial do pavimento, destacando-se o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE), o Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF) e o Índice de Estado de Superfície (IES), utilizados para classificar tecnicamente os trechos avaliados.

2.4.1. Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE)

O Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) é um parâmetro utilizado para quantificar a gravidade dos defeitos observados durante o LVC. Seu objetivo é transformar informações qualitativas obtidas em campo em um indicador numérico capaz de representar o estado superficial do pavimento, permitindo a comparação entre diferentes segmentos e auxiliando na definição de prioridades de intervenção.

De acordo com a norma DNIT 008/2003 – PRO, o cálculo do IGGE baseia-se na frequência de ocorrência dos defeitos identificados ao longo do trecho avaliado. Inicialmente, os defeitos observados são agrupados em categorias específicas e classificados conforme sua frequência relativa de ocorrência. Essa frequência é determinada pela razão entre o número de estações em que determinado defeito foi registrado e o número total de estações avaliadas.

O valor do IGGE é obtido pelas frequências médias registradas pelos pesos atribuídos a cada um desses grupos, conforme a Equação 1.

$$IGGE = (P_t \times F_t) + (P_{oap} \times F_{oap}) + (P_{pr} \times F_{pr}) \quad (1)$$

Onde:

- F_t e P_t = Frequência e Peso do conjunto de trincas;
- F_{oap} e P_{oap} = Frequência e Peso do conjunto de deformações;

- Fpr e Ppr = Frequência (quantidade por km) e Peso do conjunto de placas e remendos

Os pesos atribuídos aos defeitos são definidos em função da relação entre sua gravidade e a frequência média de ocorrência observada no pavimento. Dessa forma, defeitos classificados com frequência alta, média e baixa recebem indicadores de gravidade iguais a 3, 2 e 1, respectivamente, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Gravidade e Peso dos Defeitos

Tabela 1 – Gravidade e Fatores dos Defeitos				
Painéis (P) e Remendos				
Frequência	Fator F _{pr} (Quant./Km)	Gravidade	P _{pr}	
A – Alta	≥ 5	3	1,00	
M – Média	2 - 5	2	0,80	
B - Baixa	≤ 2	1	0,70	
Demais defeitos				
Frequência	Fator F _t e F _{poap} (%)	Gravidade	P _t	P _{oap}
A – Alta	≥ 5	3	0,65	1,00
M – Média	2 - 5	2	0,45	0,70
B - Baixa	≤ 2	1	0,30	0,60

Fonte: Adaptado (DNIT 008/2003 – PRO)

Quanto maior o valor do IGGE, maior é a gravidade dos defeitos presentes no segmento avaliado e, conseqüentemente, pior tende a ser a condição superficial do pavimento. Dessa forma, o índice constitui uma importante ferramenta para a avaliação funcional dos pavimentos, servindo de base para a determinação do Índice de Estado de Superfície (IES) e para a definição das estratégias de manutenção e reabilitação mais adequadas.

2.4.2. Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF)

O Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF) é um parâmetro utilizado para representar, de forma qualitativa, a condição superficial de um pavimento flexível a partir das observações realizadas durante o LVC. Diferentemente do IGGE, que considera a frequência e a gravidade dos defeitos observados, o ICPF busca expressar a percepção geral do estado da superfície de rolamento.

O ICPF é obtido por meio da avaliação das condições funcionais do pavimento, levando em consideração aspectos como a ocorrência de trincas, afundamentos,

panelas, remendos e demais defeitos capazes de comprometer o conforto e a segurança dos usuários (DNIT, 2003). A atribuição do índice é realizada por avaliadores treinados, que classificam cada segmento de acordo com critérios previamente definidos.

O índice varia de 0 a 5, sendo que os maiores valores correspondem às melhores condições de conservação da superfície e os menores valores indicam pavimentos em estado mais avançado de deterioração. A classificação do ICPF é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Conceitos do ICPF.

Conceito	Descrição	ICPF
Ótimo	Necessita apenas de conservação rotineira	5 - 4
Bom	Aplicação de lama asfáltica: Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas.	4 - 3
Regular	Correção de pontos localizados ou recapeamento: pavimento trincado, com “panelas” e remendos pouco frequentes e com irregularidade longitudinal ou transversal	3 - 2
Ruim	Recapeamento com correções prévias: defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas – remendos superficiais ou profundos.	2 - 1
Péssimo	Reconstrução: defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas – infiltração de água e descompactação da base.	1 - 0

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO

A utilização do ICPF complementa a análise quantitativa fornecida pelo IGGE, permitindo uma avaliação mais abrangente da condição superficial do pavimento. Dessa forma, ambos os índices são empregados conjuntamente na determinação do Índice de Estado de Superfície (IES), utilizado para classificar tecnicamente os segmentos avaliados.

2.4.3. Índice de Estado de Superfície (IES)

O Índice de Estado de Superfície (IES) consiste em um indicador utilizado para representar, de forma consolidada, a condição funcional dos pavimentos flexíveis. O índice é obtido a partir da combinação dos resultados do IGGE e do ICPF, permitindo uma avaliação mais abrangente do estado da superfície de rolamento.

A utilização conjunta desses índices possibilita considerar tanto a gravidade e frequência dos defeitos observados quanto a condição geral do pavimento avaliada durante a inspeção. Dessa forma, o IES fornece uma classificação que sintetiza as condições superficiais do trecho analisado, servindo como importante ferramenta para a tomada de decisão em atividades de manutenção e reabilitação.

Os valores do IES são determinados a partir da correlação entre os resultados obtidos para o IGGE e o ICPF, conforme os critérios estabelecidos pelo DNIT. A partir dessa combinação, o pavimento pode ser enquadrado em diferentes níveis de condição, variando de Ótimo a Péssimo. A classificação utilizada para interpretação do índice é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificações do IES.

Descrição	IES	Código	Conceito
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	Ótimo
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	Bom
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	Regular
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	Ruim
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	Péssimo
$IGGE > 90$	10		

Fonte: DNIT 008/PRO (2003)

Por reunir informações relacionadas tanto à ocorrência dos defeitos quanto à condição funcional da superfície, o IES é amplamente empregado em Sistemas de Gerência de Pavimentos, auxiliando na identificação de segmentos prioritários para

intervenção e no planejamento das atividades de conservação da infraestrutura viária.

2.4.4. Manifestações Patológicas em Pavimentos Flexíveis

As manifestações patológicas correspondem aos defeitos observados na superfície dos pavimentos flexíveis e semirrígidos ao longo de sua vida útil, resultantes da ação repetitiva das cargas de tráfego, das condições ambientais, do envelhecimento dos materiais e de eventuais deficiências de projeto, execução ou manutenção. A identificação e a classificação dessas ocorrências são fundamentais para a avaliação das condições funcionais do pavimento, permitindo diagnosticar seu estado de conservação e subsidiar a definição de intervenções de manutenção e reabilitação (DNIT, 2003).

A Norma DNIT 005/2003 – TER estabelece a terminologia oficial para os defeitos superficiais observados em pavimentos flexíveis e semirrígidos, padronizando sua identificação e classificação. Entre as principais manifestações patológicas previstas pela norma destacam-se as fendas, os afundamentos, as ondulações, as panelas, a exsudação, o desgaste, os remendos e os escorregamentos (DNIT, 2003).

As fendas correspondem a qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, abrangendo desde fissuras até diferentes tipos de trincas. Dentre essas manifestações, destaca-se a trinca tipo couro de jacaré, caracterizada por um conjunto de trincas interligadas que delimitam pequenos polígonos semelhantes ao couro de um jacaré. Esse defeito está normalmente associado à fadiga estrutural do pavimento, decorrente da repetição das cargas de tráfego, indicando comprometimento da capacidade estrutural da estrutura (DNIT, 2003; Bernucci et al., 2022).

Os afundamentos consistem em deformações permanentes da superfície do pavimento, manifestando-se como depressões localizadas, geralmente nas trilhas de roda. Segundo a classificação da DNIT, esses defeitos podem ocorrer em decorrência da deformação plástica das camadas do pavimento ou da consolidação das camadas inferiores e do subleito, comprometendo a qualidade de rolamento e favorecendo o acúmulo de água sobre a pista (DNIT, 2003).

As ondulações caracterizam-se pela formação de deformações sucessivas na superfície do pavimento, conferindo-lhe um aspecto ondulado. Esse defeito está geralmente relacionado à instabilidade das misturas asfálticas ou das camadas inferiores do pavimento, sendo frequentemente observado em locais sujeitos a acelerações, frenagens e intenso tráfego de veículos pesados (DNIT, 2003).

Embora a DNIT 005/2003 – TER contemple diversos tipos de manifestações patológicas, neste trabalho destacaram-se principalmente as trincas do tipo couro de jacaré, os afundamentos e as ondulações, por constituírem os defeitos de maior ocorrência durante o Levantamento Visual Contínuo realizado nos trechos analisados da Avenida Perimetral. Essas manifestações serviram de base para a determinação dos índices de condição superficial apresentados posteriormente nos resultados desta pesquisa (DNIT, 2003).

2.5. Velocidade média

Nos estudos desenvolvidos sobre a engenharia de tráfego, um dos principais parâmetros utilizados é a velocidade dos veículos, pois está diretamente relacionada às condições operacionais das vias e ao comportamento do fluxo veicular. A análise desse parâmetro permite compreender aspectos ligados à fluidez, segurança e desempenho da circulação, fornecendo informações importantes para o planejamento e operação dos sistemas viários (DNIT, 2006).

De acordo com a Companhia de Engenharia de Tráfego (1982), os estudos de velocidade podem ser realizados por diferentes métodos de coleta e processamento de dados, possibilitando a obtenção de parâmetros representativos das condições de circulação em determinados trechos viários. A análise da velocidade torna-se uma ferramenta importante para estudos operacionais, avaliações de tráfego e suporte às intervenções na infraestrutura viária.

2.5.1. Métodos de Determinação da Velocidade Média

Nos estudos de tráfego, a determinação da velocidade pode ser realizada por diferentes métodos de coleta de dados, variando conforme os objetivos da análise, as características da via e os recursos disponíveis. Entre os métodos mais utilizados destacam-se os levantamentos por radar, sensores automáticos, veículos-teste e medições por bases curtas ou bases longas (CET, 1982).

Conforme orientado pela CET (1982), o método das bases longas, consiste na obtenção da velocidade a partir do tempo gasto pelo veículo para percorrer uma distância previamente conhecida entre dois pontos da via. Esse procedimento possibilita resultados mais representativos das condições reais de circulação do trecho analisado, reduzindo interferências causadas por acelerações e desacelerações momentâneas dos veículos.

A aplicação desse método exige a definição adequada da extensão da base de medição, além do correto posicionamento dos observadores responsáveis pelo registro dos tempos de percurso. A confiabilidade dos dados obtidos também está relacionada às condições de visibilidade, ao volume de tráfego e à padronização da coleta em campo (CET, 1982).

2.5.2. Relação entre Velocidade, Tráfego e Condições da Via

De acordo com a Companhia de Engenharia de Tráfego – CET (1982), a velocidade pode ser definida de diferentes formas, destacando-se a velocidade pontual, a velocidade média no tempo e a velocidade média no espaço. A velocidade pontual corresponde à velocidade do veículo no instante em que passa por um ponto específico da via, enquanto a velocidade média no tempo representa a média aritmética das velocidades registradas em determinada seção. Já a velocidade média no espaço corresponde à relação entre a distância percorrida e o tempo médio gasto no percurso ao longo de um trecho.

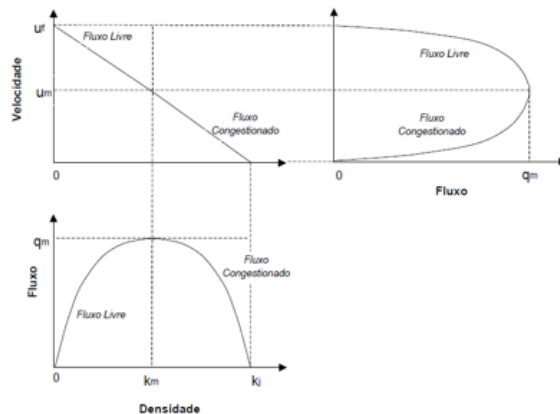
À medida que o volume de tráfego aumenta, ocorre uma redução gradual da velocidade média dos veículos devido à diminuição da liberdade de manobra e ao aumento das interações entre os usuários da via. Em condições de maior saturação do fluxo, os condutores tendem a adaptar sua velocidade em função das limitações impostas pela circulação dos demais veículos (HCM, 2016)

A composição do tráfego também exerce influência significativa sobre a velocidade operacional das vias. A presença de veículos pesados, como caminhões e ônibus, altera a dinâmica do fluxo em razão das diferenças de aceleração, frenagem e desempenho operacional, principalmente em vias urbanas com elevados volumes de tráfego misto (AASHTO, 2018).

Por fim, as condições físicas da via também influenciam na velocidade. Irregularidades na superfície do pavimento, defeitos funcionais, condições de

drenagem e geometria inadequada podem reduzir o conforto e a segurança dos usuários, levando os condutores a diminuírem a velocidade de circulação (Bernucci et al., 2022). Observe a Figura 16.

Figura 16 - Relação entre volume de tráfego, capacidade e velocidade.



Fonte: Adaptado de CET (1982).

Os estudos de velocidade interrelacionados às características do tráfego e da infraestrutura viária tornam-se importantes ferramentas para análises operacionais, avaliações de desempenho e identificação de alterações nas condições de circulação ao longo do tempo.

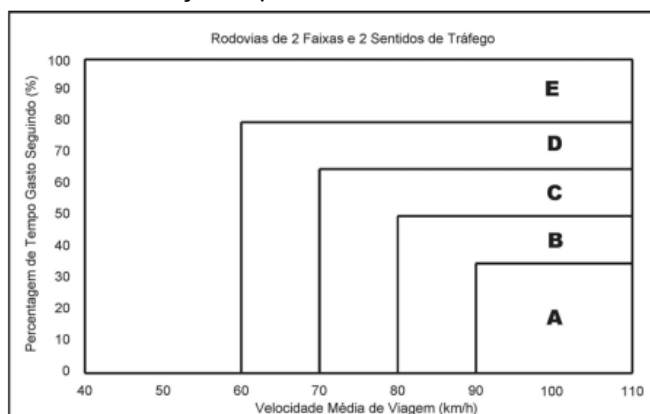
2.5.3. Importância da Velocidade Média

A velocidade média constitui um importante parâmetro para a análise operacional de vias urbanas e rodoviárias, pois permite avaliar as condições de fluidez do tráfego e o desempenho da circulação veicular ao longo de um trecho. Os estudos desse indicador fornecem informações relevantes sobre as condições reais de deslocamento dos veículos, permitindo avaliar os efeitos causados por interferências operacionais, presença de cruzamentos, intensidade do tráfego e características geométricas da via (CET, 1982).

Além das análises operacionais, a velocidade média também está relacionada às condições da infraestrutura e ao conforto dos usuários. Variações significativas de velocidade ao longo de um trecho podem indicar problemas associados à capacidade da via, à presença de defeitos no pavimento ou a alterações nas condições do tráfego, contribuindo para diagnósticos mais detalhados sobre o desempenho da malha viária (HCM, 2016).

No contexto da engenharia de transportes, os estudos de velocidade média auxiliam no desenvolvimento de estratégias voltadas à melhoria da fluidez, segurança e eficiência operacional das vias, além de fornecerem subsídios técnicos para futuras intervenções e avaliações comparativas das condições de circulação ao longo do tempo. A Figura 17 mostra a relação existente entre a condição da via e a velocidade média.

Figura 17 - Influência das condições operacionais da via na velocidade média do tráfego.



Fonte: DNIT (2006).

3. MÉTODO

Neste capítulo são descritos os aspectos gerais via arterial urbana analisada, bem como dos segmentos selecionados para compor o estudo, além do método empregado na pesquisa. Apresentam-se as particularidades da via avaliada e os critérios técnicos utilizados para condução dos trabalhos. A obtenção e o tratamento das informações são organizados em etapas sequenciais, contemplando: identificação e codificação dos trechos, levantamento e inventário da malha viária, aplicação de formulários em campo e registro dos dados, contagem veicular classificada, cálculo do número N, cálculo da velocidade média e o levantamento visual contínuo.

3.1. Caracterização da área de estudo

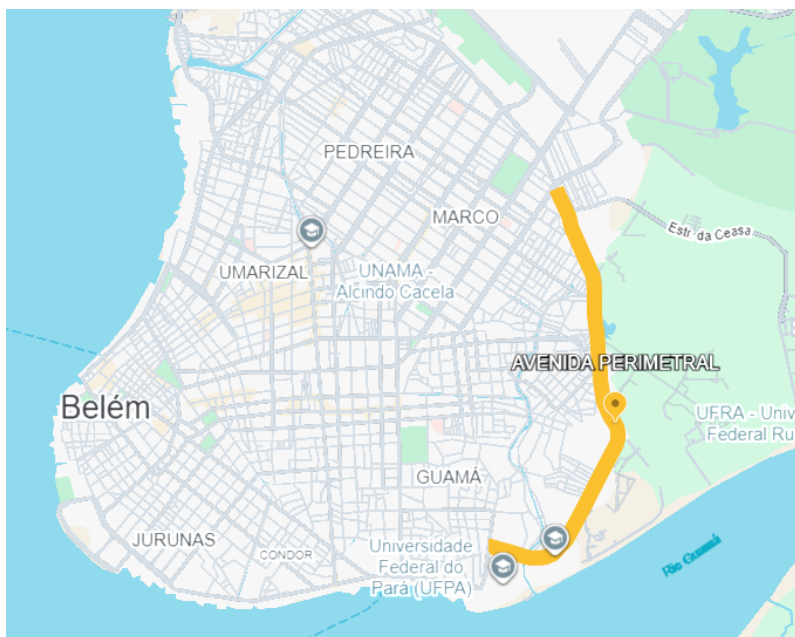
3.1.1. Avenida Perimetral

A Avenida Perimetral é classificada como via arterial, exercendo função estrutural na mobilidade urbana de Belém por conectar bairros estratégicos e atender ao tráfego de veículos particulares, transporte coletivo e veículos de carga. Ao longo de sua extensão, a Avenida Perimetral conecta os bairros do Curió-Utinga, Marco, Terra Firme e Guamá, estabelecendo ligação entre áreas residenciais, instituições de ensino e pesquisa e importantes equipamentos urbanos da cidade.

A Avenida Perimetral também funciona como importante via de acesso a diversos pontos de grande circulação na cidade. Entre eles, destacam-se a Estrada da Ceasa, a Embrapa, o campus de pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, a Eletronorte e a Escola de Aplicação da UFPA. Além disso, a via atende diretamente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e à Universidade Federal do Pará (UFPA), instituições que concentram grande parte da demanda de usuários do transporte coletivo que circula pela avenida.

Segundo a Secretaria Municipal de Segurança, Ordem Pública e Mobilidade de Belém (SEGBEL), atualmente 26 linhas de ônibus distintas circulam diariamente pela Avenida Perimetral, das quais 7 atendem especificamente ao trecho compreendido entre a UFPA e a UFRA (SEGBEL, 2021). A localização da área de estudo é apresentada na Figura 18.

Figura 18 - Avenida Perimetral.



Fonte: Adaptado do Google Earth pelos autores (2026).

3.1.2. Avenida Liberdade

Com aproximadamente 14 km de extensão, a Avenida Liberdade conecta a Avenida Perimetral, em Belém, à rodovia Alça Viária, atravessando áreas estratégicas da Região Metropolitana e consolidando um novo eixo estruturante de mobilidade. Seu traçado é apresentado na Figura 19. Concebida como a primeira via expressa do estado, foi planejada para operar sem semáforos, lombadas ou cruzamentos em nível, assegurando maior fluidez e continuidade ao tráfego. Sua implantação contempla três faixas de rolamento por sentido, ciclofaixas, acostamentos de 2,5 metros, iluminação em LED com alimentação por energia solar e pavimento ecológico na ciclovia, evidenciando a adoção de soluções voltadas à eficiência operacional e à sustentabilidade. A nova infraestrutura beneficiará diretamente os municípios de Belém, Ananindeua e Marituba, além de ampliar a conexão com o sul do estado, o Porto de Vila do Conde e a região do Baixo Tocantins. (O LIBERAL, 2025).

Figura 19 - Avenida Liberdade.

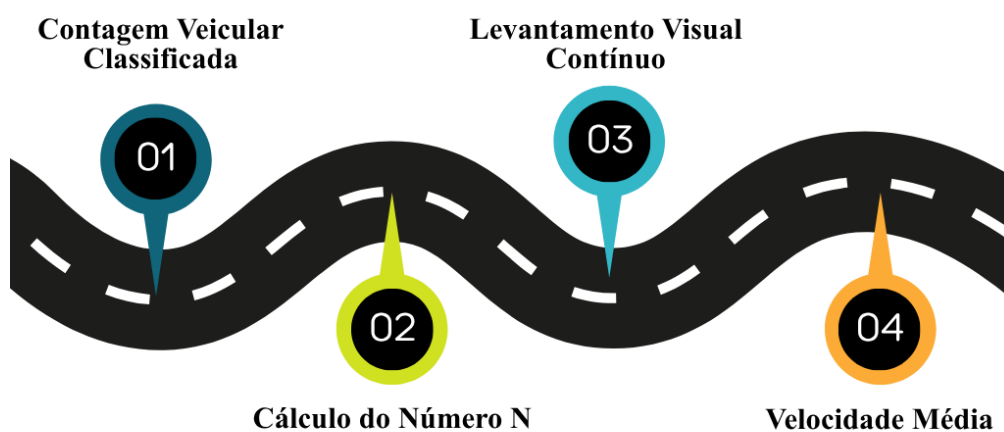


Fonte: Adaptado do Google Earth pelos autores (2026).

3.2. Descrição do método

A seguir, na Figura 20, é apresentado um fluxograma que ilustra as etapas do método utilizado nesse estudo.

Figura 20 - Fluxograma do Método.



Fonte: Autores (2026).

3.2.1. Contagem Veicular Classificada

A contagem veicular classificada foi realizada com o objetivo de caracterizar o volume e a composição do tráfego na via em estudo, permitindo a análise do comportamento da demanda ao longo dos períodos de maior movimentação. O

levantamento ocorreu durante quatro dias distintos, contemplando quatro horas consecutivas por dia, de modo a abranger os picos da manhã e da tarde, considerados representativos das condições mais críticas de operação.

A coleta de dados foi efetuada nos quatro trechos definidos para o estudo, compreendendo: Trecho 1 (Avenida Liberdade → UFRA), Trecho 2 (UFRA → Avenida Liberdade), Trecho 3 (Avenida Liberdade → UFPA) e Trecho 4 (UFPA → Avenida Liberdade). Essa divisão permitiu a análise comparativa dos fluxos veiculares em cada segmento da via. Os veículos foram classificados em categorias (automóveis, motocicletas, ônibus, caminhões leves e caminhões pesados), possibilitando a determinação do volume total e da participação percentual de cada tipo de veículo.

As contagens foram realizadas por meio da análise de imagens provenientes de câmeras de monitoramento, cedidas pelo Centro Integrado de Operações (CIOP), cuja colaboração foi essencial para a realização do levantamento, possibilitando a identificação e a classificação dos veículos em cada sentido de circulação durante os períodos analisados.

As informações obtidas durante a análise das imagens foram registradas em planilhas de contagem elaboradas para o levantamento, nas quais foram contabilizados os volumes de veículos por categoria, sentido de circulação e intervalo de tempo. Em virtude de a coleta ter sido realizada em quatro dias distintos, foi utilizada uma planilha específica para cada dia de contagem. Os modelos dessas planilhas são apresentados nas Tabela 4, Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7.

Tabela 4 - Planilha para contagem trecho 1.

TRECHO 1									
MANHÃ - TERÇA FEIRA 03/03/2026					TARDE - QUARTA FEIRA 04/03/2026				
HORA	VEÍCULO				HORA	VEÍCULO			
	AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS		AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS
07:30 - 07:45					14:00 - 14:15				
07:45 - 08:00					14:15 - 14:30				
08:00 - 08:15					14:30 - 14:45				
08:15 - 08:30					14:45 - 15:00				
08:30 - 08:45					15:00 - 15:15				
08:45 - 09:00					15:15 - 15:30				
09:00 - 09:15					15:30 - 15:45				
09:15 - 09:30					15:45 - 16:00				
09:30 - 09:45					16:00 - 16:15				
09:45 - 10:00					16:15 - 16:30				
10:00 - 10:15					16:30 - 16:45				
10:15 - 10:30					16:45 - 17:00				
10:30 - 10:45					17:00 - 17:15				
10:45 - 11:00					17:15 - 17:30				
11:00 - 11:15					17:30 - 17:45				
11:15 - 11:30					17:45 - 18:00				

Fonte: Autores (2026).

Tabela 5 - Planilha para contagem trecho 2.

TRECHO 2										
MANHÃ - TERÇA FEIRA 03/03/2026						TARDE - QUARTA FEIRA 04/03/2026				
HORA	VEÍCULO					HORA	VEÍCULO			
	AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS		AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS
07:30 - 07:45						14:00 - 14:15				
07:45 - 08:00						14:15 - 14:30				
08:00 - 08:15						14:30 - 14:45				
08:15 - 08:30						14:45 - 15:00				
08:30 - 08:45						15:00 - 15:15				
08:45 - 09:00						15:15 - 15:30				
09:00 - 09:15						15:30 - 15:45				
09:15 - 09:30						15:45 - 16:00				
09:30 - 09:45						16:00 - 16:15				
09:45 - 10:00						16:15 - 16:30				
10:00 - 10:15						16:30 - 16:45				
10:15 - 10:30						16:45 - 17:00				
10:30 - 10:45						17:00 - 17:15				
10:45 - 11:00						17:15 - 17:30				
11:00 - 11:15						17:30 - 17:45				
11:15 - 11:30						17:45 - 18:00				

Fonte: Autores (2026).

Tabela 6 - Planilha para contagem trecho 3

TRECHO 3										
MANHÃ - TERÇA FEIRA 24/02/2026						TARDE - QUINTA FEIRA 26/03/2026				
HORA	VEÍCULO					HORA	VEÍCULO			
	AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS		AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS
07:30 - 07:45						14:00 - 14:15				
07:45 - 08:00						14:15 - 14:30				
08:00 - 08:15						14:30 - 14:45				
08:15 - 08:30						14:45 - 15:00				
08:30 - 08:45						15:00 - 15:15				
08:45 - 09:00						15:15 - 15:30				
09:00 - 09:15						15:30 - 15:45				
09:15 - 09:30						15:45 - 16:00				
09:30 - 09:45						16:00 - 16:15				
09:45 - 10:00						16:15 - 16:30				
10:00 - 10:15						16:30 - 16:45				
10:15 - 10:30						16:45 - 17:00				
10:30 - 10:45						17:00 - 17:15				
10:45 - 11:00						17:15 - 17:30				
11:00 - 11:15						17:30 - 17:45				
11:15 - 11:30						17:45 - 18:00				

Fonte: Autores (2026).

Tabela 7 - Planilha para contagem trecho 4.

TRECHO 4										
MANHÃ - TERÇA FEIRA 24/02/2026						TARDE - QUINTA FEIRA 26/03/2026				
HORA	VEÍCULO					HORA	VEÍCULO			
	AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS		AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS
07:30 - 07:45						14:00 - 14:15				
07:45 - 08:00						14:15 - 14:30				
08:00 - 08:15						14:30 - 14:45				
08:15 - 08:30						14:45 - 15:00				
08:30 - 08:45						15:00 - 15:15				
08:45 - 09:00						15:15 - 15:30				
09:00 - 09:15						15:30 - 15:45				
09:15 - 09:30						15:45 - 16:00				
09:30 - 09:45						16:00 - 16:15				
09:45 - 10:00						16:15 - 16:30				
10:00 - 10:15						16:30 - 16:45				
10:15 - 10:30						16:45 - 17:00				
10:30 - 10:45						17:00 - 17:15				
10:45 - 11:00						17:15 - 17:30				
11:00 - 11:15						17:30 - 17:45				
11:15 - 11:30						17:45 - 18:00				

Fonte: Autores (2026).

O método adotado permitiu a obtenção de dados confiáveis para o cálculo do Volume Médio Horário, do Volume de Pico e do Número N, dando suporte às etapas seguintes do estudo, como a avaliação da capacidade da via e das condições de nível de serviço. Dessa maneira, a contagem veicular classificada se caracteriza como etapa essencial para a correta caracterização das condições operacionais do trecho em análise.

3.2.2. Cálculo do Número N

O cálculo do Número N foi realizado conforme os procedimentos estabelecidos no Manual de Estudos de Tráfego do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), utilizando os dados obtidos por meio da contagem veicular classificada realizada na Avenida Perimetral. O procedimento teve como objetivo estimar o número equivalente de solicitações do eixo padrão de 8,2 toneladas para cada um dos quatro trechos analisados, permitindo avaliar a solicitação estrutural imposta ao pavimento pelo tráfego de veículos comerciais.

Os volumes de tráfego empregados no cálculo foram obtidos a partir da contagem veicular classificada realizada nos quatro trechos definidos para o estudo, contemplando ambos os sentidos de circulação da via. Os veículos foram classificados nas categorias automóveis, motocicletas, ônibus, caminhões de dois eixos e caminhões de três ou mais eixos. Para a determinação do Número N, foram considerados apenas os veículos comerciais (ônibus e caminhões), em razão de sua maior contribuição para as solicitações estruturais atuantes sobre o pavimento.

Inicialmente, os volumes de veículos comerciais registrados durante o período de quatro horas foram extrapolados para o Volume Diário Médio (VDM), adotando-se a premissa de que o volume observado correspondesse a um terço do tráfego diário. Em seguida, os diferentes tipos de veículos comerciais foram convertidos em solicitações equivalentes ao eixo padrão de 8,2 toneladas por meio dos fatores de equivalência de carga propostos pelo United States Army Corps of Engineers (USACE), conforme recomendado pelo Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006). Para esse procedimento, considerou-se que todos os veículos trafegavam com a carga máxima legalmente permitida por eixo, adotando-se uma condição conservadora para a estimativa das solicitações estruturais.

A partir dos volumes diários equivalentes foi determinado o fator de veículo (FV) correspondente a cada trecho, possibilitando o cálculo do Número N para um período de projeto de 10 anos. A memória de cálculo foi organizada de forma a apresentar, para cada trecho analisado, o Volume Diário Médio de veículos comerciais, o fator de veículo (FV) e o respectivo Número N.

A sequência metodológica empregada para a determinação do Número N é apresentada na Figura 21.

Figura 21 – Fluxograma para número N.



Fonte: Autores (2026).

3.2.3. Levantamento Visual Contínuo

O Levantamento Visual Contínuo foi realizado conforme as diretrizes estabelecidas na Norma DNIT 008/2003 – PRO – Levantamento Visual Contínuo para Avaliação da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos – Procedimento, emitida pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), que fixa os procedimentos para avaliação da superfície de pavimentos por meio do método LVC.

A inspeção abrangeu quatro trechos de 1 km de extensão, denominados Trechos 1, 2, 3 e 4, totalizando 4 km da Avenida Perimetral. Dois trechos foram definidos a montante e dois a jusante do acesso à Avenida Liberdade, contemplando ambos os sentidos de circulação. O levantamento foi realizado por meio de inspeção embarcada em veículo, conduzido pelo professor orientador da pesquisa, percorrendo-se todos os trechos a uma velocidade constante de

aproximadamente 40 km/h, em conformidade com as recomendações da Norma DNIT 008/2003 – PRO.

Durante o percurso, cada um dos autores realizou, de forma independente, o registro das manifestações patológicas observadas em todos os trechos analisados. Dessa forma, foram obtidas duas avaliações para cada segmento inspecionado, permitindo a comparação entre os registros e reduzindo a influência da subjetividade inerente ao método de inspeção visual.

Após a conclusão do levantamento, os registros obtidos em campo foram utilizados para a determinação dos indicadores de condição superficial do pavimento, conforme os procedimentos estabelecidos na Norma DNIT 008/2003 – PRO. Inicialmente, foi calculado o Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF), obtido pela média das avaliações realizadas pelos autores para cada trecho. Em seguida, foi determinado o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE), considerando os fatores de frequência e os pesos de ponderação atribuídos às manifestações patológicas observadas, conforme estabelecido pela norma. Por fim, o Índice de Estado da Superfície (IES) foi obtido a partir da associação entre os valores de ICPF e IGGE, permitindo a classificação objetiva das condições superficiais do pavimento em cada trecho analisado. Os trechos percorridos durante a inspeção são apresentados na

Figura 22.

Figura 22 - Trechos.



Fonte: Adaptado do Google Earth pelos autores (2026).

3.2.4. Velocidade Média

O estudo da velocidade média foi realizado com a finalidade de caracterizar as condições operacionais da Avenida Perimetral, permitindo analisar o comportamento do fluxo veicular nos trechos selecionados. A determinação desse parâmetro será realizada por meio do método das bases longas conforme procedimentos descritos pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET, 1982).

O levantamento abrangeu os mesmos segmentos definidos para a contagem veicular e para o Levantamento Visual Contínuo, permitindo a integração entre as informações de tráfego, condições do pavimento e desempenho operacional da via. Os dados obtidos possibilitarão a análise comparativa, contribuindo para a caracterização das condições atuais de mobilidade da Avenida Perimetral antes da inauguração da Avenida Liberdade.

Dessa forma, o estudo da velocidade média servirá como suporte para futuras análises relacionadas aos impactos da nova configuração viária sobre o comportamento do tráfego urbano.

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta a aplicação prática da metodologia proposta nesta pesquisa, contemplando a análise dos dados obtidos em campo a partir dos levantamentos realizados na Avenida Perimetral antes da inauguração da Avenida Liberdade, em Belém (PA). Os resultados são apresentados e discutidos de forma integrada, buscando relacionar as condições do pavimento, as características do tráfego e o comportamento operacional da via.

As análises desenvolvidas neste capítulo permitem caracterizar as condições operacionais da Avenida Perimetral antes da entrada em funcionamento da Avenida Liberdade, constituindo uma base técnica para futuras comparações acerca dos impactos da nova configuração viária sobre o tráfego e o desempenho funcional do pavimento.

4.1. Contagem Veicular

Os resultados da contagem veicular classificada realizada nos quatro trechos da Avenida Perimetral são apresentados neste tópico. As contagens contemplaram as categorias automóveis, motocicletas, ônibus, caminhões de 2 eixos e caminhões de 3 ou mais eixos, em ambos os sentidos de circulação, utilizando os registros do sistema de monitoramento do Centro Integrado de Operações (CIOP). As coletas foram realizadas nos períodos da manhã (07h30 às 11h30) e da tarde (14h00 às 18h00). A Tabela 8 apresenta um resumo geral das contagens realizadas.

Tabela 8 - Volume total de veículos por período e trecho.

Trecho	Manhã	Tarde	Total
Trecho 1	3919 veic.	3939 veic.	7858 veic.
Trecho 2	4333 veic.	2949 veic.	7282 veic.
Trecho 3	4699 veic.	2536 veic.	7235 veic.
Trecho 4	3475 veic.	3620 veic.	7095 veic.

Fonte: Autores (2026)

4.1.1. Apresentação dos dados por trecho

A Tabela 9 apresenta os resultados da contagem veicular realizada no Trecho 1. Observou-se predominância de automóveis em ambos os períodos analisados,

representando 59,43% da composição veicular no período matutino e 66,67% no período vespertino, seguidos pelas motocicletas, que apresentaram participações de 34,06% e 24,35%, respectivamente.

Tabela 9 - Contagem veicular trecho 1.

TRECHO 1													
MANHÃ - TERÇA FEIRA 03/03/2026							TARDE - TERÇA FEIRA 04/03/2026						
HORA	VEÍCULO					HORA DE PICO	HORA	VEÍCULO					HORA DE PICO
	AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS			AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS	
07:30 - 07:45	178	153	4	3	2		14:00 - 14:15	151	47	3	10	9	
07:45 - 08:00	170	116	4	10	1		14:15 - 14:30	130	65	6	8	6	
08:00 - 08:15	174	92	2	5	2		14:30 - 14:45	114	64	5	10	8	
08:15 - 08:30	173	95	4	6	8	1202	14:45 - 15:00	123	64	4	7	12	846
08:30 - 08:45	165	94	3	10	5	1139	15:00 - 15:15	128	62	5	9	8	838
08:45 - 09:00	164	78	3	3	11	1097	15:15 - 15:30	124	56	3	11	6	823
09:00 - 09:15	147	78	1	5	5	1058	15:30 - 15:45	132	46	7	16	14	837
09:15 - 09:30	138	92	5	5	9	1021	15:45 - 16:00	128	42	5	14	7	823
09:30 - 09:45	144	79	3	6	4	980	16:00 - 16:15	145	56	4	12	8	836
09:45 - 10:00	124	68	5	3	5	926	16:15 - 16:30	176	48	5	5	11	881
10:00 - 10:15	138	72	4	3	7	914	16:30 - 16:45	191	65	6	12	6	946
10:15 - 10:30	135	62	4	13	4	883	16:45 - 17:00	200	60	4	15	10	1039
10:30 - 10:45	125	59	7	7	2	847	17:00 - 17:15	235	88	3	6	5	1151
10:45 - 11:00	98	65	3	7	6	821	17:15 - 17:30	246	67	6	7	2	1234
11:00 - 11:15	118	66	4	14	7	806	17:30 - 17:45	235	71	2	13	5	1280
11:15 - 11:30	138	66	6	13	2	813	17:45 - 18:00	168	58	2	7	5	1231
TOTAL	2329	1335	62	113	80	3919		2626	959	70	162	122	3939
	59,43%	34,06%	1,58%	2,88%	2,04%	100,00%		66,67%	24,35%	1,78%	4,11%	3,10%	100,00%

Fonte: Autores (2026).

Em relação ao volume total, verificou-se comportamento semelhante entre os dois períodos, registrando-se 3919 veículos pela manhã e 3939 veículos à tarde. Entretanto, observou-se diferença na distribuição temporal do fluxo ao longo do dia. No período matutino, o Volume Horário de Pico (VHP) ocorreu entre 07h30 e 08h30, atingindo 1202 veic/h, enquanto no período vespertino o maior volume foi observado entre 16h45 e 17h45, alcançando 1280 veic/h.

A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos para o Trecho 2. Assim como observado no Trecho 1, os automóveis constituíram a categoria predominante, representando 63,81% do fluxo no período da manhã e 50,22% no período da tarde. As motocicletas apresentaram a segunda maior participação, correspondendo a 27,88% e 19,70%, respectivamente.

Tabela 10 - Contagem veicular trecho 2.

TRECHO 2												
MANHÃ- TERÇA FEIRA 03/03/2026							TARDE - TERÇA FEIRA 04/03/2026					
HORA	VEÍCULO					HORA DE PICO	HORA	VEÍCULO				HORA DE PICO
	AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS			AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS
07:30 - 07:45	176	90	7	6	1		14:00 - 14:15	135	46	3	5	5
07:45 - 08:00	168	121	10	15	7		14:15 - 14:30	118	43	6	4	4
08:00 - 08:15	208	113	7	13	6		14:30 - 14:45	128	45	6	9	4
08:15 - 08:30	205	77	3	19	2	1254	14:45 - 15:00	129	52	6	9	5
08:30 - 08:45	223	81	5	23	5	1311	15:00 - 15:15	110	44	1	1	5
08:45 - 09:00	238	105	4	14	3	1354	15:15 - 15:30	117	55	5	7	8
09:00 - 09:15	180	80	5	22	2	1296	15:30 - 15:45	90	59	7	5	3
09:15 - 09:30	173	78	9	14	6	1270	15:45 - 16:00	104	45	6	9	4
09:30 - 09:45	198	73	3	12	4	1223	16:00 - 16:15	123	42	1	5	4
09:45 - 10:00	154	67	3	11	6	1100	16:15 - 16:30	118	55	7	2	2
10:00 - 10:15	213	73	6	10	5	1118	16:30 - 16:45	110	44	3	3	3
10:15 - 10:30	165	33	3	11	3	1053	16:45 - 17:00	112	54	2	3	2
10:30 - 10:45	111	49	3	9	5	940	17:00 - 17:15	152	60	6	2	1
10:45 - 11:00	117	55	5	17	6	899	17:15 - 17:30	141	49	1	5	1
11:00 - 11:15	123	55	4	4	3	781	17:30 - 17:45	161	40	2	2	3
11:15 - 11:30	113	58	3	11	5	756	17:45 - 18:00	130	43	5	3	0
2765	1208	80	211	69	4333		1978	776	67	74	54	2949
63,81%	27,88%	1,85%	4,87%	1,59%	100,00%		50,22%	19,70%	1,70%	1,88%	1,37%	100,00%

Fonte: Autores (2026).

Em relação ao volume total registrado, observou-se maior movimentação no período matutino, contabilizando 4333 veículos, enquanto no período vespertino foram registrados 2949 veículos. O Volume Horário de Pico ocorreu entre 08h00 e 09h00, atingindo 1354 veic/h, enquanto no período da tarde o maior fluxo ocorreu entre 17h00 e 18h00, alcançando 807 veic/h.

A Tabela 11 apresenta os resultados da contagem veicular realizada no Trecho 3. Observou-se predominância de automóveis em ambos os períodos analisados, representando 61,40% da composição veicular pela manhã e 70,31% no período da tarde. As motocicletas novamente constituíram a segunda categoria mais representativa, apresentando participações de 31,05% e 23,07%, respectivamente.

Tabela 11 - Contagem veicular trecho 3.

TRECHO 3												
CONTAGEM VEICULAR 6 - TERÇA FEIRA 24/02/2026, SENTIDO AV. LIBERDADE - UFPA							CONTAGEM VEICULAR 7 - QUINTA FEIRA 26/02/2026, SENTIDO AV. LIBERDADE - UFPA					
HORA	VEÍCULO					HORA DE PICO	HORA	VEÍCULO				HORA DE PICO
	AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS			AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS
07:30 - 07:45	165	108	3	14	2		14:00 - 14:15	133	20	2	7	0
07:45 - 08:00	236	126	5	8	6		14:15 - 14:30	140	34	3	8	4
08:00 - 08:15	213	132	6	13	4		14:30 - 14:45	144	36	2	8	3
08:15 - 08:30	220	118	6	22	5	1412	14:45 - 15:00	124	36	7	4	0
08:30 - 08:45	221	120	7	14	2	1484	15:00 - 15:15	96	41	3	6	2
08:45 - 09:00	223	136	7	12	2	1483	15:15 - 15:30	87	38	5	10	4
09:00 - 09:15	219	104	1	13	3	1455	15:30 - 15:45	124	38	4	7	2
09:15 - 09:30	159	98	11	18	3	1373	15:45 - 16:00	79	12	3	1	1
09:30 - 09:45	203	78	2	14	6	1312	16:00 - 16:15	84	25	3	9	1
09:45 - 10:00	194	85	3	15	5	1234	16:15 - 16:30	87	38	3	4	1
10:00 - 10:15	186	81	4	10	6	1181	16:30 - 16:45	104	45	4	2	1
10:15 - 10:30	152	68	6	16	5	1139	16:45 - 17:00	100	46	2	2	2
10:30 - 10:45	146	62	2	10	6	1062	17:00 - 17:15	130	41	3	4	2
10:45 - 11:00	128	64	3	19	1	975	17:15 - 17:30	109	46	2	7	7
11:00 - 11:15	108	54	3	6	2	861	17:30 - 17:45	107	41	4	3	0
11:15 - 11:30	112	25	7	15	2	775	17:45 - 18:00	135	48	3	1	2
2885	1459	76	219	60	4699		1783	585	53	83	32	2536
61,40%	31,05%	1,62%	4,66%	1,28%	100,00%		70,31%	23,07%	2,09%	3,27%	1,26%	100,00%

Fonte: Autores (2026).

O Trecho 3 apresentou o maior volume total registrado dentre todos os segmentos analisados durante o período da manhã, contabilizando 4699 veículos. Já no período vespertino foram registrados 2536 veículos. O maior Volume Horário de Pico ocorreu entre 07h45 e 08h45, atingindo 1484 veic/h, enquanto no período da tarde o maior fluxo ocorreu entre 14h00 e 15h00, registrando 715 veic/h.

A Tabela 12 apresenta os resultados obtidos para o Trecho 4. Os automóveis representaram a categoria predominante nos dois períodos analisados, correspondendo a 55,94% do fluxo no período matutino e 68,45% no período vespertino. As motocicletas apresentaram participações de 37,04% e 21,69%, respectivamente.

Tabela 12 - Contagem veicular trecho 4.

TRECHO 4													
CONTAGEM VEICULAR 5 - TERÇA FEIRA 24/02/2026, SENTIDO UFPA - AV. LIBERDADE							CONTAGEM VEICULAR 8 - QUINTA FEIRA 26/02/2026, SENTIDO UFPA - AV. LIBERDADE						
HORA	VEÍCULO					HORA DE PICO	HORA	VEÍCULO					HORA DE PICO
	AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS			AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS	
07:30 - 07:45	147	114	2	5	2		14:00 - 14:15	109	19	7	11	4	
07:45 - 08:00	135	111	6	7	1		14:15 - 14:30	100	34	4	7	2	
08:00 - 08:15	117	75	5	3	4		14:30 - 14:45	156	53	3	11	8	
08:15 - 08:30	141	109	4	3	6	997	14:45 - 15:00	125	53	2	10	5	723
08:30 - 08:45	140	84	7	4	4	966	15:00 - 15:15	123	43	7	8	9	763
08:45 - 09:00	107	84	5	9	3	914	15:15 - 15:30	133	25	5	18	5	802
09:00 - 09:15	118	80	3	7	7	925	15:30 - 15:45	134	46	2	10	8	771
09:15 - 09:30	123	96	4	7	3	895	15:45 - 16:00	140	31	4	13	10	774
09:30 - 09:45	101	83	5	7	1	853	16:00 - 16:15	136	32	6	13	11	782
09:45 - 10:00	107	42	3	9	0	806	16:15 - 16:30	156	46	2	22	12	834
10:00 - 10:15	112	45	5	11	4	768	16:30 - 16:45	159	63	3	15	9	883
10:15 - 10:30	128	76	3	9	1	752	16:45 - 17:00	169	54	5	7	6	926
10:30 - 10:45	118	87	7	6	5	778	17:00 - 17:15	225	96	1	8	5	1063
10:45 - 11:00	122	64	6	9	5	823	17:15 - 17:30	205	76	6	8	6	1126
11:00 - 11:15	118	76	2	13	1	856	17:30 - 17:45	208	64	2	11	5	1167
11:15 - 11:30	110	61	8	10	3	831	17:45 - 18:00	200	50	4	11	6	1197
1944	1287	75	119	50	3475		2478	785	63	183	111	3620	
	55.94%	37.04%	2.16%	3.42%	1.44%	100.00%		68.45%	21.69%	1.74%	5.06%	3.07%	100.00%

Fonte: Autores (2026).

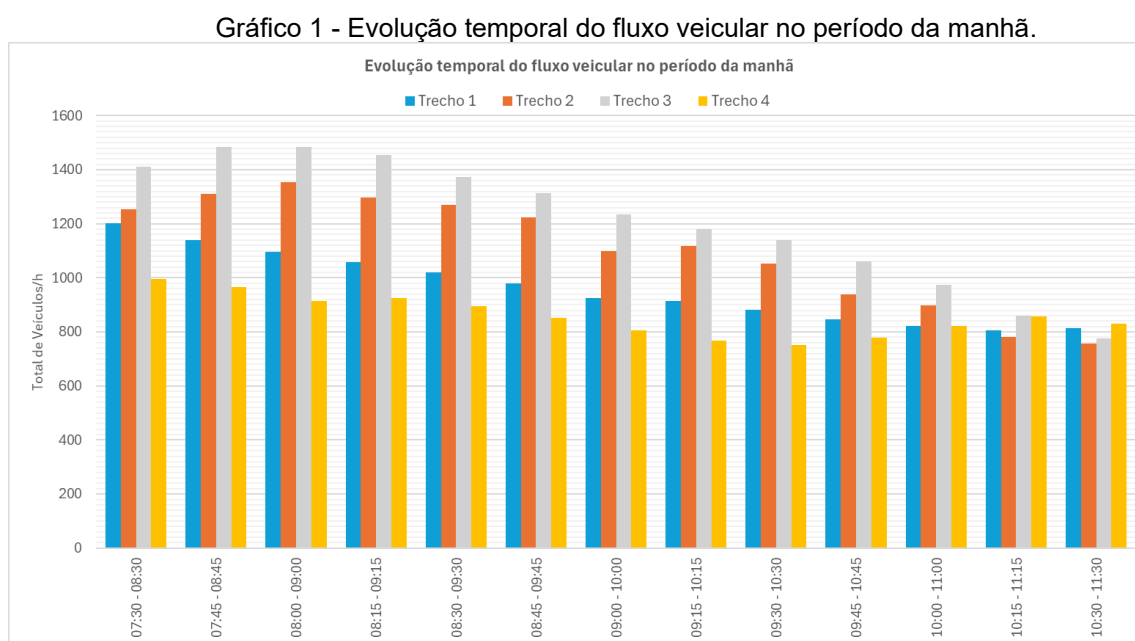
Em relação ao volume total, registraram-se 3475 veículos no período da manhã e 3620 veículos no período da tarde. O Volume Horário de Pico observado no período matutino ocorreu entre 08h15 e 09h15, atingindo 997 veic/h. Já no período da tarde, o maior fluxo foi registrado entre 17h45 e 18h00, alcançando 1197 veic/h.

4.1.2. Comparação geral entre trechos, períodos e Volume Horário de Pico

Após a apresentação individual dos resultados obtidos em cada trecho, é importante analisar o comportamento do tráfego de forma integrada, buscando identificar padrões gerais de circulação, diferenças entre os sentidos analisados e possíveis fatores que influenciam a dinâmica operacional da via. No período da manhã, observa-se que os Trechos 2 (UFRA → Avenida Liberdade) e 3 (Avenida

Liberdade → UFPA) concentraram os maiores volumes veiculares ao longo de praticamente todo o intervalo analisado, conforme apresentado no

Gráfico 1. Esse comportamento sugere forte influência dos deslocamentos direcionados às Universidades localizadas nas proximidades da Avenida Perimetral. Considerando que as contagens ocorreram em horários coincidentes com o início das atividades acadêmicas, verifica-se maior concentração de viagens em direção a esses polos geradores de tráfego.



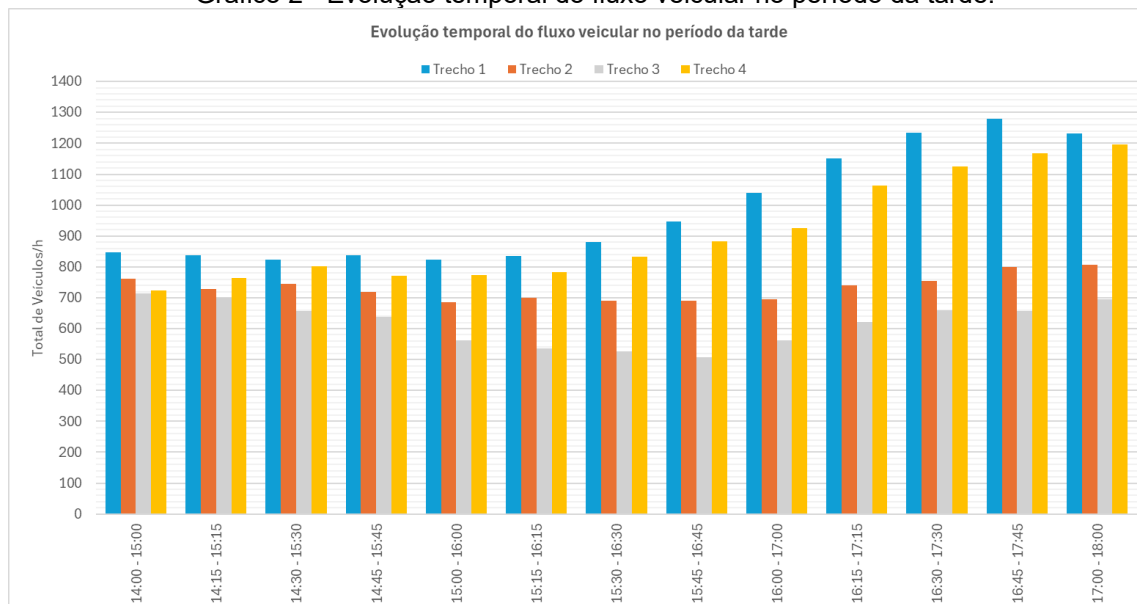
Fonte: Autores (2026).

O Trecho 1 apresentou comportamento intermediário ao longo do período analisado. Durante as observações realizadas, verificou-se que parte dos veículos utilizava retornos existentes próximos à Avenida Liberdade para acessar a UFPA, comportamento que pode contribuir para a redistribuição do fluxo entre os segmentos analisados. Já o Trecho 4 apresentou os menores volumes no período matutino, indicando menor intensidade de deslocamentos no sentido UFPA → Avenida Liberdade durante os horários iniciais do dia.

Em contrapartida, no período da tarde observou-se inversão do comportamento identificado anteriormente. Os Trechos 1 e 4 passaram a concentrar os maiores volumes registrados ao longo do período, indicando alteração na dinâmica do fluxo veicular, comportamento analisado no Gráfico 2. Essa alternância sugere influência dos deslocamentos de saída das instituições de ensino e retorno para outras

regiões da cidade, evidenciando a forte participação das atividades acadêmicas no padrão operacional da via.

Gráfico 2 - Evolução temporal do fluxo veicular no período da tarde.



Fonte: Autores (2026).

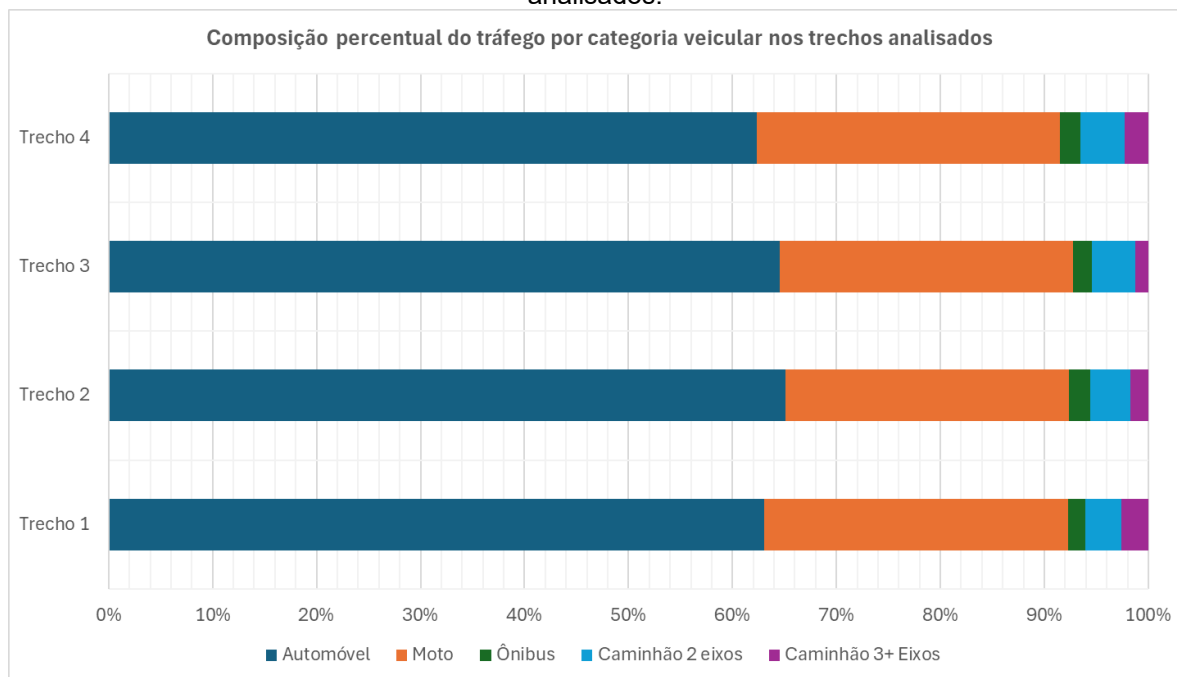
Além dos deslocamentos relacionados às universidades, observou-se durante a análise das imagens a presença recorrente de veículos pesados, especialmente caminhões associados às obras em execução da Avenida Liberdade. Verificou-se tendência de maior circulação desses veículos durante o período da manhã em direção à obra e, posteriormente, movimentação de retorno ao longo do período da tarde. Embora essa participação represente pequena parcela do fluxo total, sua presença influencia a composição do tráfego e apresenta relevância para análises relacionadas ao desempenho estrutural do pavimento.

4.1.3. Composição Veicular

Para obtenção desses resultados foram consolidados os volumes totais registrados durante os períodos da manhã e da tarde, permitindo caracterizar a participação relativa de cada categoria veicular ao longo dos trechos estudados. As tabelas completas contendo os valores detalhados utilizados para determinação desses percentuais foram inseridas no APÊNDICE B deste trabalho.

O Gráfico 3 apresenta a composição percentual do tráfego observada nos quatro trechos analisados da Avenida Perimetral ao longo das oito horas de contagens.

Gráfico 3 - Composição percentual do tráfego por categoria veicular nos trechos analisados.



Fonte: Autores (2026).

Verifica-se predominância dos automóveis em todos os trechos analisados, representando aproximadamente 62% a 65% do fluxo total observado, seguidos pelas motocicletas, com participação próxima de 27% a 29%. As demais categorias apresentaram percentuais reduzidos, sendo observadas apenas pequenas variações.

A composição veicular apresentou comportamento relativamente homogêneo ao longo dos quatro trechos estudados. Apesar das diferenças identificadas anteriormente quanto aos volumes totais registrados, aos horários de pico e à dinâmica operacional entre os sentidos estudados, a distribuição percentual das categorias permaneceu semelhante ao longo da Avenida Perimetral, indicando padrão relativamente uniforme na composição do tráfego da via.

Embora os veículos pesados apresentem menor participação percentual no fluxo total observado, sua relevância para estudos de desempenho estrutural permanece elevada devido às maiores solicitações impostas ao pavimento quando

comparadas aos veículos leves. Dessa forma, a caracterização dessas categorias torna-se fundamental para a determinação do Número N.

4.2. Cálculo do Número N

A partir dos dados obtidos na contagem veicular classificada, procedeu-se ao cálculo do Número N para cada um dos quatro trechos analisados da Avenida Perimetral, conforme os procedimentos estabelecidos no Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006), utilizando os fatores de equivalência de carga propostos pelo United States Army Corps of Engineers (USACE). Considerando um período de projeto de 10 anos, foram obtidos os valores apresentados na Tabela 13, e as demais tabelas utilizadas para o cálculo do número N podem ser encontradas no APÊNDICE C.

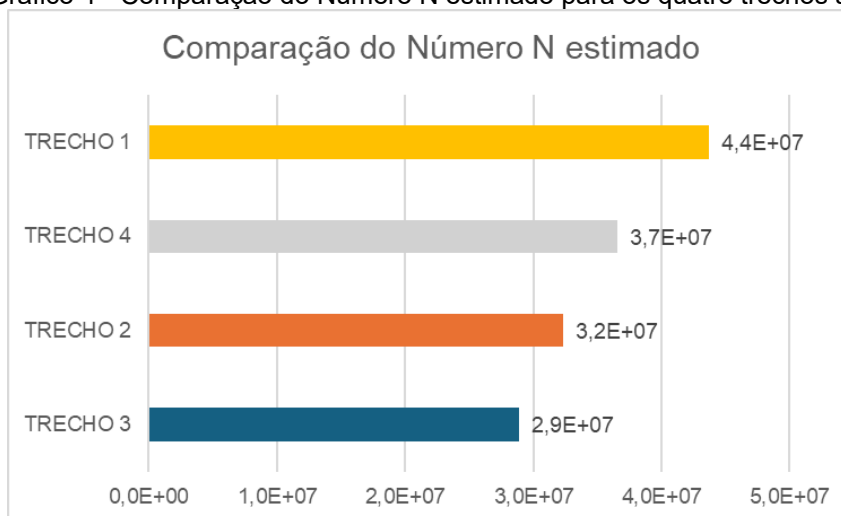
Tabela 13 - Número N estimado para os trechos analisados.

RESULTADO FINAL - NÚMERO N POR TRECHO						
Trecho	Sentido	Ônibus (VDM)	Caminhões (VDM)	FV médio ponderado	N anual	N 10 anos
1	Av. Liberdade → UFRA	396	1431	6,5566	4,4E+06	4,4E+07
2	UFRA → Av. Liberdade	441	1224	5,3171	3,2E+06	3,2E+07
3	Av. Liberdade → UFPA	387	1182	5,0455	2,9E+06	2,9E+07
4	UFPA → Av. Liberdade	414	1389	5,5557	3,7E+06	3,7E+07

Fonte: Autores (2026).

Observa-se que o Trecho 1 apresentou o maior valor de Número N, seguido pelos Trechos 4, 2 e 3. Esses resultados indicam diferenças na intensidade das solicitações estruturais impostas ao pavimento pelos veículos comerciais ao longo dos segmentos analisados.

Gráfico 4 - Comparação do Número N estimado para os quatro trechos analisados.



Fonte: Autores (2026).

O Gráfico 4 evidência de forma mais clara a distribuição das solicitações estruturais entre os quatro trechos da Avenida Perimetral. Verifica-se que o Trecho 1 apresentou a maior solicitação estrutural estimada para o período de projeto, enquanto o Trecho 3 registrou o menor valor de Número N.

Figura 23 - Trechos analisados.



Fonte: Adaptado do Google Earth pelos autores (2026).

Conforme ilustrado na Figura 23, os Trechos 4 e 1 constituem segmentos consecutivos de um mesmo sentido de circulação da Avenida Perimetral, sendo separados apenas pela interseção com a Avenida Liberdade. Da mesma forma, os Trechos 2 e 3 compõem segmentos consecutivos do sentido oposto da via. Considerando que, durante a realização desta pesquisa, a Avenida Liberdade ainda se encontrava em fase de implantação e não havia sido aberta ao tráfego, seria esperado que esses pares de trechos apresentassem solicitações estruturais semelhantes.

Entretanto, verificaram-se diferenças entre os valores de Número N obtidos para esses segmentos. Durante a análise das imagens disponibilizadas pelo Centro Integrado de Operações (CIOP), observou-se intensa movimentação de caminhões associados às obras de implantação da Avenida Liberdade. Verificou-se que o Trecho 2 era utilizado predominantemente como acesso dos veículos responsáveis

pelo transporte de materiais para a obra, enquanto o Trecho 1 concentrava a saída desses caminhões após o descarregamento ou a conclusão das atividades. Esse comportamento operacional também foi observado, em menor intensidade, nos Trechos 3 e 4.

Embora essa condição não permita estabelecer uma relação causal definitiva, as observações realizadas durante a análise das imagens indicam que a movimentação dos veículos pesados vinculados às obras pode ter influenciado a distribuição do tráfego comercial ao longo da Avenida Perimetral, contribuindo para as diferenças observadas entre os valores de Número N dos trechos analisados.

Dessa forma, os resultados obtidos representam as condições de solicitação estrutural do pavimento durante o período de implantação da Avenida Liberdade, constituindo um importante diagnóstico das condições existentes antes da entrada em operação da nova via. Esses resultados servirão como referência para futuras comparações, possibilitando avaliar as alterações na distribuição do tráfego pesado e seus reflexos sobre o desempenho estrutural do pavimento após a conclusão das obras.

4.3. Levantamento Visual Contínuo

Os resultados obtidos por meio do Levantamento Visual Contínuo (LVC) evidenciam as condições superficiais do pavimento dos quatro trechos analisados da Avenida Perimetral. Inicialmente são apresentados os registros das manifestações patológicas observadas durante a inspeção de campo e, posteriormente, os índices de condição superficial determinados conforme os procedimentos estabelecidos pela Norma DNIT 008/2003 – PRO.

Os dados coletados durante a inspeção de campo, referentes às manifestações patológicas observadas em cada trecho, são apresentados na Tabela 14. Conforme descrito na metodologia, a tabela reúne os registros obtidos pelos dois autores durante a inspeção, sendo as quatro primeiras linhas correspondentes à avaliação realizada pelo primeiro autor e as quatro últimas à avaliação realizada pelo segundo autor para os mesmos trechos. Essa organização permite a comparação entre as observações efetuadas de forma independente durante o levantamento.

Tabela 14 - Formulário para o levantamento visual contínuo preenchido.

SEGMENTO				FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										I C P F	INF.COMPLEMENTARES				OBSERVAÇÕES
Nº DO SEG	ODÔMETRO/KM		Ext	P	TRINCAS			R	DEFOR- MAÇÕES		OUTROS DEFEITOS				REV	ESP	IDADE		
																	ORIG	REST	
	INÍCIO	FIM			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E						
1				2	35%		12	10	15									Nota – 3,8	
2				1	10%		2	5	5									Nota – 4,7	
3				1	20%		1	8	0									Nota – 4,5	
4				0	10%		2	10	0									Nota – 4,0	
1				1	40%		13	12	15									Nota – 3,7	
2				1	12%		3	6	5									Nota – 4,5	
3				1	25%		1	8	0									Nota – 4,2	
4				0	15%		2	9	0									Nota – 4,0	

Fonte: Autores (2026).

A comparação entre os registros efetuados pelos autores evidenciou resultados semelhantes quanto à identificação das manifestações patológicas e à caracterização das condições superficiais dos quatro trechos analisados. Embora tenham sido observadas pequenas diferenças na quantificação de algumas manifestações patológicas, especialmente no percentual de trincas e nas notas atribuídas aos segmentos, ambos os levantamentos conduziram à mesma interpretação geral das condições do pavimento. Essas variações são compatíveis com a subjetividade inerente ao método de inspeção visual e não comprometeram a confiabilidade da avaliação realizada.

De modo geral, o Trecho 1 foi identificado por ambos os autores como o segmento em pior estado de conservação, apresentando os maiores percentuais de trincas do tipo jacaré, além da maior incidência de afundamentos e ondulações. Os Trechos 2 e 4 apresentaram menor frequência de manifestações patológicas e melhores condições superficiais, enquanto o Trecho 3 apresentou condição intermediária, com ocorrência moderada de defeitos.

A partir dos dados levantados em campo, foram determinados o Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF), o Índice de Gravidade Global Exedito (IGGE) e o Índice de Estado da Superfície (IES), conforme os procedimentos estabelecidos na Norma DNIT 008/2003 – PRO. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Índices de condição superficial dos trechos analisados.

Trecho	ICPF	IGGE	IES	Conceito	Interpretação
1	3,75	49,08	4	Regular	Maior incidência de defeitos superficiais
2	4,6	15,1	0	Ótimo	Melhor condição superficial
3	4,35	16,33	0	Ótimo	Boa condição superficial
4	4	12,73	0	Ótimo	Boa condição superficial

Fonte: Autores (2026).

Os resultados confirmaram a tendência observada durante o levantamento visual. O Trecho 1 apresentou o menor valor de ICPF (3,75) e o maior IGGE (49,08), sendo classificado com IES igual a 4, correspondente ao conceito Regular, em razão da maior incidência de trincas do tipo jacaré, afundamentos e ondulações. Por sua vez, os Trechos 2, 3 e 4 apresentaram valores de ICPF superiores a 4,0 e IGGE inferiores a 20, resultando em IES igual a 0 e enquadramento no conceito Ótimo, conforme os critérios estabelecidos pela Norma DNIT 008/2003 – PRO.

Os resultados obtidos demonstram que as manifestações patológicas registradas durante o levantamento exerceram influência direta na classificação das condições superficiais do pavimento, evidenciando pior desempenho no Trecho 1 e melhores condições nos demais segmentos avaliados. Dessa forma, os índices calculados complementam a avaliação qualitativa realizada em campo, fornecendo uma base quantitativa para a comparação das condições do pavimento antes da inauguração da Avenida Liberdade.

4.4. Velocidade Média

Os resultados referentes à velocidade média dos veículos nos quatro trechos analisados da Avenida Perimetral são apresentados neste tópico. Inicialmente são apresentados os valores obtidos para cada segmento e, em seguida, é realizada a análise comparativa do comportamento operacional do tráfego antes da inauguração da Avenida Liberdade.

As coletas ocorreram em ambos os sentidos de circulação da Avenida Perimetral, sendo realizadas no dia 01/04/2026, no período da manhã, em dois intervalos distintos: das 08h30 às 09h30, para os Trechos 1 e 2, e das 10h30 às 11h30, para os Trechos 3 e 4. Para a obtenção da velocidade média, registrou-se

o intervalo de tempo necessário para que cada veículo percorresse dois pontos fixos previamente definidos em campo. O cronômetro foi acionado no instante em que o veículo cruzava o ponto inicial, denominado “Ponto A”, e interrompido ao atingir o ponto final, denominado “Ponto B”.

As figuras a seguir apresentam os locais utilizados para a coleta dos dados, indicando os pontos de início e término das medições, bem como as respectivas distâncias percorridas em cada trecho analisado.

Figura 24 - Pontos para determinação da velocidade média Trecho 1.



Fonte: Adaptado do Google Street View pelos autores (2026).

Figura 25 - Pontos para determinação da velocidade média Trecho 2.



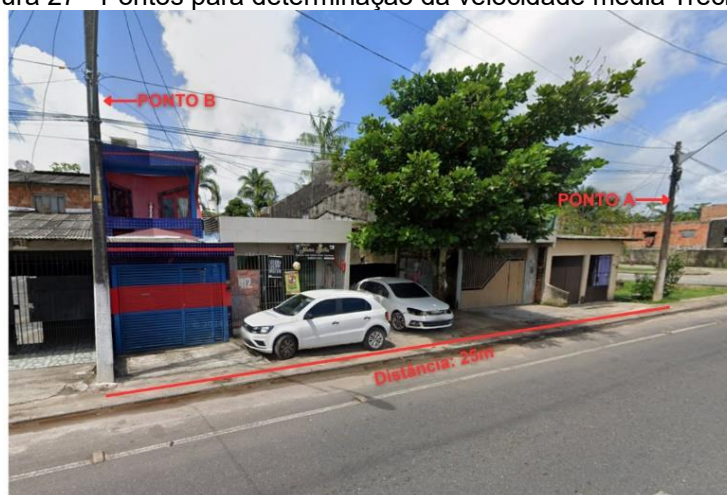
Fonte: Adaptado do Google Street View pelos autores (2026).

Figura 26 - Pontos para determinação da velocidade média Trecho 3.



Fonte: Adaptado do Google Street View pelos autores (2026).

Figura 27 - Pontos para determinação da velocidade média Trecho 4.



Fonte: Adaptado do Google Street View pelos autores (2026).

Durante os levantamentos, os veículos foram classificados em cinco categorias: automóveis, motocicletas, ônibus, caminhões de pequeno porte (2C) e caminhões de grande porte (>3C). Posteriormente, as velocidades foram determinadas a partir da relação entre distância e tempo de percurso, sendo os resultados organizados por categoria veicular e por trecho analisado.

As tabelas completas contendo os registros individuais de tempo e velocidade foram inseridas no APÊNDICE A deste trabalho, enquanto a apresenta os valores médios consolidados para cada categoria veicular.

Tabela 16 - Velocidades médias por categoria veicular nos trechos analisados.

	TRECHO 1: LIBERDADE → UFRA	TRECHO 2: UFRA → LIBERDADE	TRECHO 3: LIBERDADE → UFPA	TRECHO 4: UFPA → LIBERDADE
CARRO	33,70	40,16	52,45	40,36
MOTO	35,46	44,62	52,37	42,33
ÔNIBUS	32,99	36,82	39,50	37,98
CAMINHÕES PEQUENO PORTE (2C)	30,45	34,26	45,37	38,50
CAMINHÕES GRANDE PORTE (>3C)	27,47	24,75	42,10	22,95

Fonte: Autores (2026).

A partir dos resultados obtidos, observa-se que o Trecho 3 apresentou as maiores velocidades médias para praticamente todas as categorias veiculares analisadas, com destaque para automóveis e motocicletas, que registraram velocidades superiores a 52 km/h. Esse comportamento pode estar associado às características geométricas e operacionais do segmento, como maior fluidez do tráfego, menor interferência de acessos laterais e melhores condições de circulação ao longo da via.

Em contrapartida, os menores valores de velocidade média foram observados principalmente no Trecho 1, sobretudo para veículos pesados. Os caminhões de grande porte apresentaram velocidade média de 27,47 km/h, evidenciando condições operacionais menos favoráveis para esse tipo de veículo. Nesse segmento, a redução da velocidade pode estar associada à presença do radar eletrônico com limite regulamentado de 40 km/h localizado em frente à UFRA, às frequentes interferências geradas pelo acesso à universidade e à elevada interação entre veículos leves e pesados.

O Trecho 4 apresentou comportamento semelhante ao Trecho 1 em relação aos veículos pesados, registrando velocidade média de 22,95 km/h para caminhões de grande porte. Esse comportamento pode estar relacionado à intensa movimentação observada nas proximidades do acesso à UFPA, onde há maior interação entre automóveis, motocicletas, ônibus e veículos pesados que utilizam a via.

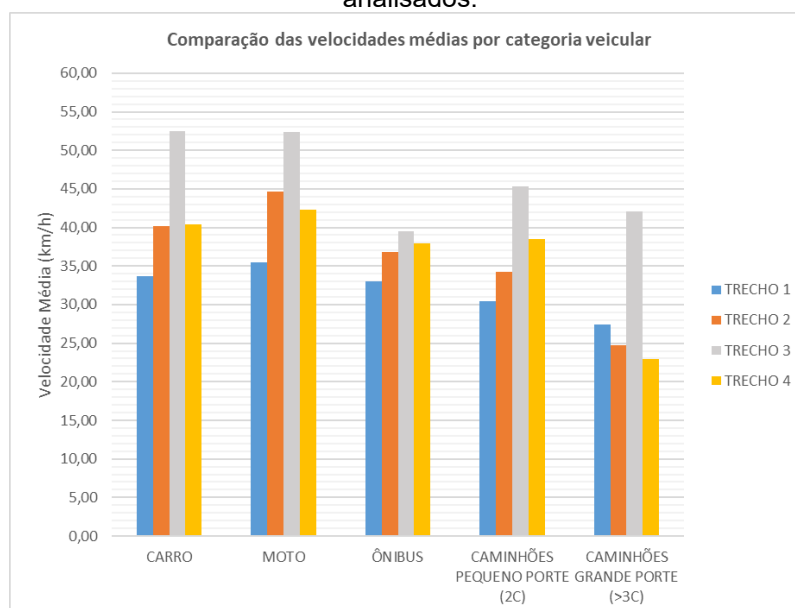
O Trecho 2 apresentou comportamento distinto em relação ao Trecho 1, registrando velocidades médias superiores em praticamente todas as categorias analisadas, com destaque para automóveis e motocicletas, que apresentaram médias de 40,16 km/h e 44,62 km/h, respectivamente. Esse comportamento pode estar associado à localização do segmento imediatamente após o radar eletrônico

existente em frente à UFRA. Após a passagem por esse ponto de controle, observa-se uma tendência de retomada gradual da velocidade por parte dos condutores, favorecendo maiores velocidades médias ao longo do trecho analisado.

Esse comportamento também se reflete no Trecho 3, segmento subsequente ao Trecho 2, que apresentou as maiores velocidades médias entre todos os trechos analisados. O resultado sugere que, após a saída da região de maior interferência operacional próxima à UFRA, os veículos passam a desenvolver velocidades mais elevadas em função das condições mais favoráveis de circulação.

Ao comparar os resultados da velocidade média com as condições superficiais do pavimento observadas no Levantamento Visual Contínuo (LVC), é possível perceber que os trechos que apresentaram menores velocidades médias, especialmente o Trecho 1, também registraram maior incidência de manifestações patológicas e pior classificação quanto ao estado da superfície. Entretanto, não é possível estabelecer uma relação direta de causa e efeito entre essas variáveis, uma vez que a velocidade operacional dos veículos também é influenciada por fatores como geometria da via, presença de dispositivos de controle de velocidade, acessos laterais, composição do tráfego e condições de circulação. Ainda assim, essa associação representa um aspecto relevante que poderá ser investigado em estudos futuros.

Gráfico 5 - Comparação das velocidades médias por categoria veicular nos quatro trechos analisados.



Fonte: Autores (2026).

O Gráfico 5 apresenta uma comparação das velocidades médias obtidas para cada categoria veicular. É possível visualizar que existe um comportamento progressivo ao longo da via. Próximo à UFRA, Trecho 1, há redução operacional causada pelo radar e acessos, em seguida ocorre retomada gradual do fluxo no Trecho 2 atingindo seu melhor desempenho no Trecho 3. Posteriormente, a aproximação da UFPA gera novas interferências e redução das velocidades, analisadas no trecho 4.

De maneira geral, verifica-se que os veículos leves apresentaram velocidades médias superiores às registradas para ônibus e caminhões, comportamento esperado devido às diferenças de desempenho operacional, aceleração e dimensões veiculares. Além disso, a redução da velocidade dos veículos pesados possui influência direta nas condições de fluidez da via, podendo impactar o desempenho operacional do tráfego e contribuir para a formação de retenções em períodos de maior demanda.

Os resultados obtidos permitem estabelecer um diagnóstico preliminar das condições operacionais da Avenida Perimetral antes da inauguração da Avenida Liberdade, constituindo uma importante base comparativa para futuras análises após a entrada em funcionamento da nova via. Dessa forma, será possível verificar possíveis alterações no comportamento do tráfego, na fluidez veicular e nas condições de mobilidade urbana ao longo dos segmentos estudados.

5. CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo realizar um diagnóstico das condições de tráfego e da superfície de rolamento da Avenida Perimetral, em Belém (PA), antes da inauguração da Avenida Liberdade, por meio da análise integrada da contagem veicular classificada, da estimativa do Número N, do Levantamento Visual Contínuo (LVC) e da velocidade média dos veículos. Os resultados obtidos permitiram alcançar os objetivos propostos, caracterizando as condições operacionais, funcionais e estruturais da via em um momento anterior à entrada em operação da nova infraestrutura viária.

A contagem veicular classificada permitiu caracterizar o volume e a composição do tráfego ao longo dos trechos analisados, evidenciando a predominância de automóveis e motocicletas e diferenças entre os sentidos de circulação nos períodos da manhã e da tarde. Os maiores Volumes Horários de Pico (VHP) foram registrados, pela manhã, nos Trechos 3, 2, 1 e 4, com 1.484, 1.354, 1.202 e 997 veic./h, respectivamente, enquanto no período da tarde destacaram-se os Trechos 1, 4, 2 e 3, com 1.280, 1.197, 807 e 715 veic./h, evidenciando a influência exercida pelos principais polos geradores de viagens localizados nas proximidades da Avenida Perimetral sobre a distribuição espacial e temporal do fluxo veicular.

A estimativa do Número N possibilitou quantificar as solicitações estruturais equivalentes impostas ao pavimento pelos veículos comerciais, obtendo-se valores para o período de projeto de 10 anos entre $2,9 \times 10^7$ e $4,4 \times 10^7$ repetições equivalentes do eixo padrão. O maior valor foi observado no Trecho 1 ($4,4 \times 10^7$), seguido dos Trechos 4 ($3,7 \times 10^7$), 2 ($3,2 \times 10^7$) e 3 ($2,9 \times 10^7$). As diferenças verificadas entre segmentos consecutivos da Avenida Perimetral sugerem que a movimentação de caminhões durante a implantação da Avenida Liberdade influenciou a distribuição do tráfego pesado ao longo da via, refletindo diretamente nas solicitações estruturais estimadas para cada trecho.

A aplicação do Levantamento Visual Contínuo possibilitou identificar as principais manifestações patológicas presentes nos quatro trechos analisados e classificar suas condições superficiais por meio do Índice de Estado da Superfície (IES). O Trecho 1 apresentou a condição superficial menos favorável, com ICPF igual a 3,75, IGGE de 49,08 e classificação Regular, enquanto os Trechos 2, 3 e 4 obtiveram ICPF de 4,60, 4,35 e 4,00, associados a IGGE de 15,10, 16,33 e 12,73,

respectivamente, sendo todos enquadrados no conceito Ótimo. Esses resultados evidenciam que o Trecho 1 concentrou a maior incidência de defeitos superficiais, ao passo que os demais segmentos apresentaram melhores condições de conservação.

A análise da velocidade média evidenciou diferenças no comportamento operacional entre os trechos estudados, demonstrando a influência de fatores como dispositivos de controle de velocidade, acessos às instituições de ensino e características locais da circulação. O Trecho 3 apresentou as maiores velocidades médias para automóveis, ônibus e caminhões de pequeno porte, com 52,45 km/h, 39,50 km/h e 45,37 km/h, respectivamente, enquanto o Trecho 2 registrou a maior velocidade para motocicletas (44,62 km/h). Em contrapartida, o Trecho 4 apresentou a menor velocidade média para caminhões de grande porte (22,95 km/h), seguido pelo Trecho 1 (27,47 km/h), evidenciando a influência das características operacionais de cada segmento sobre o comportamento do tráfego.

De forma integrada, os resultados demonstraram que os parâmetros analisados se complementam na caracterização das condições da Avenida Perimetral. A contagem veicular possibilitou compreender a distribuição e a composição do tráfego, enquanto a estimativa do Número N permitiu quantificar as solicitações estruturais impostas pelos veículos comerciais. O Levantamento Visual Contínuo caracterizou as condições superficiais do pavimento e a análise da velocidade média descreveu o comportamento operacional dos diferentes segmentos da via. Em conjunto, esses levantamentos evidenciaram comportamentos distintos entre os trechos analisados. O Trecho 1 destacou-se por apresentar o maior Número N, a pior condição superficial do pavimento e menores velocidades médias para parte das categorias veiculares. Os Trechos 2 e 3 concentraram os maiores volumes de tráfego observados durante os levantamentos, porém apresentaram melhores condições superficiais e velocidades médias superiores às verificadas no Trecho 1, indicando que o volume de tráfego, isoladamente, não é suficiente para caracterizar as condições da via. O Trecho 4 apresentou comportamento intermediário, reunindo solicitações estruturais elevadas, boas condições superficiais e velocidades influenciadas pelas características operacionais do acesso à UFPA. Embora os resultados não permitam estabelecer relações diretas de causa e efeito entre os parâmetros analisados, sua avaliação conjunta proporcionou uma compreensão

mais ampla das condições operacionais, funcionais e estruturais da Avenida Perimetral.

Dessa forma, conclui-se que a metodologia empregada se mostrou adequada para o diagnóstico das condições operacionais, funcionais e estruturais da Avenida Perimetral antes da inauguração da Avenida Liberdade. Os resultados obtidos estabelecem uma linha de base para futuras pesquisas, possibilitando comparar os cenários anterior e posterior à implantação da nova infraestrutura e avaliar, de forma objetiva, seus impactos sobre a mobilidade urbana, a distribuição do tráfego, o desempenho funcional do pavimento e as solicitações estruturais atuantes ao longo da via.

5.1. Sugestão para trabalhos futuros

Como continuidade desta pesquisa, recomenda-se a realização de novas campanhas de coleta de dados após a entrada em operação da Avenida Liberdade, empregando a mesma metodologia adotada neste estudo. A repetição do Levantamento Visual Contínuo (LVC), da determinação da velocidade média, da contagem veicular classificada e da estimativa do Número N permitirá comparar diretamente os cenários anterior e posterior à implantação da nova via, possibilitando avaliar os impactos da nova configuração viária sobre as condições superficiais do pavimento e o comportamento do tráfego na Avenida Perimetral.

Sugere-se, ainda, a realização de levantamentos em diferentes períodos do ano e em distintos dias da semana, permitindo verificar possíveis variações temporais no volume e na composição do tráfego, bem como seus reflexos sobre o desempenho operacional da via e as solicitações impostas ao pavimento.

Além disso, recomenda-se ampliar a área de estudo para outros corredores viários da Região Metropolitana de Belém potencialmente influenciados pela Avenida Liberdade, possibilitando avaliar de forma mais abrangente a redistribuição dos fluxos de tráfego decorrente da implantação da nova infraestrutura. Estudos envolvendo indicadores como nível de serviço, tempos de viagem, capacidade viária e segurança viária também poderão complementar as análises realizadas nesta pesquisa e contribuir para um entendimento mais amplo dos impactos da nova via sobre a mobilidade urbana.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). **Pavement management guide**. 2. ed. Washington, DC: AASHTO, 2012.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). **A policy on geometric design of highways and streets**. Washington, DC: AASHTO, 2018.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). **Guide for design of pavement structures**. Washington, DC: AASHTO, 1993.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO PARÁ (ALEPA). **Avenida Liberdade será novo corredor de mobilidade na Região Metropolitana de Belém**. Belém, 2020.

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS; ABEDA, 2. ed., 2022. 750 p. ISBN 978-85-69658-02-3.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. **Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 4 jan. 2012.

CAREY, W. N.; IRICK, P. E. **The Pavement Serviceability: Performance Concept**. Highway Research Board - Bulletin 250, p. 40-58. Washington, DCC/USA, 1960.

CARVALHO, P. H. F. C. **Coleta de dados de inventário e levantamento de defeitos com smartphones e tratamento por meio de aprendizado de máquina para uso em sistemas de gerência de pavimentos**. 71 f. Mestrado (Engenharia de Transportes) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de Rodovias 2025**. Brasília: CNT, 2025. Disponível em: <https://cnt.org.br/documento/7df4efbc-4c55-44f9-b81e-9b8d4016f90e>. Acesso em: 25 jan. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – terminologia – Norma DNIT 005/2003-PRO**. Rio de Janeiro: DNIT, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento - Norma DNIT 006/2003 – PRO**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento - Norma DNIT 008/2003 - PRO**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Gerência de Pavimentos**. 2. ed. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

DER/SP - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Projeto de restauração de pavimento**. São Paulo: DER/SP, 2006a.

FERNANDES Jr., J. L. *et al.* **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. Apostila. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 1999.

FERNANDES JR., J. L. **Sistemas de Gerência de Pavimentos para Cidades de Médio Porte**. Tese de Livre Docência – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001, 109 p.

FERNANDES Jr., J. L.; PANTIGOSO, J. F. G. **Uso dos sistemas de informações geográficas para integração da gerência de pavimentos urbanos com as atividades das concessionárias de serviços públicos**. 1998. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

FHWA. Federal Highway Administration. **Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program**. The Strategic Highway Research Program. National Academy of Science. Washington, D.C, 1993.

FHWA. Federal Highway Administration. **Traffic Monitoring Guide**. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, 2016.

HAAS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. P. **Modern Pavement Management**. Krieger Publishing. Malabar, Fla, 1994.

INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS (ITE). **Traffic engineering handbook**. 7. ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016.

MACHADO, D. M. C. **Avaliação de normas de identificação de defeitos para fins de gerência de pavimentos flexíveis**. 2013. 126 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013

MAPC. **Pavement Management, A Manual for Communities**. U. S. Department of Transportation. Metropolitan Area Planning Council, Boston, MA, 1986.

MEDINA, J. de; MOTTA, L. M. G. da. **Mecânica dos pavimentos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2015. v. 1. ISBN 978-85-7193-366-8.

O LIBERAL. **Obras da Avenida Liberdade avançam e já chegam a 70% de conclusão**. Belém, 2025. Acesso em: 21 fev. 2026

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE – SEMAS/PA. **Apresentação Institucional Rodovia Liberdade – PA-020**. Belém, dez. 2020. Acesso em: 21 fev. 2026.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SEGURANÇA, ORDEM PÚBLICA E MOBILIDADE (SEGBEL). **Itinerários de ônibus**. Belém: SEGBEL, 2021. Acesso em: 21 fev. 2026.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB). **Highway Capacity Manual**. 6. ed. Washington, DC: National Academy of Sciences, 2016.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB). **Highway capacity manual**. Washington, DC: National Academy Press, 2000.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **Pesquisa e levantamento de tráfego**. São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego – CET, 1982.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TABELAS DOS REGISTROS INDIVIDUAIS DE TEMPO E VELOCIDADE POR TRECHO

TRECHO 1: LIBERDADE → UFRA

CARRO					
Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)	Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
1	3,32	34,70	34	4,00	28,80
2	4,44	25,95	35	3,23	35,67
3	3,58	32,18	36	2,29	50,31
4	3,99	28,87	37	3,49	33,01
5	3,43	33,59	38	4,07	28,30
6	3,43	33,59	39	3,74	30,80
7	3,45	33,39	40	3,41	33,78
8	3,96	29,09	41	2,92	39,45
9	4,10	28,10	42	3,56	32,36
10	3,65	31,56	43	2,86	40,28
11	4,30	26,79	44	3,20	36,00
12	2,98	38,66	45	3,63	31,74
13	3,38	34,08	46	3,13	36,81
14	2,55	45,18	47	3,07	37,52
15	3,44	33,49	48	3,71	31,05
16	3,67	31,39	49	3,52	32,73
17	3,29	35,02	50	3,98	28,94
18	3,33	34,59	51	3,79	30,40
19	3,09	37,28	52	3,80	30,32
20	4,48	25,71	53	4,05	28,44
21	2,58	44,65	54	3,20	36,00
22	3,42	33,68	55	3,11	37,04
23	3,48	33,10	56	3,92	29,39
24	3,95	29,16	57	3,98	28,94
25	3,16	36,46	58	3,44	33,49
26	3,80	30,32	59	3,80	30,32
27	3,23	35,67	60	3,66	31,48
28	3,56	32,36	61	3,64	31,65
29	2,96	38,92	62	3,33	34,59
30	2,58	44,65	63	3,33	34,59
31	3,89	29,61	64	3,84	30,00
32	2,71	42,51	65	3,65	31,56
33	2,83	40,71	MÉDIA DAS VELOCIDADES		33,70

MOTO					
Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)	Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
1	4,31	26,73	26	3,16	36,46
2	3,98	28,94	27	3,81	30,24
3	2,79	41,29	28	2,90	39,72
4	3,31	34,80	29	3,94	29,24
5	3,77	30,56	30	3,22	35,78
6	3,19	36,11	31	3,04	37,89
7	3,78	30,48	32	2,72	42,35
8	2,67	43,15	33	3,52	32,73
9	2,78	41,44	34	3,57	32,27
10	4,28	26,92	35	2,59	44,48
11	2,70	42,67	36	2,74	42,04
12	3,92	29,39	37	2,80	41,14
13	3,05	37,77	38	3,87	29,77
14	3,28	35,12	39	3,11	37,04
15	3,54	32,54	40	3,67	31,39
16	3,28	35,12	41	3,60	32,00
17	2,63	43,80	42	3,50	32,91
18	2,89	39,86	43	3,38	34,08
19	3,15	36,57	44	3,90	29,54
20	2,28	50,53	45	3,12	36,92
21	3,25	35,45	46	3,97	29,02
22	3,88	29,69	47	3,11	37,04
23	3,29	35,02	48	3,65	31,56
24	2,89	39,86	49	3,01	38,27
25	3,87	29,77	MÉDIA DAS VELOCIDADES		35,46

ÔNIBUS		
Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
1	3,98	28,94
2	3,35	34,39
3	3,10	37,16
4	3,97	29,02
5	3,25	35,45
MÉDIA DAS VELOCIDADES		32,99
CAMINHÕES PEQUENO PORTE (2C)		
Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
1	4,28	26,92
2	3,88	29,69
3	3,34	34,49
4	3,75	30,72
MÉDIA DAS VELOCIDADES		30,45
CAMINHÕES GRANDE PORTE (>3C)		
Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
1	4,46	25,83
2	4,33	26,61
3	4,14	27,83
4	3,89	29,61
MÉDIA DAS VELOCIDADES		27,47

TRECHO 2: UFRA → LIBERDADE																
CARRO						MOTO						ÔNIBUS				
Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)	Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)	Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)	Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)	Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)		
1	1,91	64,08	36	3,61	33,91	1	3,10	39,48	1	3,22	38,01					
2	2,70	45,33	37	3,28	37,32	2	2,69	45,50	2	3,64	33,63					
3	2,70	45,33	38	3,68	33,26	3	2,69	45,50	3	3,12	39,23					
4	2,83	43,25	39	2,50	48,96	4	2,82	43,40	4	3,20	38,25					
5	3,19	38,37	40	3,42	35,79	5	2,56	47,81	5	3,50	34,97					
6	3,24	37,78	41	3,54	34,58	6	2,95	41,49	MÉDIA DAS VELOCIDADES			36,82				
7	2,50	48,96	42	2,82	43,40	7	2,82	43,40						CAMINHÕES PEQUENO PORTE (2C)		
8	3,87	31,63	43	3,21	38,13	8	2,63	46,54						Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
9	2,63	46,54	44	2,69	45,50	9	2,57	47,63						1	2,99	40,94
10	2,50	48,96	45	3,42	35,79	10	2,17	56,41						2	3,49	35,07
11	2,89	42,35	46	2,77	44,19	11	4,00	30,60						3	3,22	38,01
12	2,43	50,37	47	2,98	41,07	12	3,35	36,54						4	3,30	37,09
13	2,57	47,63	48	2,76	44,35	13	2,37	51,65						5	4,20	29,14
14	3,34	36,65	49	4,44	27,57	14	2,82	43,40						6	4,26	28,73
15	2,49	49,16	50	3,35	36,54	15	2,30	53,22						7	3,35	36,54
16	3,41	35,89	51	3,94	31,07	16	2,69	45,50						8	3,80	32,21
17	3,21	38,13	52	3,02	40,53	17	2,56	47,81						9	4,00	30,60
18	2,62	46,72	53	2,77	44,19	18	2,56	47,81						MÉDIA DAS VELOCIDADES 34,26		
19	2,96	41,35	54	2,69	45,50	19	2,50	48,96						CAMINHÕES GRANDE PORTE (>3C)		
20	2,89	42,35	55	3,16	38,73	20	4,33	28,27						Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
21	3,74	32,73	56	3,28	37,32	21	2,56	47,81						1	4,06	30,15
22	3,15	38,86	57	2,36	51,86	22	2,35	52,09						2	4,81	25,45
23	2,82	43,40	58	3,42	35,79	23	2,96	41,35						3	5,42	22,58
24	2,83	43,25	59	3,74	32,73	24	2,56	47,81						4	5,30	23,09
25	3,22	38,01	60	3,34	36,65	25	3,29	37,20						5	5,44	22,50
26	3,09	39,61	61	2,96	41,35	26	3,22	38,01						MÉDIA DAS VELOCIDADES 24,75		
27	2,84	43,10	62	3,39	36,11	27	3,02	40,53								
28	4,52	27,08	63	3,48	35,17	28	2,69	45,50								
29	4,00	30,60	64	3,09	39,61	29	2,31	52,99								
30	3,34	36,65	65	2,89	42,35	30	2,75	44,51								
31	4,07	30,07	66	3,67	33,35	MÉDIA DAS VELOCIDADES			44,62							
32	3,01	40,66	67	2,97	41,21											
33	3,22	38,01	68	2,77	44,19											
34	3,29	37,20	69	3,67	33,35											
35	2,44	50,16	70	3,08	39,74											
			MÉDIA DAS VELOCIDADES		40,16											

TRECHO 3: LIBERDADE → UFPA											
CARRO						MOTO			ÔNIBUS		
Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)	Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)	Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)	Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
1	2,43	53,33	31	3,08	42,08	1	1,91	67,85	1	3,57	36,30
2	2,24	57,86	32	2,70	48,00	2	2,43	53,33	2	3,48	37,24
3	2,83	45,80	33	1,82	71,21	3	1,91	67,85	3	3,87	33,49
4	3,41	38,01	34	1,78	72,81	4	2,69	48,18	4	2,76	46,96
5	2,50	51,84	35	2,17	59,72	5	2,96	43,78	5	2,75	47,13
6	1,80	72,00	36	3,22	40,25	6	2,63	49,28	6	3,61	35,90
7	2,43	53,33	37	3,21	40,37	7	2,37	54,68	MÉDIA DAS VELOCIDADES		39,50
8	1,90	68,21	38	1,97	65,79	8	2,23	58,12	CAMINHÕES PEQUENO PORTE (2C)		
9	2,50	51,84	39	2,36	54,92	9	1,91	67,85	Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
10	2,30	56,35	40	2,17	59,72	10	2,82	45,96	1	2,40	54,00
11	2,90	44,69	41	3,21	40,37	11	2,69	48,18	2	3,55	36,51
12	2,00	64,80	42	2,50	51,84	12	1,85	70,05	3	2,44	53,11
13	2,30	56,35	43	3,22	40,25	13	2,44	53,11	4	3,08	42,08
14	2,37	54,68	44	2,82	45,96	14	2,17	59,72	5	3,15	41,14
15	1,84	70,43	45	2,89	44,84	15	3,00	43,20	MÉDIA DAS VELOCIDADES		45,37
16	2,89	44,84	46	3,02	42,91	16	2,43	53,33	CAMINHÕES GRANDE PORTE (>3C)		
17	3,29	39,39	47	2,89	44,84	17	2,62	49,47	Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
18	2,43	53,33	48	2,23	58,12	18	2,76	46,96	1	2,89	44,84
19	3,02	42,91	49	2,31	56,10	19	2,11	61,42	2	2,91	44,54
20	1,91	67,85	50	2,69	48,18	20	2,36	54,92	3	3,15	41,14
21	2,56	50,63	51	2,43	53,33	21	3,14	41,27	4	3,42	37,89
22	2,17	59,72	52	1,65	78,55	22	3,16	41,01	MÉDIA DAS VELOCIDADES		42,10
23	2,16	60,00	53	2,69	48,18	23	2,83	45,80			
24	2,77	46,79	54	3,87	33,49	24	2,11	61,42			
25	2,76	46,96	55	2,36	54,92	25	2,36	54,92			
26	2,82	45,96	56	2,50	51,84	26	3,14	41,27			
27	3,87	33,49	57	2,83	45,80	27	3,16	41,01			
28	2,23	58,12	58	2,25	57,60	28	2,69	48,18			
29	3,08	42,08	59	2,43	53,33	29	2,43	53,33			
30	2,56	50,63	60	2,17	59,72	30	2,84	45,63			
MÉDIA DAS VELOCIDADES					52,45	MÉDIA DAS VELOCIDADES					52,37

TRECHO 4: UFPA → LIBERDADE

CARRO					
Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)	Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
1	2,32	38,79	31	2,41	37,34
2	2,08	43,27	32	1,79	50,28
3	2,64	34,09	33	2,67	33,71
4	2,00	45,00	34	2,32	38,79
5	1,99	45,23	35	2,38	37,82
6	2,80	32,14	36	2,58	34,88
7	2,32	38,79	37	2,38	37,82
8	2,46	36,59	38	2,52	35,71
9	2,40	37,50	39	2,23	40,36
10	2,32	38,79	40	2,61	34,48
11	2,92	30,82	41	2,19	41,10
12	2,53	35,57	42	1,93	46,63
13	2,71	33,21	43	2,32	38,79
14	2,60	34,62	44	2,13	42,25
15	2,73	32,97	45	2,07	43,48
16	2,65	33,96	46	2,67	33,71
17	3,02	29,80	47	2,40	37,50
18	2,01	44,78	48	2,52	35,71
19	1,92	46,88	49	2,07	43,48
20	1,67	53,89	50	1,88	47,87
21	2,19	41,10	51	2,40	37,50
22	1,81	49,72	52	2,01	44,78
23	2,86	31,47	53	2,45	36,73
24	2,00	45,00	54	1,99	45,23
25	2,27	39,65	55	2,20	40,91
26	2,13	42,25	56	2,41	37,34
27	1,54	58,44	57	2,45	36,73
28	2,79	32,26	58	1,20	75,00
29	2,34	38,46	59	2,04	44,12
30	1,95	46,15	60	1,87	48,13
31	2,20	40,91	61	2,06	43,69
32	2,52	35,71	62	2,14	42,06
33	2,40	37,50	63	2,59	34,75
		MÉDIA DAS VELOCIDADES	40,36		

MOTO					
Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)	Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
1	2,45	36,73	23	1,79	50,28
2	1,98	45,45	24	1,80	50,00
3	2,20	40,91	25	2,26	39,82
4	1,87	48,13	26	2,54	35,43
5	2,19	41,10	27	2,50	36,00
6	2,25	40,00	28	2,68	33,58
7	1,87	48,13	29	2,47	36,44
8	2,46	36,59	30	2,20	40,91
9	2,67	33,71	31	2,06	43,69
10	2,19	41,10	32	2,07	43,48
11	2,13	42,25	33	2,06	43,69
12	2,51	35,86	34	2,01	44,78
13	1,87	48,13	35	2,39	37,66
14	2,25	40,00	36	2,07	43,48
15	2,26	39,82	37	2,46	36,59
16	1,79	50,28	38	2,20	40,91
17	1,61	55,90	39	1,73	52,02
18	1,86	48,39	40	2,33	38,63
19	2,54	35,43	41	2,01	44,78
20	1,94	46,39	42	2,14	42,06
21	2,07	43,48	43	1,80	50,00
22	2,21	40,72	44	2,27	39,65
		MÉDIA DAS VELOCIDADES	42,33		

ÔNIBUS		
Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
1	2,71	33,21
2	2,80	32,14
3	2,47	36,44
4	2,60	34,62
5	1,91	47,12
6	2,03	44,33
MÉDIA DAS VELOCIDADES		37,98
CAMINHÕES PEQUENO PORTE (2C)		
Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
1	2,40	37,50
2	2,60	34,62
3	2,80	32,14
4	2,07	43,48
5	2,01	44,78
MÉDIA DAS VELOCIDADES		38,50
CAMINHÕES GRANDE PORTE (>3C)		
Qtde.	Δt(s)	Velocidade média (Km/h)
1	4,05	22,22
2	4,12	21,84
3	3,63	24,79
MÉDIA DAS VELOCIDADES		22,95

APÊNDICE B - TABELAS DA COMPOSIÇÃO VEICULAR POR TRECHO

TRECHO 1					TRECHO 2				
VEÍCULO					VEÍCULO				
AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS	AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS
178	153	4	3	2	176	90	7	6	1
170	116	4	10	1	168	121	10	15	7
174	92	2	5	2	208	113	7	13	6
173	95	4	6	8	205	77	3	19	2
165	94	3	10	5	223	81	5	23	5
164	78	3	3	11	238	105	4	14	3
147	78	1	5	5	180	80	5	22	2
138	92	5	5	9	173	78	9	14	6
144	79	3	6	4	198	73	3	12	4
124	68	5	3	5	154	67	3	11	6
138	72	4	3	7	213	73	6	10	5
135	62	4	13	4	165	33	3	11	3
125	59	7	7	2	111	49	3	9	5
98	65	3	7	6	117	55	5	17	6
118	66	4	14	7	123	55	4	4	3
138	66	6	13	2	113	58	3	11	5
151	47	3	10	9	135	46	3	5	5
130	65	6	8	6	118	43	6	4	4
114	64	5	10	8	128	45	6	9	4
123	64	4	7	12	129	52	6	9	5
128	62	5	9	8	110	44	1	1	5
124	56	3	11	6	117	55	5	7	8
132	46	7	16	14	90	59	7	5	3
128	42	5	14	7	104	45	6	9	4
145	56	4	12	8	123	42	1	5	4
176	48	5	5	11	118	55	7	2	2
191	65	6	12	6	110	44	3	3	3
200	60	4	15	10	112	54	2	3	2
235	88	3	6	5	152	60	6	2	1
246	67	6	7	2	141	49	1	5	1
235	71	2	13	5	161	40	2	2	3
168	58	2	7	5	130	43	5	3	0
4955	2294	132	275	202	4743	1984	147	285	123
63,06%	29,19%	1,68%	3,50%	2,57%	65,13%	27,25%	2,02%	3,91%	1,69%

TRECHO 3					TRECHO 4				
VEÍCULO					VEÍCULO				
AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS	AUTOMÓVEL	MOTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO 2 EIXOS	CAMINHÃO 3+ EIXOS
165	108	3	14	2	147	114	2	5	2
236	126	5	8	6	135	111	6	7	1
213	132	6	13	4	117	75	5	3	4
220	118	6	22	5	141	109	4	3	6
221	120	7	14	2	140	84	7	4	4
223	136	7	12	2	107	84	5	9	3
219	104	1	13	3	118	80	3	7	7
159	98	11	18	3	123	96	4	7	3
203	78	2	14	6	101	83	5	7	1
194	85	3	15	5	107	42	3	9	0
186	81	4	10	6	112	45	5	11	4
152	68	6	16	5	128	76	3	9	1
146	62	2	10	6	118	87	7	6	5
128	64	3	19	1	122	64	6	9	5
108	54	3	6	2	118	76	2	13	1
112	25	7	15	2	110	61	8	10	3
133	20	2	7	0	109	19	7	11	4
140	34	3	8	4	100	34	4	7	2
144	36	2	8	3	156	53	3	11	8
124	36	7	4	0	125	53	2	10	5
96	41	3	6	2	123	43	7	8	9
87	38	5	10	4	133	25	5	18	5
124	38	4	7	2	134	46	2	10	8
79	12	3	1	1	140	31	4	13	10
84	25	3	9	1	136	32	6	13	11
87	38	3	4	1	156	46	2	22	12
104	45	4	2	1	159	63	3	15	9
100	46	2	2	2	169	54	5	7	6
130	41	3	4	2	225	96	1	8	5
109	46	2	7	7	205	76	6	8	6
107	41	4	3	0	208	64	2	11	5
135	48	3	1	2	200	50	4	11	6
4668	2044	129	302	92	4422	2072	138	302	161
64,52%	28,25%	1,78%	4,17%	1,27%	62,33%	29,20%	1,95%	4,26%	2,27%

APÊNDICE C – TABELAS PARA CÁLCULO DO NÚMERO N

FATORES DE EQUIVALÊNCIA DE CARGA - USACE / CLASSIFICAÇÃO DNT

Classe	Descrição / tipo de veículo	Nº de eixos	PBT/CMT máx. (t)	Qtd. ES 6t	Qtd. ED 10t	Qtd. TD 17t	Qtd. TT 25,5t	Qtd. CED 12t	Qtd. TD 13,5t	Parcela ES 6t	Parcela ED 10t	Parcela TD 17t	Parcela TT 25,5t	Parcela CED 12t	Parcela TD 13,5t	FV total
ÔNIBUS	Ônibus urbano 2 eixos (classe 2CB adotada para a categoria ônibus)	2	16 (16,8)	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	3,2895	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3,5674
2C	Caminhão simples	2	16 (16,8)	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	3,2895	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3,5674
3C	Caminhão trucado	3	23 (24,2)	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	0,0000	8,5488	0,0000	0,0000	0,0000	8,8267
2S1	Caminhão trator + semirreboque	3	26 (27,3)	1,0000	2,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	6,5789	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	6,8568
4C	Caminhão simples	4	31,5 (33,1)	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,2779	0,0000	0,0000	9,2998	0,0000	0,0000	9,5777
4CD	Caminhão duplo direcional trucado	4	29 (30,5)	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	8,5488	0,0000	0,5558	0,0000	9,1046
2S2	Caminhão trator + semirreboque	4	33 (34,7)	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	3,2895	8,5488	0,0000	0,0000	0,0000	12,1162
2I2	Caminhão trator + semirreboque	4	36 (37,8)	1,0000	3,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	9,8684	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	10,1463
3S1	Caminhão trator trucado + semirreboque	4	33 (34,7)	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	3,2895	8,5488	0,0000	0,0000	0,0000	12,1162
2C2	Caminhão + reboque	4	36 (37,8)	1,0000	3,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	9,8684	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	10,1463
2S3	Caminhão trator + semirreboque	5	41,5 (43,6)	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,2779	3,2895	0,0000	9,2998	0,0000	0,0000	12,8672
3S2	Caminhão trator trucado + semirreboque	5	40 (42)	1,0000	0,0000	2,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	0,0000	17,0976	0,0000	0,0000	0,0000	17,3755
2I3	Caminhão trator + semirreboque	5	45 (47,3)	1,0000	4,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	13,1579	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	13,4358
2J3	Caminhão trator + semirreboque	5	43 (45,2)	1,0000	2,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	6,5789	8,5488	0,0000	0,0000	0,0000	15,4056
3I2	Caminhão trator trucado + semirreboque	5	43 (45,2)	1,0000	2,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	6,5789	8,5488	0,0000	0,0000	0,0000	15,4056
2C3	Caminhão + reboque	5	43 (45,2)	1,0000	2,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	6,5789	8,5488	0,0000	0,0000	0,0000	15,4056
3C2	Caminhão trucado + reboque	5	43 (45,2)	1,0000	2,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	6,5789	8,5488	0,0000	0,0000	0,0000	15,4056
3S3	Caminhão trator trucado + semirreboque	6	45 (47,3)	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,2779	0,0000	8,5488	9,2998	0,0000	0,0000	18,1265
3I3	Caminhão trator trucado + semirreboque	6	45 (47,3)	1,0000	3,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	9,8684	8,5488	0,0000	0,0000	0,0000	18,6951
3J3	Caminhão trator trucado + semirreboque	6	45 (47,3)	1,0000	1,0000	2,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	3,2895	17,0976	0,0000	0,0000	0,0000	20,6650
3C3	Caminhão trucado + reboque	6	45 (47,3)	1,0000	1,0000	2,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	3,2895	17,0976	0,0000	0,0000	0,0000	20,6650
X	Caminhão trator	6	19,5 (20,5)	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,2779	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,4148	2,6927
3D3	Romeu e Julieta (caminhão trucado + reboque)	6	50 (52,5)	1,0000	1,0000	2,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	3,2895	17,0976	0,0000	0,0000	0,0000	20,6650
3D4	Romeu e Julieta / bi-trem articulado	7	57 (59,9)	1,0000	0,0000	3,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	0,0000	25,6464	0,0000	0,0000	0,0000	25,9243
3Q4	Treminhão (caminhão trucado + dois reboques)	7	63 (66,2)	1,0000	4,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	13,1579	8,5488	0,0000	0,0000	0,0000	21,9846
3T6	Tri trem / rodotrem	9	74 (77,7)	1,0000	0,0000	4,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	0,0000	34,1952	0,0000	0,0000	0,0000	34,4731
2CB	Ônibus	2	16 (16,8)	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	3,2895	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3,5674
3CB	Ônibus trucado	3	19,5 (20,5)	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,2779	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,4148	2,6927
4CB	Ônibus duplo direcional trucado	4	25,5 (26,8)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5558	2,4148	2,9706
2SB1	Ônibus urbano articulado	3	26 (27,3)	1,0000	2,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	6,5789	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	6,8568
2IB2	Ônibus urbano bi-articulado	4	36 (37,8)	1,0000	3,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2779	9,8684	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	10,1463

DADOS DE ENTRADA PARA CÁLCULO DO NÚMERO N

Trecho	Sentido	Categoria	Volume observado 4h	Fator expansão	VDM estimado	FV	N anual	N 10 anos
1	Av. Liberdade → UFRA	ÔNIBUS	132	3	396	3,5674	5,16E+05	5,16E+06
1	Av. Liberdade → UFRA	2C	275	3	825	3,5674	1,07E+06	1,07E+07
1	Av. Liberdade → UFRA	3C	122	3	366	8,8267	1,18E+06	1,18E+07
1	Av. Liberdade → UFRA	4C	0	3	0	9,5777	0,00E+00	0,00E+00
1	Av. Liberdade → UFRA	2S1	3	3	9	6,8568	2,25E+04	2,25E+05
1	Av. Liberdade → UFRA	2S2	16	3	48	12,1162	2,12E+05	2,12E+06
1	Av. Liberdade → UFRA	2I2	2	3	6	10,1463	2,22E+04	2,22E+05
1	Av. Liberdade → UFRA	2S3	13	3	39	12,8672	1,83E+05	1,83E+06
1	Av. Liberdade → UFRA	3S1	0	3	0	12,1162	0,00E+00	0,00E+00
1	Av. Liberdade → UFRA	3S2	3	3	9	17,3755	5,71E+04	5,71E+05
1	Av. Liberdade → UFRA	3I3	0	3	0	18,6951	0,00E+00	0,00E+00
1	Av. Liberdade → UFRA	3S3	20	3	60	18,1265	3,97E+05	3,97E+06
1	Av. Liberdade → UFRA	3D4	17	3	51	25,9243	4,83E+05	4,83E+06
1	Av. Liberdade → UFRA	3T6	6	3	18	34,4731	2,26E+05	2,26E+06

Trecho	Sentido	Categoria	Volume observado 4h	Fator expansão	VDM estimado	FV	N anual	N 10 anos
2	UFRA → Av. Liberdade	ÔNIBUS	147	3	441	3,5674	5,74E+05	5,74E+06
2	UFRA → Av. Liberdade	2C	285	3	855	3,5674	1,11E+06	1,11E+07
2	UFRA → Av. Liberdade	3C	89	3	267	8,8267	8,60E+05	8,60E+06
2	UFRA → Av. Liberdade	4C	3	3	9	9,5777	3,15E+04	3,15E+05
2	UFRA → Av. Liberdade	2S1	0	3	0	6,8568	0,00E+00	0,00E+00
2	UFRA → Av. Liberdade	2S2	2	3	6	12,1162	2,65E+04	2,65E+05
2	UFRA → Av. Liberdade	2I2	0	3	0	10,1463	0,00E+00	0,00E+00
2	UFRA → Av. Liberdade	2S3	7	3	21	12,8672	9,86E+04	9,86E+05
2	UFRA → Av. Liberdade	3S1	0	3	0	12,1162	0,00E+00	0,00E+00
2	UFRA → Av. Liberdade	3S2	1	3	3	17,3755	1,90E+04	1,90E+05
2	UFRA → Av. Liberdade	3I3	4	3	12	18,6951	8,19E+04	8,19E+05
2	UFRA → Av. Liberdade	3S3	11	3	33	18,1265	2,18E+05	2,18E+06
2	UFRA → Av. Liberdade	3D4	2	3	6	25,9243	5,68E+04	5,68E+05
2	UFRA → Av. Liberdade	3T6	4	3	12	34,4731	1,51E+05	1,51E+06

Trecho	Sentido	Categoria	Volume observado 4h	Fator expansão	VDM estimado	FV	N anual	N 10 anos
3	Av. Liberdade → UFPA	ÔNIBUS	129	3	387	3,5674	5,04E+05	5,04E+06
3	Av. Liberdade → UFPA	2C	302	3	906	3,5674	1,18E+06	1,18E+07
3	Av. Liberdade → UFPA	3C	50	3	150	8,8267	4,83E+05	4,83E+06
3	Av. Liberdade → UFPA	4C	0	3	0	9,5777	0,00E+00	0,00E+00
3	Av. Liberdade → UFPA	2S1	0	3	0	6,8568	0,00E+00	0,00E+00
3	Av. Liberdade → UFPA	2S2	24	3	72	12,1162	3,18E+05	3,18E+06
3	Av. Liberdade → UFPA	2I2	0	3	0	10,1463	0,00E+00	0,00E+00
3	Av. Liberdade → UFPA	2S3	3	3	9	12,8672	4,23E+04	4,23E+05
3	Av. Liberdade → UFPA	3S1	0	3	0	12,1162	0,00E+00	0,00E+00
3	Av. Liberdade → UFPA	3S2	8	3	24	17,3755	1,52E+05	1,52E+06
3	Av. Liberdade → UFPA	3I3	0	3	0	18,6951	0,00E+00	0,00E+00
3	Av. Liberdade → UFPA	3S3	2	3	6	18,1265	3,97E+04	3,97E+05
3	Av. Liberdade → UFPA	3D4	2	3	6	25,9243	5,68E+04	5,68E+05
3	Av. Liberdade → UFPA	3T6	3	3	9	34,4731	1,13E+05	1,13E+06

Trecho	Sentido	Categoria	Volume observado 4h	Fator expansão	VDM estimado	FV	N anual	N 10 anos
4	UFPA → Av. Liberdade	ÔNIBUS	138	3	414	3,5674	5,39E+05	5,39E+06
4	UFPA → Av. Liberdade	2C	302	3	906	3,5674	1,18E+06	1,18E+07
4	UFPA → Av. Liberdade	3C	110	3	330	8,8267	1,06E+06	1,06E+07
4	UFPA → Av. Liberdade	4C	0	3	0	9,5777	0,00E+00	0,00E+00
4	UFPA → Av. Liberdade	2S1	4	3	12	6,8568	3,00E+04	3,00E+05
4	UFPA → Av. Liberdade	2S2	19	3	57	12,1162	2,52E+05	2,52E+06
4	UFPA → Av. Liberdade	2I2	0	3	0	10,1463	0,00E+00	0,00E+00
4	UFPA → Av. Liberdade	2S3	6	3	18	12,8672	8,45E+04	8,45E+05
4	UFPA → Av. Liberdade	3S1	1	3	3	12,1162	1,33E+04	1,33E+05
4	UFPA → Av. Liberdade	3S2	2	3	6	17,3755	3,81E+04	3,81E+05
4	UFPA → Av. Liberdade	3I3	1	3	3	18,6951	2,05E+04	2,05E+05
4	UFPA → Av. Liberdade	3S3	11	3	33	18,1265	2,18E+05	2,18E+06
4	UFPA → Av. Liberdade	3D4	5	3	15	25,9243	1,42E+05	1,42E+06
4	UFPA → Av. Liberdade	3T6	2	3	6	34,4731	7,55E+04	7,55E+05

MEMÓRIA DE CÁLCULO DO NÚMERO N POR TRECHO

Trecho	Sentido	Categoria	Vobs 4h	VDM	FV	N diário	N anual	N 10 anos	Observação	Fórmula base
1	Av. Liberdade → UFRA	ÔNIBUS	132	396	3,5674	1,41E+03	5,16E+05	5,16E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
1	Av. Liberdade → UFRA	2C	275	825	3,5674	2,94E+03	1,07E+06	1,07E+07	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
1	Av. Liberdade → UFRA	3C	122	366	8,8267	3,23E+03	1,18E+06	1,18E+07	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
1	Av. Liberdade → UFRA	4C	0	0	9,5777	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Sem ocorrência na contagem	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
1	Av. Liberdade → UFRA	2S1	3	9	6,8568	6,17E+01	2,25E+04	2,25E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
1	Av. Liberdade → UFRA	2S2	16	48	12,1162	5,82E+02	2,12E+05	2,12E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
1	Av. Liberdade → UFRA	2I2	2	6	10,1463	6,09E+01	2,22E+04	2,22E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
1	Av. Liberdade → UFRA	2S3	13	39	12,8672	5,02E+02	1,83E+05	1,83E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
1	Av. Liberdade → UFRA	3S1	0	0	12,1162	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Sem ocorrência na contagem	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
1	Av. Liberdade → UFRA	3S2	3	9	17,3755	1,56E+02	5,71E+04	5,71E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
1	Av. Liberdade → UFRA	3I3	0	0	18,6951	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Sem ocorrência na contagem	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
1	Av. Liberdade → UFRA	3S3	20	60	18,1265	1,09E+03	3,97E+05	3,97E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
1	Av. Liberdade → UFRA	3D4	17	51	25,9243	1,32E+03	4,83E+05	4,83E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
1	Av. Liberdade → UFRA	3T6	6	18	34,4731	6,21E+02	2,26E+05	2,26E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$

Trecho	Sentido	Categoria	Vobs 4h	VDM	FV	N diário	N anual	N 10 anos	Observação	Fórmula base
2	UFRA → Av. Liberdade	ÔNIBUS	147	441	3,5674	1,57E+03	5,74E+05	5,74E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
2	UFRA → Av. Liberdade	2C	285	855	3,5674	3,05E+03	1,11E+06	1,11E+07	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
2	UFRA → Av. Liberdade	3C	89	267	8,8267	2,36E+03	8,60E+05	8,60E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
2	UFRA → Av. Liberdade	4C	3	9	9,5777	8,62E+01	3,15E+04	3,15E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
2	UFRA → Av. Liberdade	2S1	0	0	6,8568	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Sem ocorrência na contagem	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
2	UFRA → Av. Liberdade	2S2	2	6	12,1162	7,27E+01	2,65E+04	2,65E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
2	UFRA → Av. Liberdade	2I2	0	0	10,1463	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Sem ocorrência na contagem	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
2	UFRA → Av. Liberdade	2S3	7	21	12,8672	2,70E+02	9,86E+04	9,86E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
2	UFRA → Av. Liberdade	3S1	0	0	12,1162	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Sem ocorrência na contagem	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
2	UFRA → Av. Liberdade	3S2	1	3	17,3755	5,21E+01	1,90E+04	1,90E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
2	UFRA → Av. Liberdade	3I3	4	12	18,6951	2,24E+02	8,19E+04	8,19E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
2	UFRA → Av. Liberdade	3S3	11	33	18,1265	5,98E+02	2,18E+05	2,18E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
2	UFRA → Av. Liberdade	3D4	2	6	25,9243	1,56E+02	5,68E+04	5,68E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
2	UFRA → Av. Liberdade	3T6	4	12	34,4731	4,14E+02	1,51E+05	1,51E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$

Trecho	Sentido	Categoria	Vobs 4h	VDM	FV	N diário	N anual	N 10 anos	Observação	Fórmula base
3	Av. Liberdade → UFPA	ÔNIBUS	129	387	3,5674	1,38E+03	5,04E+05	5,04E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
3	Av. Liberdade → UFPA	2C	302	906	3,5674	3,23E+03	1,18E+06	1,18E+07	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
3	Av. Liberdade → UFPA	3C	50	150	8,8267	1,32E+03	4,83E+05	4,83E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
3	Av. Liberdade → UFPA	4C	0	0	9,5777	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Sem ocorrência na contagem	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
3	Av. Liberdade → UFPA	2S1	0	0	6,8568	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Sem ocorrência na contagem	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
3	Av. Liberdade → UFPA	2S2	24	72	12,1162	8,72E+02	3,18E+05	3,18E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
3	Av. Liberdade → UFPA	2I2	0	0	10,1463	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Sem ocorrência na contagem	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
3	Av. Liberdade → UFPA	2S3	3	9	12,8672	1,16E+02	4,23E+04	4,23E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
3	Av. Liberdade → UFPA	3S1	0	0	12,1162	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Sem ocorrência na contagem	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
3	Av. Liberdade → UFPA	3S2	8	24	17,3755	4,17E+02	1,52E+05	1,52E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
3	Av. Liberdade → UFPA	3I3	0	0	18,6951	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Sem ocorrência na contagem	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
3	Av. Liberdade → UFPA	3S3	2	6	18,1265	1,09E+02	3,97E+04	3,97E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
3	Av. Liberdade → UFPA	3D4	2	6	25,9243	1,56E+02	5,68E+04	5,68E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
3	Av. Liberdade → UFPA	3T6	3	9	34,4731	3,10E+02	1,13E+05	1,13E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$

Trecho	Sentido	Categoria	Vobs 4h	VDM	FV	N diário	N anual	N 10 anos	Observação	Fórmula base
4	UFPA → Av. Liberdade	ÔNIBUS	138	414	3,5674	1,48E+03	5,39E+05	5,39E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
4	UFPA → Av. Liberdade	2C	302	906	3,5674	3,23E+03	1,18E+06	1,18E+07	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
4	UFPA → Av. Liberdade	3C	110	330	8,8267	2,91E+03	1,06E+06	1,06E+07	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
4	UFPA → Av. Liberdade	4C	0	0	9,5777	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Sem ocorrência na contagem	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
4	UFPA → Av. Liberdade	2S1	4	12	6,8568	8,23E+01	3,00E+04	3,00E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
4	UFPA → Av. Liberdade	2S2	19	57	12,1162	6,91E+02	2,52E+05	2,52E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
4	UFPA → Av. Liberdade	2I2	0	0	10,1463	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Sem ocorrência na contagem	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
4	UFPA → Av. Liberdade	2S3	6	18	12,8672	2,32E+02	8,45E+04	8,45E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
4	UFPA → Av. Liberdade	3S1	1	3	12,1162	3,63E+01	1,33E+04	1,33E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
4	UFPA → Av. Liberdade	3S2	2	6	17,3755	1,04E+02	3,81E+04	3,81E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
4	UFPA → Av. Liberdade	3I3	1	3	18,6951	5,61E+01	2,05E+04	2,05E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
4	UFPA → Av. Liberdade	3S3	11	33	18,1265	5,98E+02	2,18E+05	2,18E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
4	UFPA → Av. Liberdade	3D4	5	15	25,9243	3,89E+02	1,42E+05	1,42E+06	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$
4	UFPA → Av. Liberdade	3T6	2	6	34,4731	2,07E+02	7,55E+04	7,55E+05	Cálculo aplicado	$VDM \times FV \times c \times 365 \times \text{anos}$